IV SIGNE
& VI GISday

SIG'S E GESTÃO DE CONFLITOS AMBIENTAIS: A CARTOGRAFIA NA RESOLUÇÃO DE INJUSTIÇAS SOCIAIS

Editores:

Fabrizio de Luiz Rosito Listo;
Danielle Gomes da Silva Listo;
Henrique Mendonça dos Santos;
Carlos de Oliveira Bispo.

MapGeo Consultoria Jr. UFPE

Universidade Federal de Pernambuco

IV SIGNE
& VI GISday

CONCURSO DE FOTOGRAFIA
A TERRA E O HOMEM NO NORDESTE

FOTOGRAFIA VENCEDORA:

Fonte: Lyra, 2023

Legenda: "Esta fotografia foi registrada na aula de campo em agosto (2023), realizado com o professor Caio Maciel, na disciplina Geografia Agrária. Tivemos o privilégio de visitar o Lajedo de Pai Mateus e sermos comtemplados com essa paisagem."

MapGeo Consultoria Jr. UFPE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

IV SIGNE
& VI GISday

SIG'S E GESTÃO DE CONFLITOS AMBIENTAIS: A CARTOGRAFIA NA RESOLUÇÃO DE INJUSTIÇAS SOCIAIS

Editores:

Fabrizio de Luiz Rosito Listo;
Danielle Gomes da Silva Listo;
Henrique Mendonça dos Santos;
Carlos de Oliveira Bispo.

ISBN: 978-65-01-04800-0
CDL
9 786501 048000

Realização:

GEOTEC Laboratório de Geomorfologia e Geotecnologias da UFPE
ENPLAGEO Grupo de Pesquisa UFPE
GEODEQC GRUPO DE ESTUDOS EM MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO E DO QUATERNÁRIO CONTINENTAL
MapGeo Consultoria Jr. UFPE
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
VIRTUS IMPAVIDA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Simpósio de Geotecnologia do Nordeste (4. : 2024 : Recife, PE)
IV SIGNE & VI GISday : SIG's e gestão de conflitos ambientais [livro eletrônico] : a cartografia na resolução de injustiças sociais / editores Fabrizio de Luiz Rosito Listo...[et al.]. -- 1. ed. -- Recife, PE : Ed. dos Autores, 2024.
PDF

Vários autores.
Outros editores: Danielle Gomes da Silva Listo, Henrique Mendonça dos Santos, Carlos de Oliveira Bispo.
Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-01-04800-0

1. Cartografia - Aspectos ambientais 2. Conflitos socioambientais 3. Geotecnologia ambiental 4. Gestão ambiental 5. Impacto ambiental 6. Mapeamento ambiental - Normas 7. Mudanças climáticas - Aspectos socioambientais 8. Multidisciplinaridade I. Listo, Fabrizio de Luiz Rosito. II. Listo, Danielle Gomes da Silva. III. Santos, Henrique Mendonça dos. IV. Bispo, Carlos de Oliveira.

24-210366 CDD-363.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Gestão ambiental 363.7

Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

SIG's e gestão de conflitos ambientais: A cartografia na resolução de injustiças Sociais

E-Book - Vol. I

Copyright© MapGeo - Mapeamentos e Soluções Geográficas, Editora. Texto© 2024 diversos autores. Todos os direitos reservados.
É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte. Os textos são de responsabilidade dos autores, não coincidindo, necessariamente, com o ponto de vista dos editores.

ISBN: 978-65-01-04800-0

Editora MapGeo - Mapeamentos e Soluções Geográficas, Empresa Jr.

Departamento de Ciências Geográficas, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Rua Acadêmico Hélio Ramos – s/n – 6º andar – sala 610, Cidade Universitária – Recife, PE – Brasil, CEP: 50.670-901.

Realização

MapGeo - Mapeamentos e Soluções Geográficas, Empresa Jr., Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco. Laboratório de Geomorfologia e Geotecnologias (GEOTEC), Universidade Federal de Pernambuco. Grupo de Pesquisa em Geotecnologias Aplicadas a Geomorfologia de Encostas e Planícies (ENPLAGEO), Universidade Federal de Pernambuco. Grupo de Pesquisa em Estudos em Mapeamento Geomorfológico e do Quaternário Continental (GEODEQC), Universidade Federal de Pernambuco.

Apoio
Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco.
Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeo), Universidade Federal de Pernambuco.

Editores
Fabrizio de Luiz Rosito Listo, Danielle Gomes da Silva Listo, Henrique Mendonça dos Santos e Carlos de Oliveira Bispo.

Projeto Gráfico
Henrique Mendonça dos Santos e Victória Regina da Silva Cruz.

Editoração eletrônica

Caio Rodrigo Rodrigues de Abreu, Carlos de Oliveira Bispo, Danielle Gomes da Silva Listo, Débora Vaz de Souza Oliveira, Fabrizio de Luiz Rosito Listo, Glória Vitória Santana de Oliveira, Henrique Mendonça dos Santos, Igor Ferreira Oliveira, Jhonata Marcelino da Silva, João Lucas Marques Presbítero, José Mário de Lima Barbosa Jr., Juliana Almeida da Costa, Luiz Henrique Emmanoel Silva, Luíza Andrade Farias de Oliveira, Moegton José da Penha, Mirelly de Moraes Andrade, Mylene de Freitas Dantas, Pedro Henrique Silva Martiliano, Rebekka Tavares da Silva, Ricardo Vandré Trótski Oliveira Silva, Rhuan Santos Rodrigues do Carmo, Robson Ferreira Diniz, Rodrigo Quirino de Albuquerque, Sabrina Pereira Barbosa, Thiago Cardone Davino de Barros, Veríssimo Ribeiro Pinheiro Neto, Victória Regina da Silva Cruz e Vitor Aluizio Cavalcante de Oliveira Lima.

Capa

Mitigação de conflitos ambientais – A cartografia como ferramenta de resolução de problemas socioambientais. Imagem: Canva (2024).

IV SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS DO NORDESTE & VI GISDAY
SIG's E GESTÃO DE CONFLITOS AMBIENTAIS: A CARTOGRAFIA NA RESOLUÇÃO DE INJUSTIÇAS SOCIAIS

COMISSÃO ORGANIZADORA

Dr. Fabrizio de Luiz Rosito Listo
Tutor da MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Dra. Danielle Gomes da Silva Listo
Vice - Tutora da MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Sabrina Pereira Barbosa
Diretora Presidente da MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Henrique Mendonça dos Santos
Diretor Vice-Presidente da MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Rodrigo Quirino de Albuquerque
Diretor de Projetos da MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Ricardo Vandré Trótski Oliveira Silva
Vice - Diretor de Projetos da MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Manoel José Correia Neto
Gerente de Projetos da MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Caio Rodrigo Rodrigues Abreu
Trainee de Projetos da MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Victória Regina da Silva Cruz
Diretora de Marketing MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Henrique Mendonça dos Santos
Vice - Diretor de Marketing MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Débora Vaz de Souza Oliveira
Gerente de Marketing MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Glória Vitória Santana de Oliveira
Trainee de Marketing MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Rhuan Santos Rodrigues do Carmo
Trainee de Marketing MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Veríssimo Ribeiro Pinheiro Neto
Diretor Administrativo MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

José Mário de Lima Barbosa
Vice - Diretor Administrativo MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Thiago Cardone Davino de Barros
Diretor Financeiro MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Pedro Henrique Silva Martiliano
Vice - Diretor Financeiro MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Jhonata Marcelino da Silva
Trainee Financeiro MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

João Lucas Marques Presbítero
Diretor de G. de Pessoas MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Luiz Henrique Emmanoel Silva
Vice - Diretor de G. de Pessoas MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Vitor Aluizio Cavalcante de Oliveira Lima
Trainee de G. de Pessoas MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Juliana Almeida da Costa
Diretora de Qualidade MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Luíza Andrade Farias de Oliveira
Vice - Diretora de Qualidade MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Mirelly de Moraes Andrade
Diretora de Rel. Públicas MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Rebekka Tavares da Silva
Trainee de Qualidade MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

Robson Ferreira Diniz
Vice - Diretor de Rel. Públicas MapGeo Jr.
Dep. de Ciências Geográficas UFPE

IV SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS DO NORDESTE & VI GISDAY
SIG's e Gestão de Conflitos Ambientais: A Cartografia na Resolução de Injustiças Sociais

COMISSÃO CIENTÍFICA

(Pareceristas)

Amanda Silva Almeida
Mestranda em Geografia pela Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL)

Anderson David Martins de Araújo
Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Bruno Carlos dos Santos
Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Eduardo Augusto da Silva
Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Eric Moisés Beilfuss
Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Franciele Delevati Bem
Mestranda em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Igor Gustavo Ferreira de Oliveira
Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Jean Oliveira Campos
Doutorando em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Jeovanes Lisboa da Silva Filho
Doutorando em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

João Eduardo Martins Silva
Mestrando em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

João Victor Mariano da Silva
Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Joshuá Davinci Nunes Rocha
Mestre em Geografia pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

Leonardo Cristiano da Silva Freitas
Mestrando em Ciências do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Rafaela Melissa Andrade Ferreira
Doutoranda em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)

Samuel de Amaral Macedo
Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Sinara Gomes de Sousa
Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Vinicius Ferreira Luna
Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Vívian Giovana Costa da Silva
Mestranda em Geografia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

IV SIGNE & VI GISday

SOBRE OS ORGANIZADORES

Fabrizio Listo

Mestre e Doutor em Geografia Física pela USP, Bacharel e Licenciado em Geografia pela PUC-SP. Pós-Doutorado no Instituto de Geografia "Romualdo Ardissone" da Universidad de Buenos Aires (UBA). Professor da UFPE no Departamento de Ciências Geográficas, membro dos programas de pós-graduação PPGEO e PPGCGTG. Coordenador do ENPLAGEO e GEOTEC, vice-líder do GEODEQC e tutor da Empresa Jr. MapGeo. Ex-membro do Conselho da União da Geomorfologia Brasileira (2017-2020). Atua em Geomorfologia e Geotecnologias, focando em processos dinâmicos, cartografia de risco, vulnerabilidade, SIG para gestão de riscos, modelos de previsão, metodologias de redução de desastres e ERRD. Coordena os Planos Municipais de Redução de Risco (PMRR) de Jaboatão dos Guararapes e Olinda, em cooperação com o Ministério das Cidades.

Danielle Listo

Possui Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (2005), Mestrado em Geografia pela UFPE, Doutorado em Geografia (2013) pela Universidade Federal de Pernambuco e Pós-Doutorado pela Universidad de Buenos Aires (UBA). Docente da Universidade Federal de Pernambuco, líder do GEODEQC, vice-líder do ENPLAGEO, Coordenadora do GEOTEC e Vice-tutora da MapGeo Jr. Tem experiência em Geografia Física, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente em: Geomorfologia do Quaternário, Paleoclimatologia, Cartografia Geomorfológica, Geomorfologia de Ambientes Semiáridos, Vulnerabilidade socioambiental à seca, Cartografia de risco, Mapeamentos participativos, Modelos de previsão de riscos, Metodologias para Redução de Riscos e Técnicas de ERRD.

ORGANIZADORES

ORGANIZADORES

Henrique Mendonça

Graduando em Geografia - Bacharelado pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Atualmente é estagiário de projetos no Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (Cepan), Diretor-Presidente da Empresa Júnior MapGeo: Mapeamentos e Soluções Geográficas (DCG/UFPE) e foi voluntário do Centro de Educação Ambiental (CEA) do Parque Estadual Dois Irmãos. Além disso, é membro do grupo de pesquisas em Geografia de Paisagens Tropicais (PAISAGEO) realizando estudos ambientas apoiados em cartografia para conservação da caatinga, também fazendo parte do Laboratório de Pesquisa de Dinâmicas de Paisagens Tropicais (INTERTRÓPICOS) e do Laboratório de Geomorfologia e Geotecnologias (GEOTEC). Tem interesse em temas relacionados a geografia, com ênfase em geografia física, geoprocessamento e questões ambientais.

Carlos Bispo

Doutor em Geografia pela UFPE (2022); mestre em Geografia pela UFPE (2018); graduado em Geografia pela UFAL (2016). Tem interesse nos estudos voltados para a área da Geografia Física. Desenvolve atividades nos seguintes temas: Cartografia de risco; Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicados ao planejamento e gestão de riscos; Modelos Matemáticos de previsão. Foi professor substituto no departamento de Geografia da UFRN (2022 a 2023). Atualmente atua como professor na Educação Básica na rede estadual de ensino do estado da Paraíba, onde tem desenvolvido pesquisas relacionadas à Educação Geográfica com ênfase nas dinâmicas socioambientais. Pesquisador e colaborador nos seguintes Grupos de Pesquisa: Grupo de Pesquisa ENPLAGEO (Grupo de Pesquisa em Geotecnologias Aplicadas a Geomorfologia de Encostas e Planícies) e do Laboratório de Geomorfologia e Geotecnologias (GEOTEC) do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE; Grupo de Pesquisa em Geodiversidade de Pernambuco - UFPE e UPE; Laboratório de Geomorfologia e Solos - Geomorfos - UFAL.

PREFÁCIO

Ao observar atenciosamente a história do desenvolvimento humano, percebe-se que os conflitos ambientais estiveram no centro de todo novo salto tecnológico, entretanto, ao passo em que as facilidades se tornavam parte comum do cotidiano da sociedade, havia também, violações ao meio ambiente e o bem-estar social. O custo para o acesso de bens e serviços dispostos em uma nova globalização, perpassa o valor do crescimento econômico, pois se desenvolvem a preço da extração exacerbada dos recursos naturais, degradação de áreas protegidas e conflitos sociais.

Diante desse cenário, surge a necessidade de resolução dos conflitos ambientais, pautados não somente por um anseio social, mas agora, detendo a academia e a produção científica, sob a utilização da cartografia e dos sistemas de informação geográfica (SIG), como ferramentas para a identificação e gestão desta problemática.

Os 40 capítulos presentes neste livro, são uma compilação de trabalhos que tratam da temática "SIG's e Gestão de Conflitos Ambientais: A Cartografia na Resolução de Injustiças Sociais", e que foram submetidos e apresentados no IV Simpósio de Geotecnologias do Nordeste VI GISday, realizado no ano de 2023 na Universidade Federal de Pernambuco. Esse material apresentado, é fruto do esforço e dedicação voluntária de estudantes, pesquisadores e professores que integram a empresa júnior MapGeo – Mapeamentos e Soluções Geográficas, o Laboratório de Geomorfologia e Geotecnologias (GEOTEC) do Departamento de Ciências Geográficas (DCG) e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), o Grupo de Pesquisa em Geotecnologias Aplicadas a Geomorfologia de Encostas e Planícies (ENPLAGEO) e o Grupo de Pesquisa em Estudos em Mapeamento Geomorfológico e do Quaternário Continental (GEODEQC).

A seguir serão apresentados uma sequência de textos, que trazem discussões voltadas para o uso das geotecnologias, os impactos ambientais, geoturismo, uso da terra e segregação do espaço urbano, exploração dos recursos naturais, educação inclusiva, hidrografia, expansão urbana, sensoriamento remoto, mudanças da paisagem, áreas de conflitos, análise da qualidade da água e cobertura florestal, vulnerabilidade ambiental, mudanças climáticas, geomorfologia, e entre outros, que foram subdivididos nos eixos temáticos: Geografia Física, Geografia Humana e Geografia e Ensino.

Não visando esgotar as discussões sobre o tema, esse volume buscou apresentar diferentes abordagens realizadas não somente no Nordeste, mas em diversos estados e regiões do Brasil, sobre uma problemática tão presente em nossos cotidianos, e que por diversos momentos podem passar despercebidos sob nossos olhares tão acelerados.

Convidamos você não somente para uma leitura, mas para um processo de imersão, que te faça refletir sobre os problemas ambientais, analisar e construir novas pontes, que nos levem ao conhecimento para resolução de conflitos e injustiças sociais, que essa obra sirva de inspiração para a pesquisa científica e para a luta da preservação do meio ambiente, assim também como da garantia fundamental dos direitos individuais de cada ser humano do nosso planeta.

Desejamos uma ótima leitura!

Prof. Igor Gustavo Ferreira de Oliveira
Geógrafo, mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

AUTORES

SOBRE OS AUTORES

Alessandra de Santana Lima, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Alexsandra Bezerra de Sousa, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).
Ana Pâmela Tavares Mendonça, Universidade Federal do Acre (UFAC).
Ana Patrícia Gomes Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Anderson José Alves de Sá, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
Anderson Luiz Ribeiro de Paiva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Anne Beatriz Carvalho Silveira, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
Antônio Lopes da Silva Neto, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Antônio de Pádua Calafioli Moes da Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Beatriz Esteliza Soares de Lima, Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN).
Camila Gardenea de Almeida Bandim, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Carlos de Oliveira Bispo, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Cristiane Mouzinho Costa Avelar, Instituto Maranhense de Estudos Socioec. Cartográficos (IMESC).
Cristina Gomes de Lima, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).
Daisy Beserra Lucena, Universidade Federal da Paraíba (UFPB).
Danyella Vale Barros França, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC).
Danilo Bernardo Ribeiro, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).
Dayana Serra Maciel, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).
Danyella Vale Barros França, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).
Débora Vitória Silva de Souza, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).
Deyvid Luam da Silva Panta, Universidade de Pernambuco (UPE).
Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva, Instituto Federal do Maranhão (IFMA).
Emanuella Gomes Maia, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC).
Erica Kerolaine Mendonça dos Santos, Universidade Federal do Acre (UFAC).
Fábio Perdigão Vasconcelos, Universidade Estadual do Ceará (UECE).
Floriza Maria da Silva Pereira, Universidade Federal da Paraíba (UFPB).
Frederico Antonio P. Wanderley da Costa Neto, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Gabriel Antonio Silva Soares, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Geovana Carvalho Cardoso Lima, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC).
Gisely Francelina do Vale Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Glória Vitória Santana de Oliveira, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Graciel Souza de Oliveira, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).
Guilherme Mendes de Farias, Instituto Santa Maria.
Gustavo Gonçalves de Almeida, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).
Heitor Torres Silveira, Universidade Federal de Sergipe (UFS).
Heliana Argôlo Santos Carvalho, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC).
Islan Vinícius Pereira Gonçalves da Silva, Instituto Santa Maria.

Igor Gustavo Ferreira de Oliveira, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Ilamar Antonio da Silva, Universidade de Pernambuco (UPE).
Isaac Lucas da Silva, Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL).
Isaias Duarte Nunes, Universidade de Pernambuco (UPE).
Ítalo Rodrigo Paulino de Arruda, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Jadson Freire da Silva, Instituto Federal do Maranhão (IFMA).
Jesse James Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Jessica Laís Bezerra da Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
João Eduardo Martins Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
João Gabriel de Moraes Pinheiro, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC).
João Paulo de Lima Alves, Universidade Federal do Acre (UFAC).
Jocimar Coutinho Rodrigues Junior, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
Joélia Natália Bezerra da Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Jordan Leite da Silva, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).
José Guilherme Diniz Lima, Universidade de Pernambuco (UPE).
José Lucas Marques Albuquerque, Universidade Estadual do Ceará (UECE).
José Mário de Lima Barbosa Júnior, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Jose Roberto Lopes da Silva, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
Joseane da Silva Arruda Souza, Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN).
Josiclêda Domiciano Galvíncio, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Joshuá Davinci Nunes Rocha, Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).
Juarez Antônio da Silva Júnior, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Julia Beatriz Carvalho Fonseca, Instituto Santa Maria.
Juliana Patrícia Fernandes Guedes Barros, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Júlio Francisco Farias Tenório Carvalho, Universidade de Pernambuco (UPE).
Kayque Antônio Faustino dos Santos Instituto Santa Maria.
Kleber Carvalho Lima, Universidade de Pernambuco (UPE).
Larissa Furtado Lins dos Santos, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Leidjane Maria Maciel de Oliveira, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Lívia Andrea Ferreira de Lima Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Luara dos Santos Soares, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
Maria Jaqueline Oliveira da Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Mariana Regina Oliveira De Freitas, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Maricleia Alves Santos, Universidade do Estado da Bahia (UESB).
Manoel José Correia Neto, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Maria Ediney Ferreira da Silva, Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL).
Maria Lucineide Gomes da Silva, Universidade Federal da Paraíba (UFPB).
Mona Grimouth Bittar, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Nara Tôrres Silveira, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Nivaneide Alves de Melo Falcão, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).
Pedro Augusto Breda Fontão, Universidade Federal do Paraná (UFPR).
Pedro Henrique Silva Martiliano, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Quésia Duarte da Silva, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).
Rafaella de Lima Roque, Instituto Federal da Paraíba (IFPB).
Rafaela Melissa Andrade Ferreira, Universidade Federal do Paraná (UFPR).
Rebecca Borja Gonçalves Gomes de Menezes, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Ricardo Gonçalves Santana, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC).

Ruan Max Gomes Lourenço, Universidade Federal de Alagoas (UFAL).
Sabrina Pereira Barbosa, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Samuel Jonas Andrade Moes, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Shayene Shayner de Lima Pereira, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Sidney Henrique Campelo de Santana, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Silas Lima da Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Silmara Lopes de Souza, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).
Sirius Oliveira Souza, Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).
Stênio Carvalho Santos, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC).
Stheffany Beatriz Gonçalves Ferreira, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Sylvana Melo dos Santos, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Teobaldo Gabriel de Souza Júnior, Universidade Federal da Paraíba (UFPB).
Thiago Augusto da Cunha, Universidade Federal do Acre (UFAC).
Veríssimo Ribeiro Pinheiro Neto, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Victória Regina da Silva Cruz, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Vinicius Novo da Silva, Universidade Federal da Paraíba (UFPB).
Vitor Alfredo de Santana Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Vitor Aluizio Cavalcante de Oliveira Lima, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Vitoria Ferreira de Souza, Universidade Estadual do Ceará (UECE).
Weslen Cristian Andrade da Silva, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).
Willian Macksuel Almeida Melo, Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL).
Yohanna Victória Souza Leão de Siqueira, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

SUMÁRIO

SIG'S E GESTÃO DE CONFLITOS AMBIENTAIS:
A CARTOGRAFIA NA RESOLUÇÃO DE INJUSTIÇAS SOCIAIS

EIXO 1: Ensino de Geografia e SIG

Capítulo 1: O BDIA como proposta didática para análise do uso e ocupação do solo e seus impactos ambientais nas principais metrópoles do nordeste 20

Capítulo 2: Os dados de saúde amparando o aprendizado do geoprocessamento no ensino de geografia: uma proposta com os boletins diários do corona vírus 19 em Recife 29

Capítulo 3: Levantamento de trilhas educativas a partir do sig: uma ideia aplicada na Floresta Nacional de Açu 38

Capítulo 4: Explorando a geodiversidade e o potencial geoturístico do território paraibano – proposta geodidática 48

Capítulo 5: O google earth pro como ferramenta para estudos relacionados a geografia: uma proposta metodológica 59

Capítulo 6: Explorando os horizontes educacionais: uma proposta didática inovadora com o aplicativo " digiatlas" para o georreferenciamento de dados ambientais 70

Capítulo 7: Tecnologias de mapeamento e segregação urbana: o uso google maps como ferramenta na narrativa estática da desigualdade socioespacial 77

Capítulo 8: Do lugar a compreensão das desigualdades socioespaciais urbanas: uma proposta didática usando o google earth 83

Capítulo 9: O mapbiomas como proposta didática para análise da perda de recursos naturais e uso e ocupação do solo em biomas brasileiros 94

Capítulo 10: Geoprocessamento on-line: uma possibilidade na curricularização da extensão 106

Capítulo 11: Geotecnologias no ensino de geografia: uma perspectiva a partir da inclusão da pessoa com deficiência 115

Capítulo 12: Aplicativos e metodologias ativas como suporte a geografia: uma proposta do kahoot no ensino das bacias hidrográficas 121

Capítulo 13: A utilização do sistema de unidade hidrológica de Pernambuco como recurso tecnológico para aula de geografia urbana 129

Capítulo 14: Bacias hidrográficas na sala de aula: recursos metodológicos aplicados ao ensino de geografia 135

EIXO 2: Geografia Humana e SIG

Capítulo 15: Análise temporal na comunidade Nova Morada – estudo de caso da ampliação urbana em área de preservação ambiental no bairro da Caxangá em Recife-PE 145

Capítulo 16: Cartografia e urbanização: meio ambiente construído e centralidade urbano-regional de União dos Palmares (AL) 156

Capítulo 17: Sensoriamento remoto aplicado ao uso e ocupação da solo na comunidade do Tomé em Limoeiro do Norte, Ceará 166

Capítulo 18: Verticalização da orla de Porto de Galinhas: expansão urbana a partir do turismo predatório 175

Capítulo 19: Análise temporal da praia da Pipa – estudo de caso da ampliação urbana em apa no distrito da praia da Pipa Tibau do Sul-RN. 181

Capítulo 20: A revitalização da praia de iracema em Fortaleza/CE: o google earth pro como ferramenta de análise das mudanças da paisagem da zona costeira 188

Capítulo 21: Distribuição de complexos eólicos no agreste pernambucano: hipótese de expansão eólica a partir do geoprocessamento 201

Capítulo 22: Gestão de conflitos em áreas de conservação: uma abordagem baseada em SIG 208

Capítulo 23: Utilização das geotecnologias para análise da distribuição das internações por causas externas entre os adolescentes da região sul da Bahia 216

EIXO 3: Geografia Física e SIG

Capítulo 24: Aspectos morfodinâmicos de processos erosivos por meio de SIG na bacia hidrográfica do Riacho do Boi - município de Itacuruba, semiárido de pernambuco 225

Capítulo 25: Proposta de zoneamento econômico-ecológico utilizando imagens landsat e geoprocessamento 238

Capítulo 26: Técnicas de geoprocessamento para caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe - PE 248

Capítulo 27: Avaliação multitemporal de área alagada e de vegetação no reservatório poço da cruz, sertão nordestino 257

Capítulo 28: Emprego de técnicas de geoprocessamento como suporte no monitoramento da qualidade de água do sistema coremas-mãe d'água 264

Capítulo 29: Controle e qualidade dos dados de precipitação para complementação de falhas em estações situadas na região metropolitana do Recife-PE 275

Capítulo 30: Análise do uso e cobertura da terra do baixo curso da bacia hidrográfica do rio santo antônio, Ilha do Maranhão 286

Capítulo 31: Uso e ocupação do solo e estimativa de cenário futuro para o município de Araripina - PE utilizando dados orbitais 295

Capítulo 32: Análise do uso e cobertura da terra em áreas protegidas: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís/MA 306

Capítulo 33: Avaliação espaço-temporal da cobertura florestal em áreas de manejo florestal sustentável 314

Capítulo 34: Identificação das áreas de fragilidade ambiental do bairro Chã de Bebedouro em Maceió-AL..... 321

Capítulo 35: Vulnerabilidade ambiental às inundações na Ilha do Maranhão – MA, Brasil 336

Capítulo 36: Análise de vegetação da reserva ambiental de itaquiraí - ms..... 352

Capítulo 37: Análise do sequestro de carbono em uma parcela da caatinga em Petrolina, Pernambuco: uma perspectiva espacial..... 358

Capítulo 38: Avaliação da qualidade da água do reservatório tapacurá, bacia hidrográfica do Capibaribe, Pernambuco 367

Capítulo 39: Formas de relevo granítico no parque municipal da pedra furada e área de entorno – município de Venturosa (PE) 374

Capítulo 40: Vulnerabilidade socioambiental a inundação na zona urbana do município de Lajedo/Pernambuco, Nordeste.....386

IV SIGNE

& VI GISday

EDUCAÇÃO & SIG

1º EIXO

O BDIA COMO PROPOSTA DIDÁTICA PARA ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS NAS PRINCIPAIS METRÓPOLES DO NORDESTE

Maria Jaqueline Oliveira da Silva[(a)], Vitor Alfredo de Santana Silva[(b)],Victória Regina da Silva Cruz[(c)], Gisely Francelina do Vale Silva[(d)]

[(a)] Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, jaqueline.osilva2@ufpe.br
[(b)]Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, vitor.alfredo@ufpe.br
[(c)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, victoria.cruz@ufpe.br
[(d)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, gisely.francelina@ufpe.br

Resumo: O uso e ocupação do solo envolve a forma como as áreas de terra são influenciadas pelas atividades humanas, tendo impactos significativos no meio ambiente. Para abordar essa relação em sala de aula, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) podem ser uma ferramenta valiosa, especialmente quando combinados com a gamificação podendo ser materializados. Diante disso, este estudo tem como objetivo demonstrar como o portal do Banco de Informações Ambientais (BDIA) pode ser usado de forma didática para explorar a problemática do uso e ocupação do solo em áreas urbanas, concentrando-se no mapa de vegetação das principais metrópoles do nordeste (Recife-PE, Fortaleza-CE e Salvador-BA). Para isso, a pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, envolvendo uma revisão bibliográfica para aprofundar os conceitos de SIG, uso e ocupação do solo, impactos ambientais urbanos e gamificação. Além disso, o estudo usou recortes de mapas do BDIA, transformados em quebra-cabeças, como ferramentas para melhorar o engajamento dos estudantes, facilitando a leitura de mapas contribuindo no desenvolvimento cognitivo. Com isso, o portal do BDIA e seus mapas de vegetação se destacaram como uma ferramenta possível para abordar questões ambientais relacionadas ao uso do solo. A combinação dos recortes dos mapas das metrópoles nordestinas (Recife-PE, Fortaleza- CE e Salvador- BA) com a atividade de quebra-cabeça proporciona um maior desenvolvimento cognitivo dos estudantes. A leitura desses mapas permite que os estudantes construam elementos gráficos e participem de discussões sobre a temática.

Palavras-chave: Impactos Ambientais; Proposta Didática; Sistemas de Informações Geográficas; Uso e Ocupação do Solo.

Abstract: Land use and occupation involves the way in which areas of land are influenced by human activities, having significant impacts on the environment. To address this relationship in the classroom, Geographic Information Systems (GIS) can be a valuable tool, especially when combined with gamification. To address this relationship in the classroom, Geographic Information Systems (GIS) can be a valuable tool, especially when combined with gamification. In view of this, this study aims to demonstrate how the Environmental Information Bank (BDIA) portal can be used in a didactic way to explore the problem of land use and occupation in urban areas, focusing on the vegetation map of the main metropolises in the northeast (Recife-PE, Fortaleza-CE and Salvador-BA). To this end, the research adopted a qualitative approach, involving a literature review to delve into the concepts of GIS, land use and occupation, urban environmental impacts and gamification. In addition, the study used clippings of maps from the BDIA, transformed into puzzles, as tools to improve student engagement, facilitating map reading and contributing to cognitive development. As a result, the BDIA portal and its vegetation maps stood out as a possible tool for addressing environmental issues related to land use. The combination of the map cut-outs of the northeastern metropolises (Recife-PE, Fortaleza- CE and Salvador- BA) with the jigsaw activity provides greater cognitive development for the students. Reading these maps allows students to construct graphic elements and take part in discussions on the subject.

Keywords: Environmental Impacts ;Teaching Proposal; Geographic Information Systems; Land Use and Occupation.

INTRODUÇÃO

O uso e ocupação do solo engloba a organização e utilização de extensões de terra, considerando intervenções tanto de origem humana como naturais. No contexto da influência humana, esse processo está majoritariamente associado à geração de variados impactos ambientais, visando à expansão e desenvolvimento das áreas urbanas, práticas agropecuárias, agricultura, exploração mineral, entre outros. Nesse sentido, Costa, Moreira e Nunes (2023) afirmam que os distintos modos de uso e ocupação

da terra promovidos pelas ações humanas têm suscitado, ao longo do tempo, transformações substanciais nas dinâmicas naturais, incluindo, por exemplo, a modificação nos padrões de escoamento e infiltração de águas pluviais devido a impermeabilização do solo.

Diante disso, para trabalhar a conscientização dos estudantes no contexto educacional, acerca dos impactos ambientais ocasionados pelo uso e ocupação do solo promovidos pelas atividades humanas, essa temática pode ser incorporada à educação ambiental. Isso visto que "A educação ambiental (EA) é um tema transversal fundamental na sensibilização para a tomada de consciência, essa que precisamos adquirir e melhorar a fim de construirmos uma sociedade sustentável [...]" (Uhmann, Vorpagel, 2018, p. 54).

Mediante a isso, para abordar essa temática em sala de aula, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) que consiste em tecnologias que permitem coletar, armazenar, analisar e visualizar dados geoespaciais (Biju, 2015). Surge como uma ferramenta didática capaz de fornecer uma compreensão mais profunda e visual de fenômenos, padrões e relacionamentos em um contexto geográfico. Segundo Costa (2014, p. 8) afirma:

> Os Sistemas de Informação Geográfica, enquanto ferramenta de aprendizagem permitem um contacto com a realidade através do conhecimento do território, a sua localização espacial e, consequentemente, facilitam os processos de gestão territorial porque são uma estratégia motivadora e enriquecedora, transversal a várias áreas do conhecimento.

Com isso, o SIG também pode ser gamificado, de modo a ser materializado promovendo aos estudantes um maior engajamento. Portanto "a Gamificação é a prática de aplicar mecânicas de jogos em diversas áreas, a fim de melhorar a curiosidade dos usuários e despertar o seu interesse por uma determinada situação ou objeto" (Santos, Gandara, 2022, p. 13). Um exemplo de SIG que pode ser utilizado como ferramenta didática e gamificado, é o portal do Banco de Informações Ambientais (BDIA) disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que consegue explorar o uso e ocupação do solo dos municípios, estados, biomas e de todo território Brasileiro por meio dos mapas de vegetação.

Diante disso, este estudo tem como objetivo principal demonstrar como o BDIA pode ser efetivamente incorporado como um SIG em aulas de geografia. A pesquisa busca explorar o potencial do BDIA como uma proposta didática para analisar o uso e ocupação do solo e os impactos resultantes nas principais metrópoles da região Nordeste do Brasil. Através desse propósito, almeja-se fomentar como a integração de tecnologias geoespaciais pode aprimorar o entendimento dos desafios urbanos e ambientais nas aulas de geografia, promovendo uma abordagem mais abrangente e interativa no processo de ensino-aprendizagem.

MATERIAL E MÉTODO

Para a construção deste estudo, foi realizada uma pesquisa qualitativa, em que uma revisão bibliográfica foi conduzida, em bases de dados como o Google Acadêmico, para aprofundar o entendimento dos conceitos de SIG, uso e ocupação do solo, gamificação e impactos ambientais urbanos.

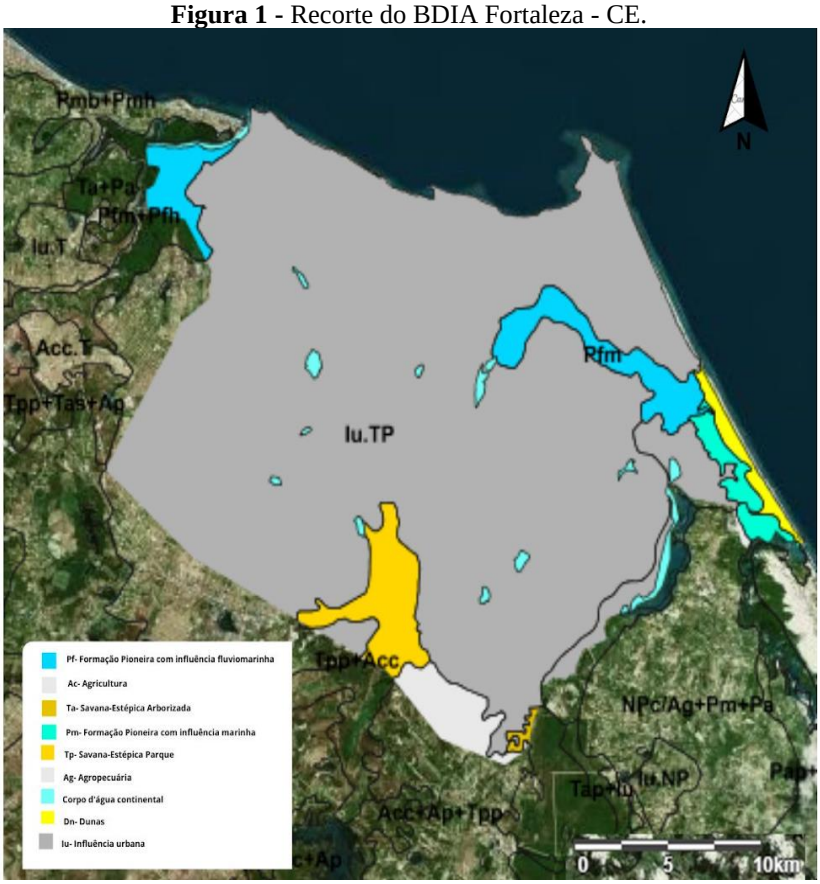
Em seguida, o portal do BDIA, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi utilizado para obter recortes de mapas de vegetação das principais metrópoles do Nordeste (Recife-PE, Salvador-BA e Fortaleza-CE). Posteriormente, esses recortes foram gamificados e transformados em quebra-cabeças interativos, utilizando a plataforma Canva, visando demonstrar como a gamificação pode estimular a cognição e melhorar o envolvimento dos estudantes na leitura e discussão de mapas, assim como na construção de gráficos através das informações dos recortes.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A pressão crescente sobre o uso e ocupação do solo nas cidades, resultante do crescimento desordenado, é um fenômeno que transformou as áreas urbanas em notáveis fontes de desafios ambientais globais (Xavier, 2022). Diante disso, o BDIA pode ser utilizado no contexto educacional para criar recortes dos mapas de vegetação das principais metrópoles do Nordeste, com o intuito de

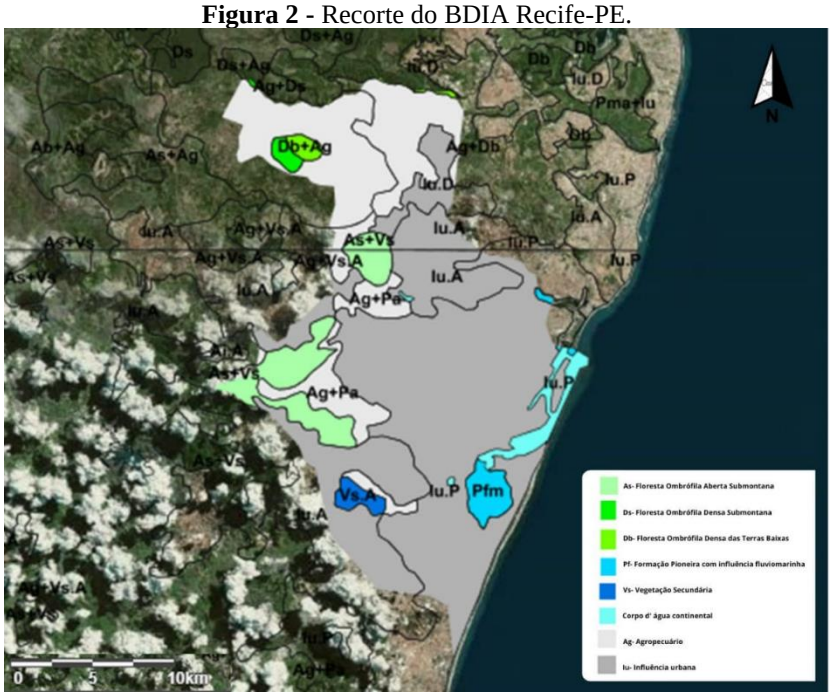
aprofundar a compreensão dos estudantes sobre o uso e ocupação do solo e seus impactos ambientais nessas cidades (Figuras 1, 2 e 3). Pois como destacado por Damame, Oliveira e Longo (2019) às ações humanas têm desencadeado uma série de impactos ambientais significativos, muitos dos quais estão intrinsecamente relacionados ao uso inadequado do solo urbano.

Figura 1 - Recorte do BDIA Fortaleza - CE.



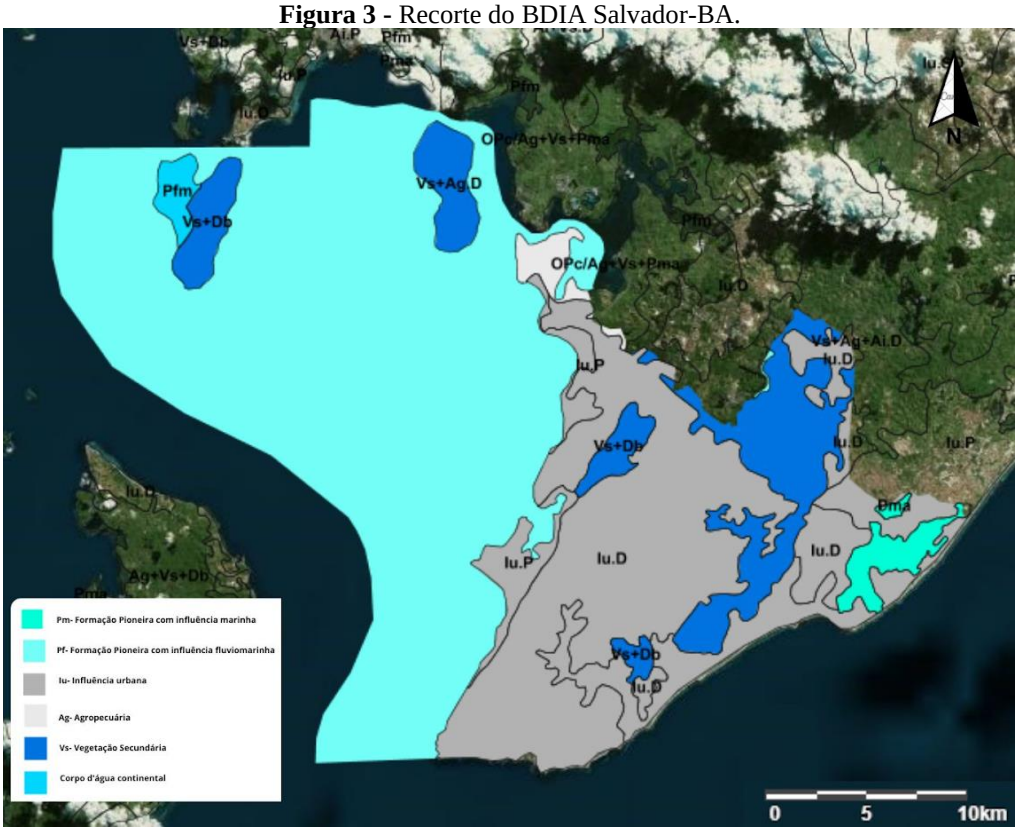
Fonte: Autores (2023).

Figura 2 - Recorte do BDIA Recife-PE.



Fonte: Autores (2023).

Figura 3 - Recorte do BDIA Salvador-BA.



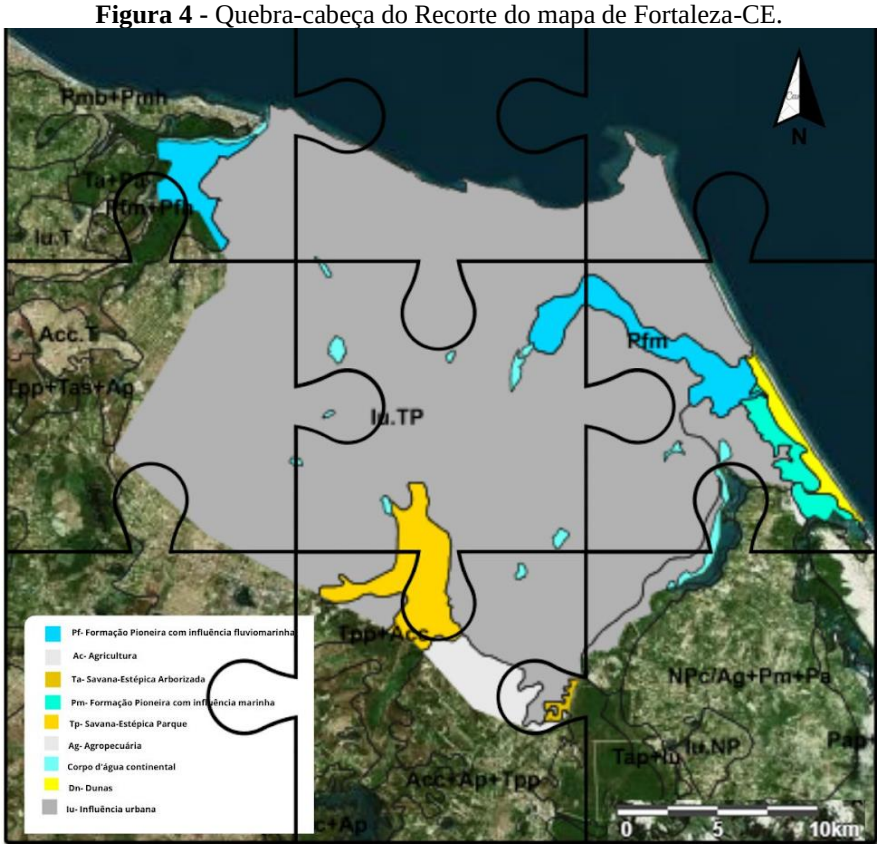
Fonte: Autores (2023).

Nessa perspectiva, a utilização de mapas fornecidos por plataformas de SIG emerge como uma ferramenta capaz de ampliar e aprimorar a capacidade de pensamento espacial dos estudantes, como observado por Sousa e Freitas (2017). Dessa forma, a integração dos elementos do mapa de vegetação disponibilizado pelo portal nos próprios recortes, como exemplificado nas Figuras 1, 2 e 3, torna-se essencial para proporcionar aos estudantes as informações necessárias para uma compreensão mais profunda e completa dos desafios ambientais nas áreas urbanas de Recife-PE, Fortaleza-CE e Salvador-BA, resultantes do uso e ocupação do solo.

Neste contexto, considerando que o elemento lúdico, conforme ressaltado por Santos, Almeida e Andrade (2018), não apenas confere à aquisição de conhecimento um caráter mais envolvente e agradável, mas também atua como um eficaz agente motivador para instigar o interesse dos discentes nas aulas de Geografia. Os recortes dos mapas de vegetação disponíveis no portal BDIA podem ser adaptados pelos docentes, em quebra-cabeças constituindo uma alternativa viável com este propósito, como representado nas Figuras 4, 5 e 6.

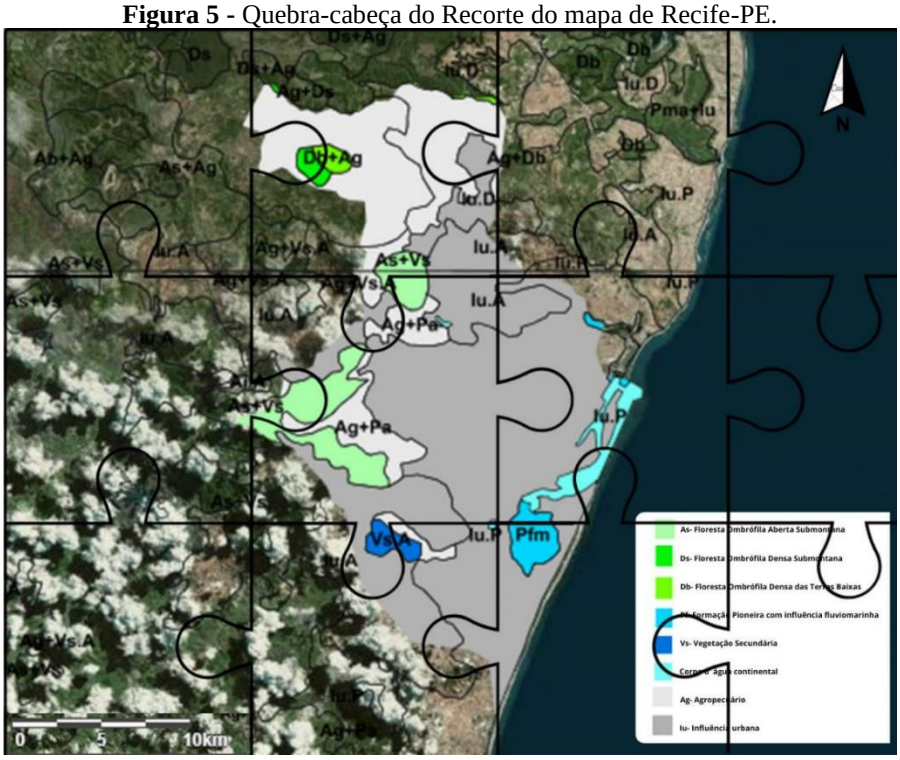
Assim, a fim de implementar esta metodologia com a utilização dos recortes do BDIA, a turma deverá ser subdividida em três grupos, atribuindo a cada um deles a responsabilidade de montar um quebra-cabeça relacionado a uma das principais metrópoles do Nordeste (Figuras 4, 5 e 6). Posteriormente, os estudantes devem proceder com uma análise dos recortes já montados.

Figura 4 - Quebra-cabeça do Recorte do mapa de Fortaleza-CE.



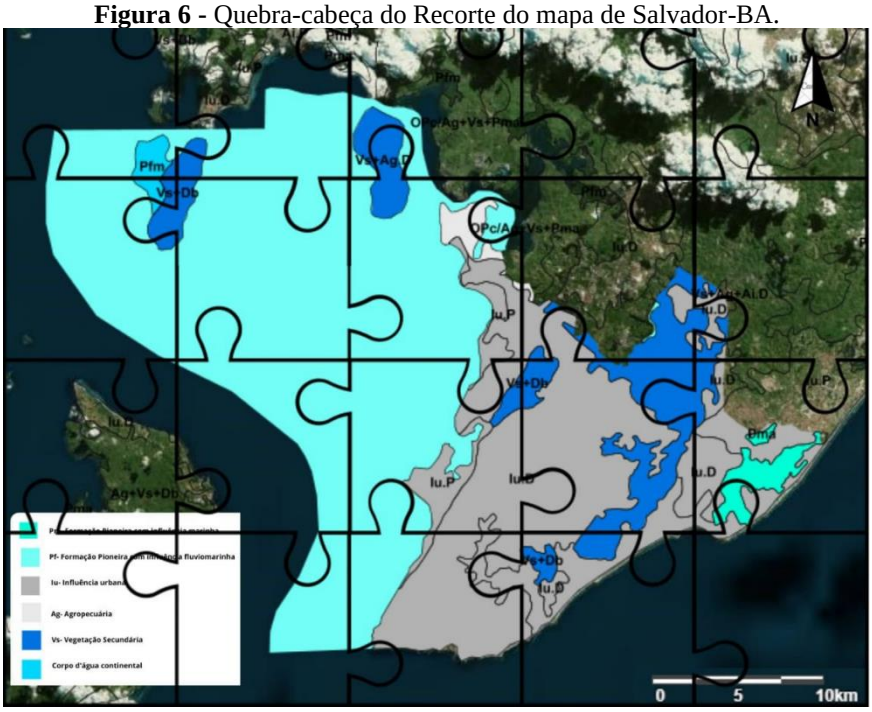
Fonte: Autores (2023).

Figura 5 - Quebra-cabeça do Recorte do mapa de Recife-PE.



Fonte: Autores (2023).

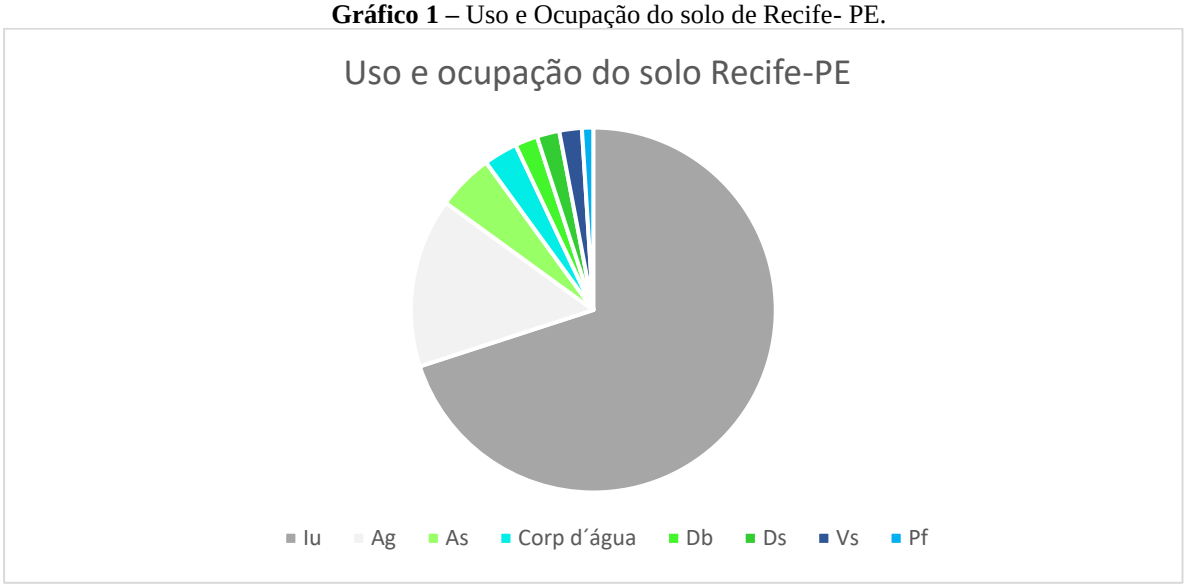
Figura 6 - Quebra-cabeça do Recorte do mapa de Salvador-BA.



Fonte: Autores (2023).

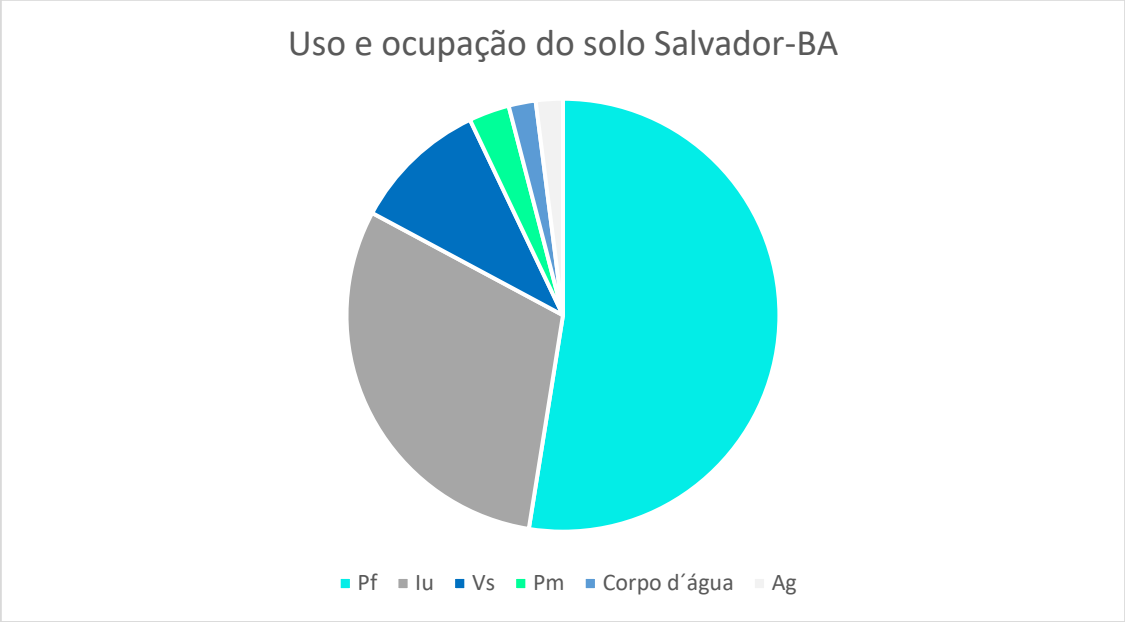
Ademais, com o intuito de oferecer aos estudantes uma perspectiva inovadora para a visualização e interpretação dos dados, os educadores podem recomendar que os grupos desenvolvam gráficos para transformar as informações extraídas dos recortes do BDIA. Esse procedimento aprofundará a análise e proporcionará uma representação visual mais nítida das divergências e convergências observadas no contexto do uso e ocupação do solo em Recife-PE, Fortaleza-CE e Salvador-BA, conforme evidenciado nos Gráficos 1, 2 e 3. Essa abordagem está em consonância com a perspectiva de Writzl e Cardoso (2019, p.1), ao enfatizarem que "Ao pensar em uma alternativa didática, é necessário guiar os alunos de forma que desenvolvam criticidade para diferentes formas de ver e entender o conteúdo em análise".

Gráfico 1 – Uso e Ocupação do solo de Recife- PE.



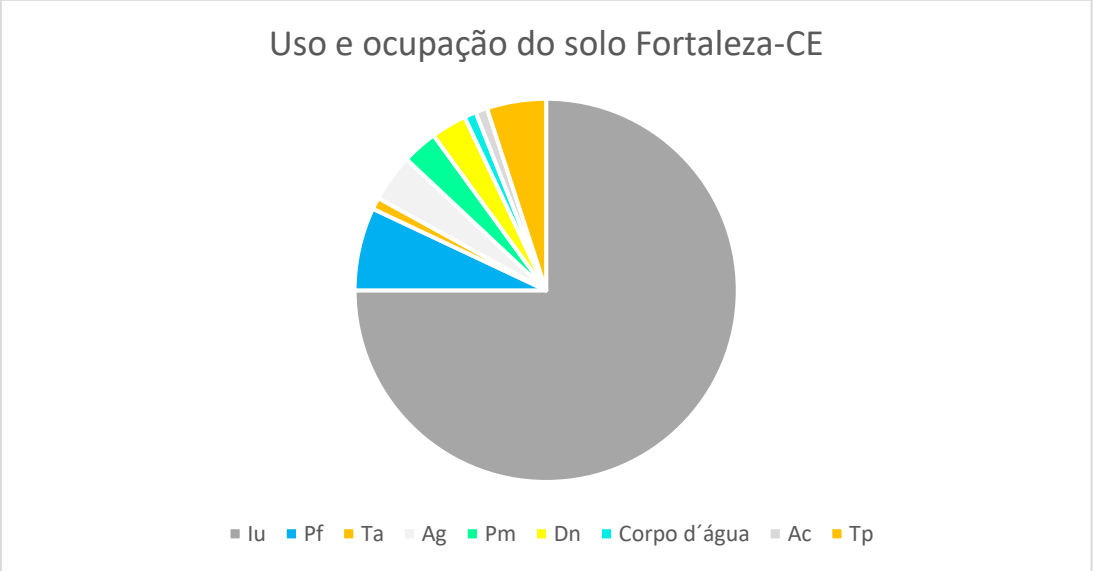
Fonte: Autores (2023).

Gráfico 2 – Uso e ocupação do solo de Salvador- BA.



Fonte: Autores (2023).

Gráfico 3 – Uso e ocupação do solo de Fortaleza- CE.



Fonte: Autores (2023).

Através da análise dos gráficos derivados dos recortes do BDIA, os estudantes podem discernir a estreita relação entre o uso do solo e o crescimento e desenvolvimento urbano dessas cidades. Isso proporciona uma compreensão mais palpável das dinâmicas urbanas, da forma como os espaços são utilizados e dos impactos ambientais decorrentes. Como enfatiza Silva (2019, p.20):

> Compreender a relação entre ocupação urbana e degradação ambiental é extremamente necessário para prevermos e evitarmos impactos futuros, tais como alagamentos, perda do potencial de geração de alimentos, poluição do ar e do solo, e impactos irreversíveis sobre a fauna e a flora.

Além disso, as legendas (gráficos 1, 2 e 3) oferecem aos estudantes uma visão mais clara dos impactos ambientais associados ao uso e ocupação do solo. Através das nomenclaturas, como Ac (Agricultura), Iu (Influência Urbana) Ag (Agricultura), Pf (Formação Pioneira com influência

Fluviomarinha), Corpo d´água continental, Vs (Vegetação Secundária), Dn (Dunas), Pm (Formação Pioneira com influência Marinha), Tp (Savana Estépica Parque), Ta (Savana Estépica Arborizada), As (Floresta Ombrófila Aberta Submontana), Ds (Floresta Ombrófila Densa Submontana) e Db (Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas), eles podem identificar áreas desmatadas ou suscetíveis ao desmatamento, bem como a expansão urbana desordenada, poluição do ar, contaminação do solo e outros problemas ambientais.

Adicionalmente, as legendas permitem a identificação das metrópoles mais influenciadas por cada fator e a análise da predominância de determinados impactos ambientais em cada região, assim como identificar impactos comuns nas metrópoles estudadas, considerando a geografia, clima e densidade populacional, como é possível visualizar nos gráficos 1, 2 e 3 que as três metrópoles sofrem em sua maioria com a influência Urbana gerando impactos como poluição, impermeabilização do solo e o desmatamento para os seus desenvolvimentos. Santos, Santos e Santos (2021, p. 4), ressaltam que “As queimadas e o desmatamento, por exemplo, são fatores que contribuem para a erosão, a qual está associada ao desgaste do solo devido a práticas agrícolas sem manejo adequado e ao cultivo de culturas não adaptadas às características dos solos".

Isso estimula os alunos a desenvolverem um pensamento crítico e profundo em relação às questões ambientais, a partir da educação ambiental, capacitando-os a compreender suas complexidades e variabilidades de acordo com o contexto urbano. Segundo Alves (2022) a Educação Ambiental tem um papel essencial nesse sentido, ao fomentar uma perspectiva crítica e contribuir para um pensamento socioambiental mais consciente no âmbito do desenvolvimento urbano desordenado, que pode resultar em complicações como diminuição de recursos hídricos, pobreza e impermeabilização do solo, entre outros fatores.

Com essa compreensão sólida, os estudantes são motivados a contemplar as ramificações das ações humanas no ambiente e a reconhecer a importância do planejamento urbano sustentável. Isso lhes permite explorar diversos cenários e conceber soluções para desafios urbanos, ao mesmo tempo em que promove discussões pertinentes sobre políticas de planejamento e conservação ambiental.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados, fica claro que os SIG desempenham um papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. Em particular, o portal do BDIA e seus mapas de vegetação surgem como valiosos recursos na promoção da compreensão do uso e ocupação do solo, com todas as suas implicações ambientais. A inclusão da gamificação, através da utilização de quebra-cabeças, demonstra ser uma estratégia eficaz para envolver os estudantes e proporcionar uma aprendizagem significativa.

A combinação destes elementos cria uma abordagem educacional completa, na qual os estudantes não apenas recebem informações, mas também se tornam participantes ativos na construção do conhecimento. Os recortes dos mapas de vegetação das principais metrópoles nordestinas (Recife-PE, Fortaleza-CE e Salvador-BA), não apenas são capazes de capacitar os estudantes a interpretar e a criar elementos gráficos, mas também em fomentar discussões substanciais acerca dos desafios relacionados ao uso e ocupação do solo, bem como seus impactos ambientais em tais áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, M. H. C. (2022). **Educação ambiental em uma escola municipal de Pato Branco PR: uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica urbana.** Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Curitiba, Brasil.

Biju, B. P. (2015). **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção e de demolição**. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

Costa, J. N. C. S. (2014). **Os SIG como ferramenta didática no ensino da história e da geografia: aplicação prática numa turma de 7ºano.** Relatório de Iniciação à Prática, Instituto de Educação, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, Portugal.

Costa, H. R.O.; Moreira, E. S.; Nunes, J. O. R. (2023). O uso da terra por atividades agropecuárias e seu impacto sobre bacias hidrográficas. ***GeoGraphos: Revista Digital para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales***, *14*(152), 64-90.

Damame, D. B.; Longo, R. M.; Oliveira, E. D. (2019). Impactos ambientais pelo uso e ocupação do solo em sub bacias hidrográficas de Campinas, São Paulo, Brasil. **Acta Brasiliensis**, 3, 1-7.

Santos, P. S.; Santos, M. E. G.; Santos, R. (2021). Uso e Ocupação do Solo: Reflexão Sobre Impacto Ambiental. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, 7, 1-10.

Santos, P. T.; Gandara, L. C. (2022). Jogos e Gamificação na Educação Profissional e Tecnológica: Planificação para um Curso de Agrimensura Subsequente ao Ensino Médio. **Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, Rio Grande do Sul, 11, 1-20.

Santos, W. B.; Almeida, M. J. S.; Andrade, F. H. S. (2018). Estratégias de Ensino na Geografia Escolar: Uso do Quebra-Cabeça e HQs Como Recursos Didáticos. **XXIV EGEORN Singularidades e Diversidades**, Natal, RN, Brasil, 214-220.

Silva, L. P. (2019). **Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo e Aplicação de Índices de Vegetação em uma Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Acará, no Município de Tomé-Açú, Pará, Entre os Anos 1995 E 2017.** Monografia, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.

Sousa, I. B.; Freitas, M. I. C. (2017). Cartografia digital, sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas aplicados à cartografia escolar: novas perspectivas para as práticas docentes em geografia no ensino fundamental II**. XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1357-1361.

Uhmann, R. I. M.; Vorpagel, F. S. (2018). Educação Ambiental em Foco no Ensino Básico**. Pesquisa em Educação Ambiental**, 13, 53-68.

Xavier, T. A. (2022). **Uso e Ocupação do Solo e Impactos Ambientais no Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi/RN.** Monografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, Brasil.

Writzl, L.; Cardoso, E. S. (2019). Geografia e Práticas Educativas: A Informação Geográfica Educação Inovadora e Transformadora. **Compartilhando Saberes**, 1-12.

OS DADOS DE SAÚDE AMPARANDO O APRENDIZADO DO GEOPROCESSAMENTO NO ENSINO DE GEOGRAFIA: UMA PROPOSTA COM OS BOLETINS DIÁRIOS DO CORONA VÍRUS 19 EM RECIFE

Jadson Freire da Silva[(a)], Veríssimo Ribeiro Pinheiro Neto[(b)], Joélia Natália Bezerra da Silva [(c)], Josiclêda Domiciano Galvíncio[(d)], Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva[(e)]

[(a)]Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Instituto Federal do Maranhão, jadsonfreiresilva@gmail.com
[(b)]Graduando em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, verissimo.pinheiro@ufpe.br
[(c)]Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, joelia.silva@ufpe.br
[(d)]Professora do Departamento de Ciências Geográficas. Universidade Federal de Pernambuco, josicleda.galvincio@ufpe.br
[(e)]Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Instituto Federal do Maranhão, elisabeth.silva@ifma.edu.br

Resumo: Entende-se que agregar informações que consigam não somente ensinar técnicas, mas também as unir a conteúdos sobre determinada disciplina é de grande relevância para a formação estudantil-técnico-universitária. Desta forma, essa pesquisa tem como objetivo propor os dados de saúde amparando o aprendizado do geoprocessamento no ensino de geografia, tendo como exemplo o caso dos boletins diários do corona vírus em Recife (Pernambuco). Uma proposta metodológica foi implementada enquanto metodologia, que foi amparada na literatura sobre as reflexões levantadas. No geral, observa-se a possibilidade de não somente aprender a manipular programas secundários ou ferramentas essenciais de programas primários ao geoprocessamento, mas também observar os resultados sendo realçados em território, dando margem a desenvolvimentos entre disciplinas. Procedimentos de recorte e de junção mesmo básicos para o universo do geoprocessamento são essenciais para o ensino e aprendizado sobre a temática, sendo responsável pela transformação e visualização das informações que o estudante quer se expressar junto aos produtos e mapas. No geral, os dados de saúde são grandes aliados para a ampliação de conceitos como de explicação de processos, podendo ser utilizados para o amparo ao ensino.

Palavras-chave: Educação; COVID-19; Ensino de Geoprocessamento; Geotecnologias.

Abstract: It is understood that adding information that can not only teach techniques, but also combine them with content on a particular subject is of great relevance to student-technician-university training. In this way, this research aims to propose health data to support the learning of geoprocessing in geography teaching, taking as an example the case of the daily coronavirus bulletins in Recife (Pernambuco). A methodological proposal was implemented as a methodology, which was supported by the literature on the reflections raised. Overall, it was possible not only to learn how to manipulate secondary programs or essential tools of primary geoprocessing programs, but also to observe the results being highlighted in the territory, giving rise to developments between disciplines. Clipping and joining procedures, even though basic to the world of geoprocessing, are essential for teaching and learning about the subject, and are responsible for transforming and visualizing the information that the student wants to express in products and maps. In general, health data are great allies for expanding concepts and explaining processes and can be used to support teaching.

Keywords: Education; COVID-19; Geoprocessing Teaching; Geotechnologies.

INTRODUÇÃO

A formação enquanto estudante de geografia mantém diversos caminhos a se especializar enquanto conceitos. Independentemente do caminho escolhido ou a se escolher, o geoprocessamento e o aprender o geoprocessamento se inclui, uma vez que é do estudante de geografia, seja ele bacharelando(a) ou licenciando(a), observar e se necessário, criar seus próprios mapas de acordo com as demandas que pode emergir (Pereira et al., 2014; Leite & Rosa, 2006).

O Geoprocessamento enquanto conceito pode ser definido como um conjunto de técnicas que visam a representação espacial de informações de interesse. O geoprocessamento envolve o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o Sensoriamento Remoto, o GPS (*Global Positioning System*) e outras tecnologias para coletar, armazenar, processar, analisar e interpretar dados relacionados a locais específicos na superfície terrestre. O ordenamento de informações de forma que seja possível espacializa-las também faz parte do geoprocessamento, sendo um dos primeiros passos para uma exposição de informações relevantes (Zaidan, 2017; Câmara et al., 1999).

Sendo assim, nota-se a presença de disciplinas de introdução ao geoprocessamento sendo lecionada nos cursos de geografia; em geral, o Sensoriamento Remoto pode estar interligado junto a essas disciplinas ou podem estar sendo aplicadas em separado, mas percebe-se o esforço do programa universitário em promover as diferentes conceituações ao discentes. Ressalta-se que mediante a vontade do aluno, o mesmo poderá obter eletivas em outros cursos com ementas semelhantes ao de geoprocessamento (na Arquitetura e Urbanismo, Geologia, Engenharia Civil ou na Engenharia Cartográfica, a exemplo), fazendo-o mais especializado (da Fonseca, 2017; Ito et al., 2017).

Através do geoprocessamento é possível o desenvolvimento de mapas analíticos que podem ser componentes chaves para projetos de pesquisas e a construção de artigos científicos, como também ser utilizado como produto de consultorias ambientais. Ademais, é possível utilizá-lo em diversas áreas, como planejamento urbano, gestão ambiental, agricultura e correlatas, facilitando tomada de decisões ao fornecer uma visão espacial dos dados, o que é crucial para entender padrões geográficos e relações entre diferentes fenômenos (Orestes & Lopes, 2015).

Em meio a isto, observa-se as gerações e as diversas idades dos alunos coexistindo nos ambientes, criando desafios na aplicação de conceitos, dinâmicas de sala de aula e exposição de conteúdo propriamente dita. A era analógica e a era digital, o manual e o digital, as redes sociais e os vídeos de curta duração ou acelerados agora são uma realidade diária na educação. Observa-se a presença dos “nativos digitais”, isto é, aqueles indivíduos que nasceram e cresceram em um mundo onde computadores, a internet, smartphones e outras tecnologias digitais eram parte integrante de seu cotidiano desde a infância expressão padrões de comportamento diferentes aos mais velhos (Indalécio & Ribeiro, 2017; Passero et al., 2016).

Mesmo os nativos digitais tendendo a ter uma compreensão intuitiva das novas tecnologias e geralmente são considerados mais confortáveis e proficientes no uso de dispositivos digitais em comparação com as gerações mais velhas, é observado a dificuldade de muitos jovens e/ou jovens-adultos em manipular programas de edição (Word, Excel, Powerpoint e similares) em computadores (desktop/notebooks) (Pereira & Conte, 2021; Aguia & Fonseca, 2023). A facilidade e a acessibilidade dos *smartfones* e o distanciamento dos computadores para a finalidade supracitada como também questões socioeconômicas podem ser elencadas como justificativas, no entanto, essa dificuldade é outro desafio a ser mitigado pela educação.

Entendendo a importância do Geoprocessamento na formação do estudante de Geografia, as diversas gerações dinamizando o ambiente de ensino e as dificuldades digitais que emergem entre os jovens (e jovens adultos e adultos), informações ou procedimentos correlatos podem auxiliar na mitigação de dificuldades em programas de manipulação de dados como também na composição e aprendizado de Geoprocessamento enquanto disciplina. Os relatórios do novo corona vírus nos municípios do Brasil é um grande exemplo, nos quais os mesmos conseguem expor as informações relevantes sobre o tema em saúde de forma que é possível espacializar, dando assim, margem para

utilizá-lo de forma didática e relacionar conceitos e aplicações não somente na Geografia (Geografia da Saúde) mas também no Geoprocessamento.

Visando os supracitados, entende-se que agregar informações que consigam não somente ensinar técnicas, mas também as unir a conteúdos sobre determinada disciplina é de grande relevância para a formação estudantil-técnico-universitária. Desta forma, essa pesquisa tem como objetivo propor os dados de saúde amparando o aprendizado do geoprocessamento no ensino de geografia, tendo como exemplo o caso dos boletins diários do corona vírus em Recife (Pernambuco).

MATERIAL E MÉTODO

Uma proposição metodológica pode ser entendida como a formulação ou declaração de uma abordagem específica que será seguida em um estudo ou pesquisa. Pode envolver a descrição dos métodos que serão empregados para coletar dados, analisar informações e tirar conclusões (Foladori, 2005). Pesquisas como as de Maldonado et al. (2016) apresentaram propostas metodológicas voltadas a educação em si, nas quais foram desenvolvidas em plataforma virtual processos para o ensino da matemática, auxiliando e amparando os docentes no ensinar e no manejo da disciplina.

Por mais que a proposta metodológica se volte a exposição de informações que possam auxiliar a vida docente ou a aplicação de disciplinas, esse tipo de metodologia se ampara para desenvolvimento de informações de cunho científico nas bases bibliográficas ou na revisão bibliográfica em si (Gerhardt, & Silveira, 2009). Deste modo, as apresentações de informações expostas devem estar alinhadas as boas práticas acadêmicas sendo comprovadas pelas discussões pretéritas publicadas sem a exposição de juízos de valores ou opiniões, por exemplo.

Por sua vez, uma revisão bibliográfica é um tipo de pesquisa que envolve a análise crítica e síntese de fontes de informação existentes sobre um tópico específico. É uma ferramenta essencial para os pesquisadores, pois os ajuda a entender o que já foi explorado em um determinado campo e a construir sobre o conhecimento existente (Gil, 2007).

Sendo assim, a proposta dessa pesquisa visa recomendar procedimentos e processos que auxiliem no ensinar geoprocessamento aos discentes, de modo que haja melhor compreensão não somente de conceitos diretos e correlatos, mas também da prática em sala.

RESULTADO E DISCUSSÃO

O COVID-19 é a abreviatura de "coronavírus 2019", sendo consistida por uma doença viral causando, em seus sintomas mais letais a síndrome respiratória aguda grave (SARS-CoV-2). O vírus foi identificado pela primeira vez em dezembro de 2019 em Wuhan, na China, e rapidamente se espalhou rapidamente a nível mundial, conduzindo a uma pandemia. A pandemia de COVID-19 teve efeitos profundos na saúde, nas economias e na vida cotidiana a nível mundial. Os esforços para controlar a propagação do vírus incluíram confinamentos, restrições de viagem e campanhas de vacinação (Freire Silva et al., 2020; Sobral et al., 2022).

No Brasil, o COVID-19 chega em 2020 e modifica por meses a dinâmica de diversos e diferentes setores. Para o monitoramento dos casos, observa-se os boletins de saúde que eram emitidos pelos municípios e alimentava um ecossistema em cadeia (municipal, estadual e nacional). Em Pernambuco não foi diferente, nota-se a emissão desses boletins diários presentes, dando a possibilidade da observação da mudança e avanço da doença em esferas de bairros ou de municípios pernambucanos. A Figura 1 apresenta o primeiro boletim epidemiológico oriundo da Secretaria de Saúde do Recife (Freire Silva et al., 2020; Silva et al., 2021; CIEVS, 2023).

Figura 1- Capa do Boletim Epidemiológico do Recife (Pernambuco)

Fonte: CIEVS (2023).

No geral, os boletins epidemiológicos criados durante a pandemia são relatórios regulares que fornecem informações detalhadas sobre a situação da saúde pública em relação a uma doença específica, neste caso, a COVID-19. Alguns dos elementos comuns incluídos nos boletins epidemiológicos da COVID-19 são os números de Casos Confirmados (divididos por região geográfica); número de óbitos, que relatou o número total de mortes relacionadas à COVID-19 (dividido por região); número de recuperados, informando quantas pessoas se recuperaram da doença. Além disso, a taxa de transmissão e de mortalidade, que são relações matemáticas entre a população infectada, a capacidade do sistema de saúde, incluindo o número de leitos hospitalares, ventiladores e outras medidas podem ser elencadas nesses relevantes boletins (Silva & Oliveira, 2020).

Esses boletins são cruciais para informar o público, os profissionais de saúde e os responsáveis por políticas sobre a evolução da pandemia, orientando as decisões e estratégias de resposta. Eles também desempenham um papel importante na transparência e na comunicação eficaz durante crises de saúde pública (Silva, Rosa & Oliveira, 2020). A Figura 2 demonstra a apresentação de informações por regiões acerca dos infectados pela doença no município recifense.

Figura 2 – Tabela de casos confirmados seguindo o Distrito Sanitário (DS) e bairro de Recife.

Tabela 1. Casos confirmados de COVID-19, segundo DS e bairro de residência. Recife, 2020

Distrito/Bairro residência	Confirmados		Óbitos
	N	%	N
DS I	**1**	**1,6**	**-**
Santo Amaro	1	1,6	-
DS II	**6**	**9,4**	**-**
Rosarinho	3	4,7	-
Encruzilhada	2	3,1	-
Bomba do Hemetério	1	1,6	-
DS III	**20**	**31,3**	**-**
Casa Forte	1	1,6	-
Espinheiro	5	7,8	-
Graças	6	9,4	-
Parnamirim	2	3,1	-
Poço	1	1,6	-
Santana	2	3,1	-
Tamarineira	1	1,6	-
Monteiro	2	3,1	-

Fonte: Autores (2023).

A Figura 2 informa os casos respeitando os Distritos Sanitários e os bairros atingidos; ressalta-se que mesmo não havendo no momento da data óbitos decorrentes da doença para os bairros apresentados, é perceptível a presença da lacuna de mortos. Assim inicia-se a primeira proposição metodológica para auxílio no ensino do Geoprocessamento, que se trata da coleta e do refinamento dos dados, transformando-os em informação georreferenciada ou em planos georreferenciados.

Sabe-se que pesquisas diversas apontaram a relevância do georreferenciamento para os dados de saúde e sua análise assertiva. Hino et al. (2006) tendo como base o histórico das contribuições das geotecnologias como favorecimento da saúde e do controle das endemias, criou mapas de distribuição da Tuberculose em São Paulo; no Ceará, Ribeiro et al. (2015) criaram planos de informação georreferenciado de casos de hanseníase em menores de 15 anos, doença contagiosa que carece não somente de um plano de controle, mas acompanhamento contínuo dos casos. Ritter et al. (2013), Müller et al. (2010) e Camargos & Oliver (2020) comentaram sobre as contribuições dos dados e de informações em mapas para a adesão ao cuidado a atenção primária a saúde como também na saúde da família; deve-se salientar da importância nesses casos do tratamento em excelência das informações por ruas (endereços) (Skaba et al., 2004).

Deste modo, a transposição das informações presentes nos relatórios para *softwares* de planilhas, tais como o Excel, Planilhas Google, LibreOffice Calc ou Apache OpenOffice Calc entrega para o pesquisador a possibilidade de elevar a complexidade das informações primárias que ali mantem (Figura 3).

Figura 3 – Coleta e tratamento de informações com divisão geográfica em software de planilhas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	EBAIRRONO_1	ABRIL-CASOS	ABRIL-MORTOS	MAIO-CASOS	MAIO-MORTOS	JUN-CASOS	JUN-MORTOS	JUL-CASOS	JUL-MORTOS	AGO-CASOS	AGO-MORTOS	SET-CASOS	SET-MORTOS	OUT-CASOS	OUT-MORTOS	NOV-CASOS	NOV-MORTOS
2	Aflitos	255	0	751	0	1014	68	1138	124	1224	145	1200	150	1240	155	1252	150
3	Afogados	417	108	2815	653	4292	1248	4860	1652	5173	1810	4985	1837	5444	2020	5543	2102
4	Agua Fria	704	119	3779	752	5813	1690	6652	2248	7312	2431	7283	2470	7661	2615	7591	2597
5	Alto do Mandu	81	3	370	60	658	107	741	139	763	174	750	180	775	186	750	180
6	Alto Jose Bonifacio	274	10	969	202	1420	381	1675	543	1723	607	1643	611	1750	665	1680	630
7	Alto Jose do Pinho	180	38	1075	145	1597	365	1757	460	1855	504	1769	493	1900	528	1890	568
8	Alto Santa Teresinha	42	16	354	39	638	149	692	242	824	298	817	300	851	310	810	300
9	Apipucos	193	7	763	31	952	30	1120	31	1190	31	1170	30	1209	31	1181	30
10	Areias	396	82	2288	382	4027	868	4955	1288	5409	1515	5060	1464	5492	1607	5415	1566
11	Arruda	152	5	1228	91	2128	349	2567	636	2837	728	2827	756	3013	865	2967	897
12	Barro	284	39	1248	239	1904	504	2204	715	2426	813	2351	814	2665	1022	2733	1101
13	Beberibe	121	35	725	224	1131	436	1262	527	1343	567	1350	570	1395	606	1390	613
14	Boa Viagem	3624	142	12815	1063	18536	2770	21974	4015	24222	4351	23452	4464	25609	5046	25248	4948
15	Boa Vista	520	74	1948	343	2993	611	3607	855	3964	922	3882	902	4091	991	3973	960
16	Bomba do Hemeterio	191	18	851	144	1412	312	1652	408	1772	522	1740	567	1810	590	1785	600
17	Bongi	160	23	955	198	1540	347	1852	484	2006	584	1931	587	2077	651	2020	640
18	Brasilia Teimosa	143	9	1055	235	1995	574	2486	754	2649	848	2528	875	2736	964	2694	965
19	Brejo da Guabiraba	57	0	540	63	1074	322	1284	397	1382	403	1335	378	1465	435	1464	450
20	Brejo de Beberibe	50	20	537	172	827	395	941	434	990	459	948	454	1023	496	994	480
21	Cabanga	2	2	141	19	240	30	273	31	279	31	270	30	279	31	270	30
22	Cacote	50	22	333	87	631	195	695	248	710	248	696	232	746	248	750	240
23	Cajueiro	181	24	929	184	1472	450	1651	541	1705	592	1650	600	1739	620	1756	622

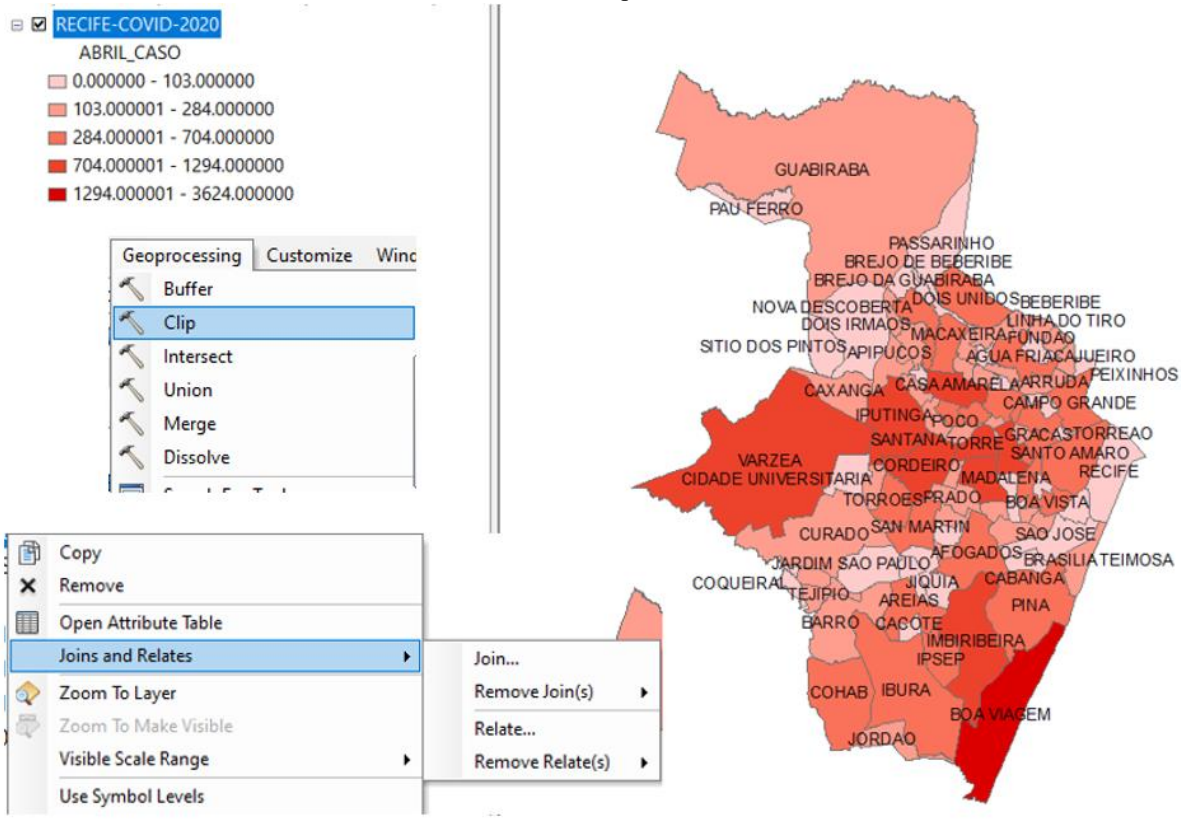
Fonte: Autores (2023)

Sendo assim, as formulações derivadas da estatística descritiva são exemplos de como entregar outros pontos sobre os dados, antes ainda não vistos. Informações como soma mensal, trimestral, semestral e anual; média, moda e mediana, relações de proporção e tendências podem ser extraídos e mantidos como informação para possível inferência.

Observa-se na Figura 3 o esforço do(s) estudante(s) em transformar dados diários em informações passíveis de explicações mais complexas, mostrando que os desafios em manipular informações para bons resultados georreferenciados ou em software de Geotecnologias inicia-se pela capacidade do estudante em saber manipular informações em outros softwares; é necessário que discentes (e docentes) que desejam adentrar nessa área entenda e manipule com familiaridade programas ou plataformas secundárias ao geoprocessamento em si.

Após a manipulação das informações, gerando outros pontos de interesse, é possível agregar ou gerar produtos cartográficos latentes sobre esses dados, os trazendo para o geoprocessamento enquanto cerne e entregando para os estudantes tangibilidade do aprender com o a prática, sendo a segunda proposição apresentada nesse estudo (Figura 4)

Figura 4 – Mapa da distribuição dos casos de covid 19 em recife (abril – 2020) com foco nas ferramentas “Join” e “Clip”



Fonte: Autores (2023).

Os comandos "clip" e "join" (Recortar e Juntar) são operações que podem ser realizadas em conjuntos de dados espaciais para manipular e analisar informações geográficas. O Clip é usado para cortar ou limitar um conjunto de dados espaciais com base em uma área de interesse. Fornecendo duas camadas de dados espaciais - uma camada que será cortada e outra que define a área de recorte. O resultado é uma nova camada que consiste apenas nas partes do conjunto de dados original que se sobrepõem à área de interesse (ArcGis, 2023A).

O Join é utilizado para combinar informações de atributos de duas camadas de dados espaciais com base em uma relação de campo comum. Caso haja uma camada principal em formato vetorial (pontos, linhas ou polígonos), é possível apresentar outras camadas ou camadas secundárias, através do campo que é comum a ambas (ArcGis, 2023B). O resultado é uma nova camada que combina os atributos das duas camadas com base na relação do campo especificado.

Para o ensino do geoprocessamento os comandos supracitados são primordiais para a iniciação do mesmo para o estudante, ambos os comandos são úteis para manipular dados espaciais e realizar análises espaciais mais complexas. Independentemente do software de geoprocessamento que se utiliza, o *clip* ou o recorte é uma ferramenta essencial para extração de informações em interesse como também formação e formatação final de produtos cartográficos. Por sua vez, o *Join* ou o juntar é um elo de ligação das informações que já mantém um georreferenciamento propriamente dito (*shapefiles* disponibilizadas por instituições públicas ou institutos de pesquisa, por exemplo), desde que haja colunas ou informações semelhantes (que neste caso seriam os nomes de cada bairro, mas poderia ser nomes de ruas, nomes de municípios, códigos de municípios do IBGE ou Distritos sanitários), incluindo no modelo informacional outros pontos não levantados anteriormente, ampliando a pesquisa e a análise posterior.

Diante os desafios presentes e a manipulação possível entre *softwares*, após a confecção de produtos cartográficos, a terceira proposição que reverbera dos dados em saúde se volta a pesquisa. É

possível adentrar aos conceitos de Geografia da Saúde, planejamento territorial em detrimento a decisões mais assertivas, questões socioeconômicas ou ambientais, novas estatísticas sobre a doença ou justificativas multidisciplinares ou ecossistêmicas dobre a pandemia e sua distribuição. No geral, observa-se a possibilidade de não somente aprender a manipular programas secundários ou ferramentas essenciais de programas primários ao geoprocessamento, mas também observar os resultados sendo realçados em território, dando margem a desenvolvimentos entre disciplinas.

CONCLUSÃO

Esse artigo entrega aos pesquisadores-leitores propostas que podem auxiliar na formação do estudante enquanto entusiasmo com a geotecnologia e o geoprocessamento, apontando que a manipulação de dados, mesmo sendo algo que pode ser, em primeira ótica, distante do geoprocessamento em si, é um ponto relevante para composição de informações e produtos finais. A proposta se baseia em dados de saúde, devido a relevância do tema e da disposição como também da atualidade do assunto, contudo, pode-se fazer tratamentos de dados para fins cartográficos com qualquer assunto, desde que haja disponibilidade geográfica atrelada a ela.

Procedimentos de recorte e de junção mesmo básicos para o universo do geoprocessamento são essenciais para o ensino e aprendizado sobre a temática, sendo responsável pela transformação e visualização das informações que o estudante quer se expressar junto aos produtos e mapas. No geral, os dados de saúde são grandes aliados para a ampliação de conceitos como de explicação de processos, podendo ser utilizados para o amparo ao ensino.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a FAPEMA – Fundação de Amparo à Pesquisa do Maranhão pela bolsa concedida ao primeiro autor. Ao Instituto Federal do Maranhão e ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Pernambuco pela estrutura e acesso a pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguia, M. B., & da Fonseca, T. G. (2023). Capacitação de jovens e adultos da modalidade eja na aprendizagem básica de informática. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, 9(8), 1835-1847.

ARCGIS. **Add Join**. 2023A. Disponível em: < https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/data-management/add-join.htm >. Acesso em: 13/11/2023.

ARCGIS. **Clip**. 2023B. Disponível em: < https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/analysis/clip.htm >. Acesso em: 13/11/2023.

Câmara, G., Barbosa, C. C. F., Davis, C., & Fonseca, F. (1999). **Conceitos básicos em Geoprocessamento**. Geoprocessamento: teoria e aplicação (livro on-line). São José dos Campos: INEP.
Camargos, M. A. D., & Oliver, F. C. (2020). Uma experiência de uso do georreferenciamento e do mapeamento no processo de territorialização na Atenção Primária à Saúde. **Saúde em debate**, 43, 1259-1269.

CIEVS – RECIFIE. **Base de informações de saúde do Recife**. 2023. Disponível em: < https://cievsrecife.wordpress.com/ >. Acesso em: 13/11/2023.

da Fonseca, S. F. (2017). Geoprocessamento aplicado no ensino médio como suporte para interdisciplinaridade. **RAEGA-O Espaço Geográfico em Análise**, 42, 165-178.

da Silva, W. N. T., Rosa, M. F. P., & de Oliveira, S. V. (2020). Produção de boletins epidemiológicos como estratégia de Vigilância em Saúde no contexto da pandemia de COVID-19. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, 8(3), 171-177.

Foladori, G. (2005). A methodological proposal for environmental education. **Canadian Journal of Environmental Education**, 10.

Freire-Silva, J., dos Santos Ferreira, H., Candeias, A. L. B., Pinho, M. A. B., & Oliveira, B. R. B. (2020). A utilização do planejamento territorial no combate da COVID-19: considerações sobre a situação dos leitos nos municípios de Pernambuco, Brasil. V**igilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, 8(2), 16-27.

Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). **Métodos de pesquisa**. Plageder.

Gil, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

Hino, P., Villa, T. C. S., Sassaki, C. M., Nogueira, J. D. A., & Santos, C. B. D. (2006). Geoprocessamento aplicado à área da saúde. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, 14, 939-943.

Indalécio, A. B., & Ribeiro, M. D. G. M. (2017). Gerações Z e Alfa: os novos desafios para a educação contemporânea. **Revista UNIFEV: Ciência & Tecnologia**, 2, 137-148.

Ito, M. H., Fonseca Filho, H., & Conti, L. A. (2017). Uso do software livre QGIS (Quantum GIS) para ensino de Geoprocessamento em nível superior. **Revista cartográfica**, 94, 127-148.

Leite, M. E., & Rosa, R. (2006). Geografia e geotecnologias no estudo urbano. **Caminhos de Geografia**, 17(17), 180-186.

Maldonado, J. J., Bermeo, J. L., & Pacheco, G. (2016). Assessing a Methodological Proposal for the Design, Creation and Evaluation of Learning Objects Oriented to Educators with Diverse Educational and Technological Competencies. **CLEI Electronic Journal**, 19(1), 3-3.

Müller, E. P. L., Cubas, M. R., & Bastos, L. C. (2010). Georreferenciamento como instrumento de gestão em unidade de saúde da família. **Revista brasileira de enfermagem**, 63, 978-982.

Orestes, T. A. M., & Lopes, E. B. (2015). Geoprocessamento: análise de dados cartográficos-planejamento e desenvolvimento urbano. **Revista Nacional de gerenciamento de cidades**, 3(18).

Passero, G., Engster, N. E. W., & Dazzi, R. L. S. (2016). Uma revisão sobre o uso das TICs na educação da Geração Z. **Renote**, 14(2).

Pereira, N. S., da Silva, N. C., de Carvalho Júnior, O. A., & Dutra, S. (2014). A Importância do Geoprocessamento para a História e o Saber Ambiental**. Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, 3(2), 132-144.

Pereira, S. F., & Conte, E. (2021). Aporias à inclusão digital de jovens no ensino técnico: Support for the digital inclusion of young people in technical education. **Revista Cocar**, 15(33).

Ribeiro, M. A., Albuquerque, I. M. A. N., de Paiva, G. M., Vasconcelos, J. D. P. C., Araújo, M. A. V. F., & Vasconcelos, M. I. O. (2014). Georreferenciamento: ferramenta de análise do sistema de saúde de Sobral-Ceará. **SANARE-Revista de Políticas Públicas**, 13(2).

Ritter, F., Rosa, R. D. S., & Flores, R. (2013). Avaliação da situação de saúde por profissionais da atenção primária em saúde com base no georreferencimento dos sistemas de informação. **Cadernos de Saúde Pública**, 29, 2523-2534.

Silva, D. F., & de Oliveira, M. L. C. (2020). Epidemiologia da COVID-19: comparação entre boletins epidemiológicos. **Comunicação Em Ciências Da Saúde**, 31, 61-74.

Silva, R. R. D., Guilhermino, G. M. S., Oliveira Neto, B. L. D., & Lira Neto, J. B. D. (2021). A Interiorização da COVID-19 nos municípios do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, 21, 109-120.

Skaba, D. A., Carvalho, M. S., Barcellos, C., Martins, P. C., & Terron, S. L. (2004). Geoprocessamento dos dados da saúde: o tratamento dos endereços. **Cadernos de Saúde Pública**, 20, 1753-1756.

Sobral, M. F. F., Roazzi, A., da Penha Sobral, A. I. G., de Oliveira, B. R. B., Duarte, G. B., da Silva, J. F., & Nogueira, R. M. T. B. L. (2022). A retrospective cohort study of 238,000 COVID-19 hospitalizations and deaths in Brazil. **Scientific Reports**, 12(1), 3629.

Zaidan, R. T. (2017). Geoprocessamento conceitos e definições. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, 7(2).

LEVANTAMENTO DE TRILHAS EDUCATIVAS A PARTIR DO SIG: UMA IDEIA APLICADA NA FLORESTA NACIONAL DE AÇU

Beatriz Esteliza Soares de Lima 1[(a)], Joshuá Davinci Nunes da Rocha 2[(b)]

[(a)]Graduada em Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, profbiaesteliza@gmail.com.

[(b)]DIAC, Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN-Natal/ Central, joshuadavinci@hotmail.com.

Resumo: As trilhas educativas são importantes instrumentos de educação ambiental em unidades de conservação. Quando bem planejadas, servem como ferramenta para o manejo adequado à visitação e como contribuição para a percepção e conscientização ambiental por parte dos visitantes. Nesse sentido, o presente estudo tem por objetivo aplicar as funcionalidades de um SIG para criação/delimitação de trilhas educativas que auxiliem na exploração e aprendizado sobre o meio ambiente a partir da Floresta Nacional de Açu/RN. A Unidade de conservação de uso sustentável apresenta uma vegetação predominantemente de Caatinga Arbustiva Densa. As metodologias empregadas foram a pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e a de geoprocessamento através do Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o receptor GNSS de mão onde tornou-se possível georreferenciar os dados das trilhas com alta acurácia. Tomando como base a utilização do geoprocessamento, o estudo realizou o levantamento das trilhas que servirá de base para o planejamento de novas atividades na Unidade, proporcionando aos visitantes uma vivência e percepção do ambiente, assim como, intensificando cada vez mais esse trabalho de Educação Ambiental a partir das potencialidades ecoturistas que a Flona de Açu dispõe.

Palavras-chave: Trilhas Educativas; SIG; Geoprocessamento; Floresta Nacional; Educação Ambiental.

Abstract: Educational trails are important tools for environmental education in conservation units. When well planned, they serve as a tool for proper management of visitation and contribute to visitors' perception and environmental awareness. In this regard, this study aims to apply GIS functionalities for the creation/delimitation of educational trails that aid in exploring and learning about the environment from the Açu National Forest in Rio Grande do Norte. The sustainable use conservation unit predominantly features Dense Shrub Caatinga vegetation. The methodologies employed include bibliographic research, field research, and geoprocessing through the Geographic Information System (GIS), utilizing handheld GNSS receivers to georeference trail data with high accuracy. Building on geoprocessing, the study surveyed trails to serve as a basis for planning new activities in the unit, providing visitors with an immersive experience and perception of the environment, while also further intensifying environmental education efforts leveraging the ecotourism potential of the Açu National Forest.

Keywords: Educational Trails; SIG; Geoprocessing; National Forest; Environmental education.

INTRODUÇÃO

Existem muitos métodos, técnicas e conceitos que dão notoriedade ao que chamamos de Geoprocessamento, os quais são efetuados por meio da construção de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) correspondendo a um conjunto de hardware e software, que podem armazenar, processar e representar dados geográficos, gerando, assim, as informações espaciais ou georreferenciadas.

A utilização de um SIG fornece diferentes oportunidades para a exploração e compreensão do mundo ao nosso redor. Este, por sua vez, tem desempenhado um papel cada vez mais significativo voltado para educação, como o fato de contribuir na criação de trilhas educativas em Unidades de Conservação, visto que envolve a integração de dados geoespaciais com objetivos de ensino e aprendizado específicos.

O presente estudo versará sobre a Floresta Nacional (FLONA) de Açu, que está entre uma das categorias de Unidades de Conservação de uso sustentável, ou seja, que permite explorar os recursos

florestais de forma consciente; a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades voltadas para a educação ambiental, como é o caso das trilhas.

Nesse sentido, as trilhas fazem parte das atividades denominadas como ecoturísticas, que possibilitam ao visitante a oportunidade do lazer em áreas ao ar livre e do desfrute de paisagens cênicas, promovendo, dessa forma, a educação e a interpretação ambiental, o sentimento de preservação do meio ambiente e o resgate histórico-cultural local (SILVA et al., 2012).

Diante disso, Tozzo e Marchi (2014), enfatizam que as Unidades de Conservação ou as áreas de preservação são criadas ou definidas com o principal objetivo de preservar não só a área em questão, mas também garantir um ambiente ecologicamente sustentável para as futuras gerações, para além disso, destaca-se como sendo espaços buscados por praticantes de ecoturismo no Brasil.

Partindo dessa perspectiva, o estudo tem por objetivo principal aplicar as funcionalidades de um SIG para criação de trilhas educativas que auxiliem na exploração e aprendizado sobre a Floresta Nacional de Açu. À vista disso, o uso dos SIGs é que permitirá fazer essa integração de dados geográficos e a representação espacial, possibilitando o planejamento e mapeamento dessas trilhas.

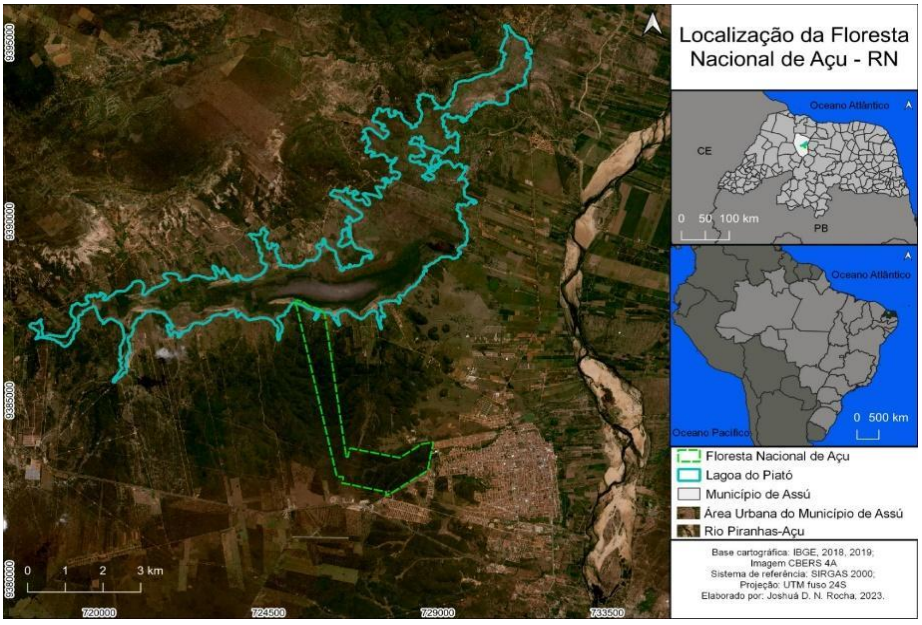
Ademais, são os principais meios para se conhecer o interior de Unidades de Conservação, favorecendo o contato com a natureza e suas belas paisagens. Mas, para isso, deve ser bem planejada de maneira que, além de causar boas impressões aos visitantes, garanta uma maior segurança e conhecimento sobre o ambiente e a instituição mantenedora.

O Plano de Manejo da Flona não apresenta o mapeamento de trilhas, então, por tratar-se de uma importante unidade de conservação de vegetação predominante da Caatinga, a elaboração de tal produto fomentará as atividades de campo e um melhor conhecimento da área, se tornando propícia ao desenvolvimento de práticas educativas.

MATERIAL E MÉTODOS

A Floresta Nacional (FLONA) de Açu é uma Unidade de Conservação Federal de Uso Sustentável criada pela portaria n.º 245 de 18/07/2001, com o objetivo de promover o manejo adequado dos recursos naturais da Caatinga (ICMBio, 2019). A Unidade fica localizada na Av. Poeta Renato Caldas, nº 4.500, no bairro Alto São Francisco, área urbana da cidade de Assú, Rio Grande do Norte, como dispõe na figura 1 abaixo.

Figura 1 - Mapa de Localização da FLONA de Açu



Fonte: Autores (2023).

Possui uma vegetação florestal predominantemente da Caatinga Arbustiva Densa e conforme seu Plano de Manejo, possui oficialmente uma área de 215,25 ha, no entanto, desde 2002, quando a UC estava sob a gestão do IBAMA, uma ação compensatória ambiental propôs a ampliação em mais 217,268 ha. Devido a uma divergência entre as medidas coletadas em campo e as informações constantes na área, a anexação não foi concluída (ICMBio, 2019), mas já possui grandes avanços nesse sentido.

Diante disso, com base no quadro 1 a seguir, apresentaremos as seguintes etapas de pesquisa a serem seguidas:

Quadro 1: Etapas de Elaboração da Pesquisa

1ª ETAPA	**LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO**
2ª ETAPA	**TRABALHO DE CAMPO NA FLONA + COLETA DE DADOS**
3ª ETAPA	**TABULAÇÃO DOS DADOS GEORREFERENCIADOS**
4ª ETAPA	**ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS**

Fonte: Autores, 2023.

Considerando o quadro mencionado, para alcançar os objetivos estabelecidos, o processo foi dividido em quatro etapas distintas. A primeira etapa iniciou-se com um levantamento bibliográfico abordando o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em relação à educação ambiental, com foco no georreferenciamento de trilhas ecológicas. Esse levantamento incluiu uma revisão de trabalhos acadêmicos, como livros e artigos científicos de revistas.

A segunda etapa envolverá atividades de campo, onde a equipe realizou três expedições em conjunto com o chefe da FLONA. Durante essas saídas, utilizou-se um receptor GNSS de mão, o modelo *Garmin Etrex 30*, para coletar dados ponto a ponto ao longo das trilhas. Esse método permitiu uma coleta precisa, com distâncias curtas entre os pontos, levando em consideração as curvas e desvios, resultando em dados georreferenciados de alta acurácia.

Na terceira fase, os dados coletados em campo foram transferidos para um ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software *Quantum GIS* (*QGIS*, versão 3.28.11 *Firenze*). O software será utilizado para o processamento dos dados, incluindo o uso da ferramenta de adesão de pontos, permitindo a criação das linhas que representam as trilhas.

Por fim, a quarta etapa consistirá na análise dos dados gerados a partir do processamento das informações de campo. Nesse estágio, os dados georreferenciados serão manipulados para gerar mapas temáticos que servirão para atender aos objetivos estabelecidos. Esses mapas fornecerão informações detalhadas sobre a área, o deslocamento e os possíveis impactos ambientais associados a cada trilha e os graus de intensidade que cada uma apresenta/exige para quem se propuser a realizá-las.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados aqui apresentados são parciais devido ao trabalho ainda estar em andamento na Unidade de Conservação. Para tanto, evidenciamos que tais procedimentos poderão sofrer ajustes no decorrer do andamento do estudo, em função dos resultados que forem sendo obtidos na aplicação de determinadas atividades a vir a serem desempenhadas ao longo do tempo.

Considerando a primeira etapa, a bibliografia sobre a utilização do SIG para o levantamento de trilhas traz inúmeras vantagens no que diz respeito à importância e necessidade do mapeamento em Unidades de Conservação, uma vez que oportuniza o planejamento da capacidade de suporte das trilhas, bem como a antecipação de possíveis impactos causados pela visitação (CAMPOS; LIMA, 2021).

Além disso, o mapeamento dá subsídio para uma melhor definição de rotas em relação ao deslocamento em atividades de proteção e conservação da floresta, como por exemplo o combate aos incêndios florestais, algo comum nos períodos mais secos do ano.

Para Ferrari (2004), a primeira etapa de manejo dentro de uma Unidade de Conservação é a fase de mapeamento, tendo em vista que o trabalho cartográfico e fotográfico constitui como um elemento norteador dos planos de ação e atividades a serem desenvolvidas.

Nesse sentido, a Floresta Nacional de Açu dispõe de áreas potenciais para o ecoturismo, visitação e interpretação ambiental, além da alta necessidade de planejamento de Educação Ambiental como forma de sensibilização das comunidades do entorno, devido a Unidade está localizada em malha urbana (ICMBio, 2019).

Diante disso, nota-se o potencial da FLONA para a pesquisas científicas, como também para atividades voltadas à Educação Ambiental, de maneira que as trilhas ganham destaque. As trilhas ecológicas podem ser utilizadas como ferramentas de Educação Ambiental e a prática de atividades esportivas e educacionais devem ser bem planejadas e orientadas pelos órgãos responsáveis pela área de preservação (SIMÕES NETO; SOUZA, 2013).

Abaixo, conseguimos visualizar algumas das paisagens que conseguimos observar e discutir ao longo da trilha principal sobre a Educação Ambiental (figuras 2, 3 e 4).

Figura 2 - Presença de Carnaúbas

Fonte: Autores, 2023

Figura 3 - Margens da Lagoa do Piató

Fonte: Autores, 2023

Figura 4 - Ação Antrópica

Fonte: Autores, 2023

Vale destacar um estudo produzido por Silva, Saraiva e Silva (2022) na FLONA de Açu, que propôs um roteiro de trilhas para a FLONA de Açu a partir da criação de pontos atrativos existentes, considerando as potencialidades para Educação Ambiental. Além disso, destacaram melhorias que podem ser realizadas ao longo do percurso, como a falta de placas de informações, sinalização e proibições.

Diante disso, surgiu a necessidade de realizar o levantamento dessas trilhas para a criação do Núcleo de Educação Ambiental da FLONA (NEA-FLONA). Nessa iniciativa, a equipe trabalhará em estreita colaboração com professores e representantes/defensores da FLONA, visando a uma integração mais eficaz e à expansão do conhecimento sobre a Floresta Nacional de Açú.

Esse esforço tem como objetivo promover a conscientização ambiental e o uso público da área, especialmente porque uma parcela significativa da população desconhece a existência desse espaço, apesar de sua proximidade em relação à área urbana de Assú (figura 1), de maneira que estimula a utilização deste local por "instituições de ensino fundamental e médio público e privado da região, contribuindo com uma maior exploração do potencial de visitação da Unidade de Conservação de Assú" (SILVA; SARAIVA; SILVA, 2022).

A FLONA Açu possui uma trilha principal com uma extensão de 7km chegando até a Lagoa do Piató (figura 1). Durante seu percurso percebemos a presença de muitos pontos de interpretação ambiental, apresentando áreas de alta e baixa luminosidades e com a presença de mata fechada e difícil acesso em alguns pontos, mas apresentando uma beleza cênica em todo o percurso, cabendo destacar que as condições variam a depender do período climático na qual será realizada a visitação, uma vez que a paisagem muda durante o período seco (Agosto-Novembro) e chuvoso (Março-Junho) (figuras 5 e 6, respectivamente).

Figura 5 - A FLONA de Açu em seu período seco em 2023

Figura 6 - A FLONA de Açu em seu período chuvoso em 2022

Fonte: Autores (2023).

Ao longo dessa trilha existem algumas placas com identificação das espécies nativas, de alguns pontos atrativos e da quilometragem percorrida, valendo destacar que novas placas de identificação estão sendo ainda instaladas para que venham auxiliar na visitação. Além da biodiversidade da flora, "a Flona-Açu apresenta características de beneficiar o microclima local, o ambiente é potencial para interpretação ambiental, assim como para abrigar algumas espécies da fauna" (SILVA; SARAIVA; SILVA, 2022).

Vale ressaltar que novas trilhas estão sendo abertas, assim como novas placas de identificação ainda estão sendo implementadas para se tornar também um local de aprendizagem. A complementação dessas placas facilitará o trabalho em relação à divulgação

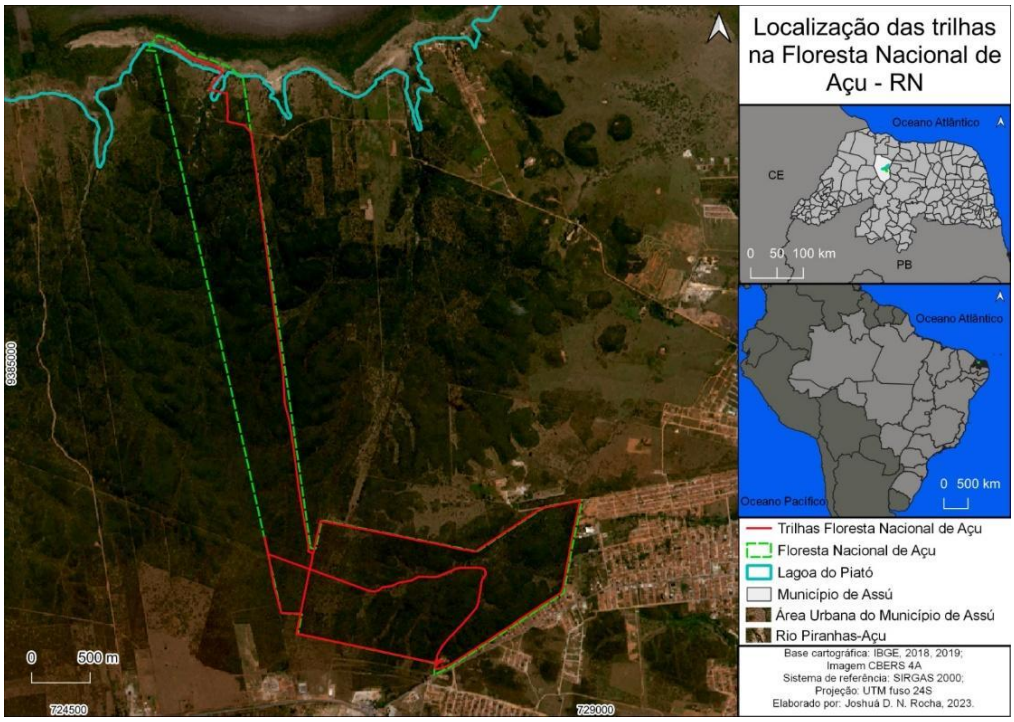
de informações para os turistas, no sentido de tanto ajudar na questão de proibições, como evitar que pessoas se percam no trajeto.

Diante disso, a utilização de Sistemas de Informações Geográficas – SIGs se torna necessária, visto que, ao realizar a integração de dados geográficos e a representação espacial de fenômenos, podem ser utilizados no mapeamento das trilhas e seus atrativos (DECANINI, 2001; SILVA; LIMA; PANCHAUD, 2016).

Considerando o exposto, a segunda etapa consistiu no trabalho de campo para a coleta de dados, onde realizou-se três expedições em conjunto com o chefe da FLONA. Esse processo/etapa, durante essas saídas, se utilizou de um receptor GNSS de mão, o modelo *Garmin Etrex 30*, para coletar dados ponto a ponto ao longo das trilhas, utilizando esses pontos de passagem como guias para a criação em ambiente SIG das trilhas.

A partir disso, foi realizada a tabulação dos dados georreferenciados, extraindo do arquivo *GPX* os pontos de passagens, para que fosse utilizada a ferramenta de adesão de pontos, permitindo a criação das linhas que representam as trilhas dentro do *QGIS*, onde foi criado o mapa com a demarcação das trilhas na FLONA de Açu (Figura 7).

Figura 7 - Mapa do Levantamento das Trilhas da FLONA de Açu



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Mediante esse levantamento com o uso do geoprocessamento, nossas propostas de atividades e melhorias na trilha podem ser implementadas, como em relação às trilhas interpretativas guiadas e autoguiadas, tendo em vista que as informações ficarão disponíveis, além de permitir que pessoas com mobilidade reduzida, por exemplo, escolham a trilha que melhor se adequa ao seu perfil, de acordo seu próprio ritmo.

A partir disso, a sinalização de trilhas por meio de placas é de extrema importância e ainda pode levar conhecimento ao visitante e interpretação ambiental, principalmente, em trilhas autoguiadas (MARQUES; BARRETO; MARQUES, 2021). Para tal, as placas precisam ser claras e informativas, sendo interessante apresentar “textos em vários idiomas, com

perguntas abertas, encorajando os visitantes a pensar e solicitando que eles façam algo, por exemplo, “olhe para cima, para ver a copa de árvores” (NELSON, 2012).

Do mesmo modo, permitirá aos visitantes as informações sobre os principais pontos de contemplação, grau de dificuldade e as condições a serem encontradas, bem como o comportamento adequado dentro da unidade a fim de manter e conservar as trilhas, visando o uso sustentável destas, de maneira que não cause grandes impactos ao ambiente.

Conforme Vasconcellos (2006), o interesse pela implantação de trilhas interpretativas nas unidades de conservação nas várias regiões do país tem acompanhado o desenvolvimento tanto do ecoturismo, quanto da crescente estruturação da visitação. De modo que, para que isso aconteça, é interessante que o percurso disponha de emoção ao visitante durante todo o percurso, para que estes apreciem a área visitada como um todo (MAGRO; FREIXÊDAS, 1998).

Tratando da Educação Ambiental, na FLONA são desempenhados dois projetos: a “Escola na FLONA” e “FLONA na Escola”, subsidiado por alguns pesquisadores atuantes na FLONA com o apoio da UERN – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Esses dois projetos incentivam a participação de professores e estudantes de escolas públicas e privadas, o conhecimento sobre a FLONA, bem como a visitação.

Quando não se é possível a visitação, considerando a logística, para disseminar ainda mais o conhecimentos sobre a Unidade, é montada uma sala temática nas escolas que se dispõem a adentrar nessas discussões, muitas das vezes subsidiadas pelos graduandos da Universidade em seus Estágios Supervisionados, onde levam até as instituições características presentes na FLONA, para que os estudantes e comunidades conheçam a sua importância, uma vez que muitas pessoas ainda não aparentam ter o conhecimento sobre a Unidade, apesar dela ser localizada em área urbana.

Então, torna-se cada vez mais necessário trazer professores, estudantes e comunidades em geral para conhecer a Unidade, para intensificar cada vez mais esse trabalho de Educação Ambiental, haja vista que, como já foi mencionado, a FLONA de Açu apresenta um grande potencial nesse sentido, evidenciando a interpretação de elementos naturais e a importância da preservação e conservação da Caatinga.

Lembrando que estas atividades de visitação da comunidade escolar já estão sendo realizadas, como podemos ver na sequência de figuras 8, 9, 10 e 11 respectivamente:

Figura 8 - Visita de Professores e estudantes da UFRN

Fonte: Autores, 2023

Figura 9 - Estudantes de uma escola Municipal Cidade de Lajes/RN

Fonte: Autores, 2023

Figura 10 - Realização de Palestras

Fonte: Autores, 2023

Figura 11 - Estudantes de uma escola Estadual de Assú/RN realizando a trilha

Fonte: Autores, 2023

Tais atividades realizadas em Unidades de Conservação irão levar os estudantes e pesquisadores à realidade do meio ambiente, possibilitando a visualização do meio natural, conhecendo a sua importância de maneira mais satisfatória (OLIVEIRA; CORREIA, 2013).

Dessa forma, a construção de trilhas educativas na Unidade só tem a agregar no desenvolvimento de atividades na mesma. Conforme Costa e Oliveira (2018, p. 203), "uma trilha quando bem planejada, permite um olhar diferenciado aos aspectos naturais, com ênfase na observação, reflexão, e sensibilização pela conservação do meio físico-biótico, além de estímulo para a diversificação de atividades em seu percurso".

Todavia, também é preciso considerar o que Eisenlohr et al. (2013) discorre em seu estudo, que apesar da importância das trilhas para a conservação de ecossistemas, ainda se nota uma dificuldade em se encontrar trabalhos sobre os impactos ecológicos do uso público, tornando-se uma demanda necessária para realizar a avaliação e monitoramento dos impactos do uso das trilhas, como também, "a adoção de medidas de manejo, tais como o controle do número de visitantes e da largura das trilhas, e remoção das espécies exóticas invasoras" (EISENLOHR et al.. 2013, p. 415).

Mediante isso, os resultados finais proporcionarão imensos benefícios e avanços no desenvolvimento de atividades na FLONA, desempenhando um papel importante na gestão e conservação da biodiversidade presente. Além disso, nestas áreas, atividades de Educação Ambiental possuem o intuito de trazer mudanças no comportamento das pessoas em relação ao meio ambiente.

E para além disso, vale destacar a grande contribuição da utilização dos SIG no mapeamento das trilhas, abrindo possibilidades de criar variados cenários através da integração de diferentes informações, de maneira que, armazenadas, contribuem para que novos dados sejam produzidos, como a criação de novos mapas temáticos da Unidade de Conservação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da utilização do SIG foi possível realizar o levantamento de trilhas educativas na FLONA de Açu. Este levantamento serve de instrumento de Educação Ambiental, contribuindo na conservação dos aspectos ambientais, sociais e culturais da área protegida.

Tomando como base a utilização do geoprocessamento, o estudo servirá de base para a implantação de novas trilhas e o planejamento de novas atividades, proporcionando aos visitantes uma vivência e percepção do ambiente, contemplando a importância da preservação e conservação da natureza, ademais, a caminhada na trilha deve estar aliada a atividades que busquem um aprendizado crítico das questões ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, J. O.; LIMA, V. R. P. (2021). Mapeamento das trilhas do Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba. **Anais do Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia**, Campina Grande, JP, Brasil, 20.

COSTA, N. M. C; OLIVEIRA, L. F. (2018). Trilhas: "Caminhos" para o geoturismo, a geodiversidade e a geoconservação. In: GUERRA, A. J. T; JORGE, M. C. O (Orgs). **Geoturismo, Geodiversidade e Geoconservação: abordagens geográficas e geológicas.** São Paulo: Oficina de Textos.

DECANINI, M. M. (2001). SIG no Planejamento de trilhas no Parque Estadual de Campos do Jordão. **Revista Brasileira de Cartografia**, 53, 97–110.

EISENLOHR, P. V. et al. (2013). Trilhas e seu papel ecológico: o que temos aprendido e quais as perspectivas para a restauração de ecossistemas?. **Hoehnea** 40(3): 407-418.

FERRARI, C. (2004). **Dicionário de urbanismo**. São Paulo: Disal. ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Açu**, Rio Grande do Norte, p. 1-62, 2019. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/plano-de-manejo/plano_de_manejo_floona_de_acu.pdf. Acesso em 25 set. 2023.

MAGRO, T. C.; FREIXÊDAS, V. M. (1998). Trilhas: como facilitar a seleção de pontos interpretativos. **Circular Técnica IPEF**, 186, 4-10.

MARQUES, J. D. O.; BARRETO, L. C. M. S; MARQUES, E.M. A. (2021). Trilhas interpretativas em unidade de conservação: espaço pedagógico para o ensino de ecologia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, 4(2), 882-913.

NELSON, S. P. (2012). Uso público nas unidades de conservação. In: CASES, M.O. **Gestão de Unidades de Conservação: compartilhando uma experiência de capacitação**. Brasília: WWF.

OLIVEIRA, A. P. L.; CORREIA, M. D. (2013). Aula de Campo como Mecanismo Facilitador do Ensino-Aprendizagem sobre os Ecossistemas Recifais em Alagoas. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, 6(2), 163-190.

SIMÕES NETO, J. C.; SOUSA, F. R. (2015). Trilha Ecológica como prática de Educação Ambiental no Cariri Cearense. **Anais do Congresso Nacional de Educação**, Campina Grande, PB, Brasil, 13.

SILVA, G. G. L.; LIMA, T. C.; PANCHAUD, L. (2016). Mapeamento e Classificação do Grau de Dificuldade da Trilha do Rancho Caído, Parque Nacional do Itatiaia (RJ). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, 9(2), 250–272.

SILVA, L. R.; SARAIVA, A. L. B. C.; SILVA, R. P. (2022). Trilhas Interpretativas e Educação Ambiental na Caatinga: Uma proposta para a Floresta Nacional de Açu - RN. **International Journal Semiarid**, 3(31), 178–202.

SILVA, M. M. et al. (2012). Trilha ecológica como prática de educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, 5(5), 705-719.

TOZZO, R. A.; MARCHI, E. C. (2014). Unidades de conservação no Brasil: uma visão conceitual, histórica e legislativa. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, 6(3), 508-523.

VASCONCELLOS, J. M. O. (2006). Educação e interpretação ambiental em unidades de conservação. **Cadernos de Conservação**, 3(4), 11-86.

EXPLORANDO A GEODIVERSIDADE E O POTENCIAL GEOTURÍSTICO DO TERRITÓRIO PARAIBANO – PROPOSTA GEODIDÁTICA

Carlos de Oliveira Bispo [(a)]***, Ítalo Rodrigo Paulino de Arruda*** [(b)]

[(a)] *Doutor em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, carlos.bispo@ufpe.br*

[(b)]*Programa de Pós-Graduação em Geociências –PPGEOC/CTG, Universidade Federal de Pernambuco, italo.arruda@ufpe.br*

Resumo: A diversidade de elementos naturais abióticos do Planeta Terra é compreendida como Geodiversidade. Muitos desses aspectos possuem beleza cênica e atrativa, possibilidade do desenvolvimento de um turismo sustentável, além do quesito científico e educacional. Com base nessas discussões, o presente trabalho tem como objetivo explorar a geodiversidade e o potencial geoturístico da Paraíba, utilizando Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), com vistas à promoção de suas riquezas naturais em harmonia com a conservação e a educação ambiental nos ambientes formais de ensino. Isso será feito por meio de uma sequência geodidática aplicada a uma turma do 9º ano do ensino fundamental II de uma Escola estadual no município de Bayeux – PB. A metodologia baseou-se em informações quali-quantitativas com foco na análise da geodiversidade, potencial geoturístico e sustentabilidade ambiental no estado da Paraíba. Buscou-se descrever e explicar os conteúdos, por meio de coletas documentais, exploratórias e visitas virtuais a roteiros geoturísticos, utilizando TDICs como *softwares* de geolocalização (*Google Earth Online* e *Google maps*) e vídeos no *Youtube*. O trabalho permitiu apresentar a diversidade dos elementos naturais e o potencial turístico do estado da Paraíba como proposta didática interdisciplinar no Ensino Fundamental II, resultando em experiências exitosas e no protagonismo juvenil.

Palavras-chave: Geoeducação; Sustentabilidade; Paraíba.

Abstract: The diversity of abiotic natural elements on Planet Earth is understood as Geodiversity. Many of these aspects have scenic and attractive beauty, the possibility of developing sustainable tourism, in addition to scientific and educational aspects. Based on these discussions, the present work aims to explore the geodiversity and geotouristic potential of Paraíba, using Digital Information and Communication Technologies (TDICs), with a view to promoting its natural riches in harmony with conservation and environmental education in the formal teaching environments. This will be done through a geodidactic sequence applied to a 9th year class of elementary school II at a state school in the city of Bayeux – PB. The methodology was based on qualitative and quantitative information focusing on the analysis of geodiversity, geotourism potential and environmental sustainability in the state of Paraíba. We sought to describe and explain the contents, through documentary, exploratory collections and virtual visits to geotouristic itineraries, using TDICs such as geolocation software (Google Earth Online and Google maps) and videos on YouTube. The work made it possible to present the diversity of natural elements and the tourist potential of the state of Paraíba as an interdisciplinary didactic proposal in Elementary School II, resulting in successful experiences and youth protagonism.

Keywords: Geography Education; Sustainability; Paraíba.

INTRODUÇÃO

Na paisagem geográfica, é comum identificarmos elementos naturais que possuem beleza cênica e se tornam atrativos para o turismo local, que, em boa parte, não possui planejamento e ordenamento territorial voltados aos fins de utilização consciente e manejos de conservação. Na realidade do Nordeste do Brasil, são poucos os espaços que estão baseados na sustentabilidade ambiental e na geoconservação.

Essas rugosidades espaciais são compreendidas na literatura como elementos abióticos (sem vida) e permitem uma dinâmica ativa com os elementos bióticos (com vida). Portanto, a água, o solo, o relevo, as rochas, os sedimentos e outros, são definidos como elementos da geodiversidade (diversidade de elementos da Terra, sem vida) e o grande grupo de fauna e flora são definidos como elementos da

biodiversidade (diversidade dos elementos com vida). Assim, o presente estudo está ligado às discussões que versam sobre a geodiversidade e temáticas relacionadas.

Assim, a geodiversidade pode ser entendida como tudo o que se refere às diferentes formações geológicas, paisagens, solos, rochas e recursos naturais presentes no território (GRAY, 2004; BRILHA, 2005; GUIMARÃES, 2016). Ao explorar a geodiversidade local, é possível identificar áreas de relevância geológica e geográfica, beleza cênica e significado científico de grande relevância, promovendo a consciência e a sustentabilidade ambiental.

Conforme Arruda *et al.* (2023), a geoconservação, quando compreendida, proporciona o desenvolvimento de ações voltadas para a conservação dos elementos naturais. Ainda segundo os autores, é importante utilizar o geoturismo, pois ele está voltado para o desenvolvimento de um turismo sustentável, racional e ecológico com o objetivo de utilizar, divulgar, valorizar e conservar os elementos naturais do meio abiótico.

Pensando na compreensão da dinâmica do espaço geográfico para a sala de aula, idealizou-se o desenvolvimento de uma sequência didática, dentro do viés da geoeducação, com o objetivo de explorar a geodiversidade e o potencial geoturístico do território paraibano em uma escola da rede estadual proporcionado aulas exitosas, dinâmicas e bastantes atrativas.

Temáticas relacionadas à sustentabilidade e ao meio ambiente estão interligadas e devem fazer parte do cotidiano escolar, sendo tratadas como temas transversais (PCNs, 1998), que integram conteúdos básicos do currículo de Geografia no ensino básico (BNCC, 2017). Foi dado ênfase na parte diversificada do currículo, estabelecendo como meta fomentar a aprendizagem dos estudantes sobre a realidade vivenciada por eles no estado da Paraíba, conforme recomendações dispostas na Proposta Curricular do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 2020).

Dessa forma, o presente trabalho justifica-se diante da necessidade de elevar essa discussão envolvendo geodiversidade, geoconservação, geoturismo e valorização do espaço geográfico para sala de aula como temática transversal e interdisciplinar. Reconhece-se a importância de formar na sociedade cidadãos conscientes e com senso crítico aguçado, assegurando a utilização racional dos ambientes bióticos e abióticos e a preservação/conservação desses elementos para futuras gerações.

Portanto, o objetivo geral é explorar a geodiversidade e o potencial geoturístico da Paraíba por meio de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) com vistas à promoção de suas riquezas naturais em harmonia com a conservação e a educação ambiental. Isso será feito por meio de uma sequência geodidática aplicada a uma turma do 9º ano do ensino fundamental II de uma Escola estadual no município de Bayeux – PB.

MATERIAL E MÉTODO

Este artigo está fundamentado na abordagem pedagógica construtivista (SOLÉ; COLL, 2006; ZABALA, 2007). Pois, enxerga-se o ensino-aprendizagem como construção de conhecimento em que o estudante atua como sujeito ativo. Adotou-se as metodologias ativas como meios de estimular os estudantes em um processo contínuo de aprendizagem.

Nesse contexto, os estudantes de uma turma do 9º ano do ensino fundamental (totalizando 19 estudantes) da Escola Estadual de Ensino Fundamental Getúlio Vargas, no município de Bayeux, região metropolitana de João Pessoa, na Paraíba, reuniram informações quali-quantitativas sob a supervisão do professor de Geografia (primeiro autor). O foco da pesquisa foi a análise da geodiversidade, do potencial geoturístico e da sustentabilidade ambiental no estado da Paraíba. A abordagem envolveu a descrição e explicação dos conteúdos, utilizando coletas documentais, exploratórias e visitas virtuais a roteiros geoturísticos. Foram utilizadas TDICs, como *softwares* de geolocalização (*Google Earth Online* e *Google maps*) e vídeos no *Youtube*.

A proposta didática seguiu um roteiro metodológico em cinco etapas, descritas a seguir:

i) A primeira etapa da proposta geodidática aconteceu em sala de aula e envolveu a aplicação de questionários na turma participante. O objetivo foi averiguar o grau de conhecimento inicial que a turma possuía sobre aspectos da geodiversidade e do geoturismo da Paraíba.

ii) Realizou-se um levantamento bibliográfico, consultando textos em livros, artigos e vídeos. Esse levantamento tinha como propósito apresentar à comunidade escolar os principais elementos da geodiversidade da PB, destacando a importância do turismo sustentável e a necessidade de uma educação de qualidade, justa, inclusiva e acessível a todos, com base nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) no contexto da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU).

iii) Foram conduzidas aulas expositivas dialogadas, utilizando *softwares*/aplicativos geotecnológicos como o *Google Earth online* e *Google Maps*, bem como vídeos do *Youtube* para explorar os locais ricos em geodiversidade no território paraibano, destacando-se o protagonismo dos jovens nas ações que voltadas para a sustentabilidade ambiental. Durante essa etapa, foram utilizados *notebook*/*datashow* e celulares para explorar os pontos geoturísticos de interesse.

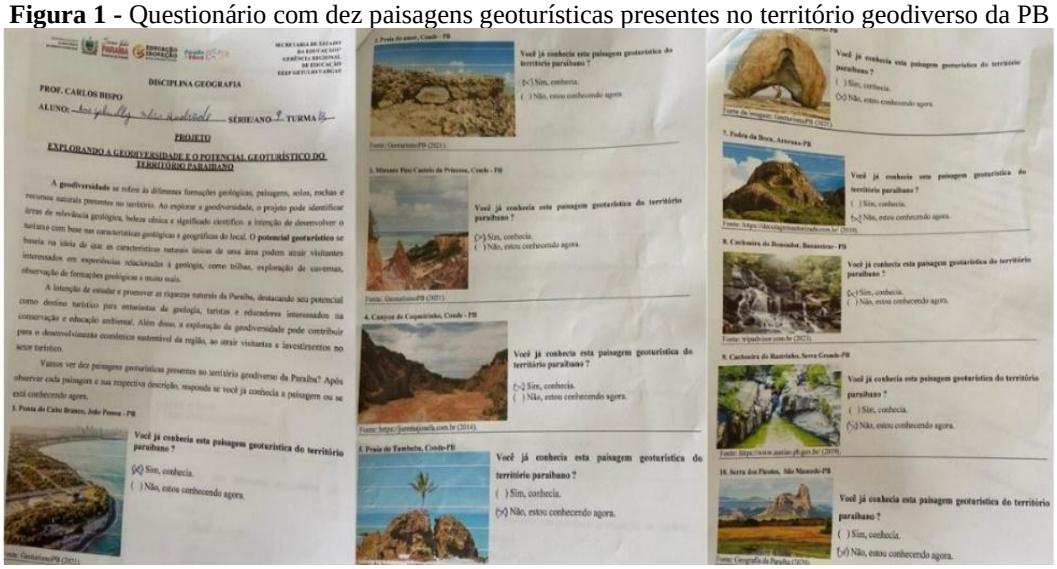
iv) Foi promovido um bate-papo com um pesquisador especializado na temática da geodiversidade/sustentabilidade ambiental, que realiza pesquisa de doutorado na UFPE.

v) Os estudantes foram responsáveis pela elaboração e apresentação de cartazes informativos sobre locais ricos em geodiversidade no estado da Paraíba à toda comunidade escolar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa da proposta geodidática ocorreu em sala de aula e envolveu a aplicação de questionários (Figura 1) na turma participante. O objetivo dessa etapa foi avaliar o nível de conhecimento inicial que a turma possuía sobre aspectos da geodiversidade (elementos físico-naturais) e do turismo da Paraíba. Essa ação tornou-se instrumento chave para que pudéssemos, em termos de comparação, medir o progresso e as habilidades adquiridas com a utilização dessa sequência didática.

Figura 1 - Questionário com dez paisagens geoturísticas presentes no território geodiverso da PB

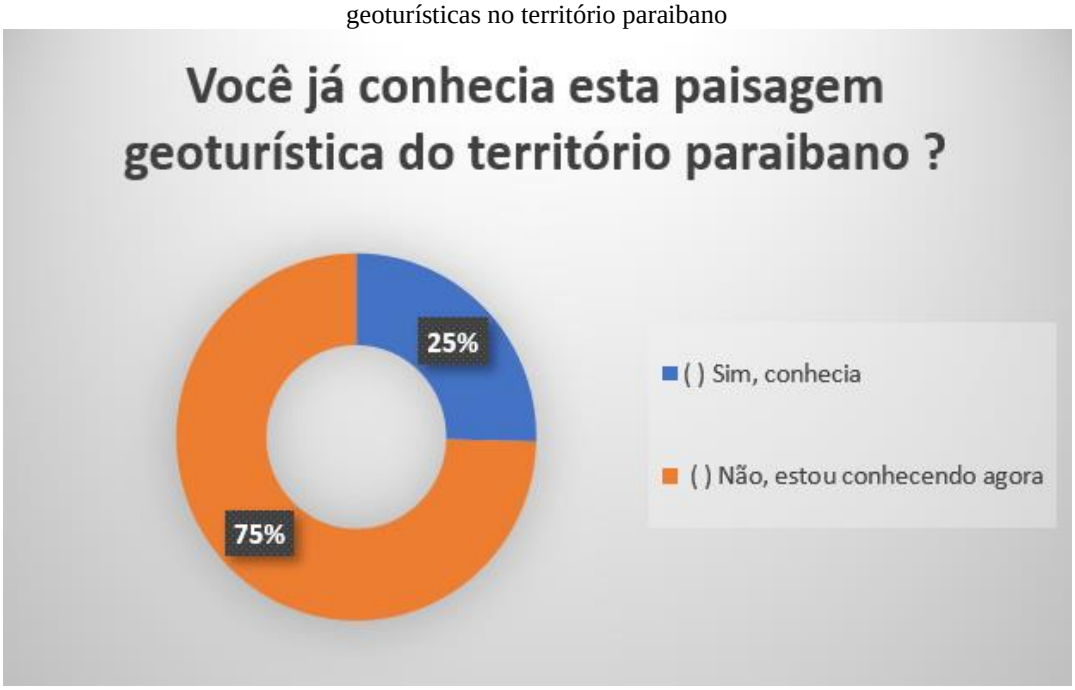


Fonte: Autores (2023).

Durante a aplicação do questionário, 19 estudantes estavam presentes e observaram as dez paisagens que representam pontos selecionados da geodiversidade e de polos turísticos da Paraíba. O material foi preparado para que, ao lado de cada figura/paisagem apresentada, o(a) aluno(a) pudesse fazer uma reflexão, respondendo à pergunta: "Você já conhecia esta paisagem turística do território paraibano?" As opções de resposta eram "Sim, conhecia" ou "Não, estou conhecendo agora".

Na tabulação dos dados, verificou-se que houve 48 respostas “Sim, conhecia” (aproximadamente 25%) e 142 respostas de “Não, estou conhecendo agora” (aproximadamente 75%). (Figura 2).

Figura 2 - Gráfico sintetizando o grau de conhecimento que os estudantes possuíam sobre paisagens geoturísticas no território paraibano



Fonte: Autores (2023).

A partir dos dados apresentados, percebe-se que, inicialmente, a turma não possuía um conhecimento amplo das paisagens geodiversas que compõem o território paraibano. Apenas cerca de 25% do total de paisagens foi reconhecido pelo conjunto de estudantes participantes. Isso reforça a análise empírica realizada pelo professor desde o início do ano letivo, indicando que os estudantes precisavam conhecer mais sobre a realidade local.

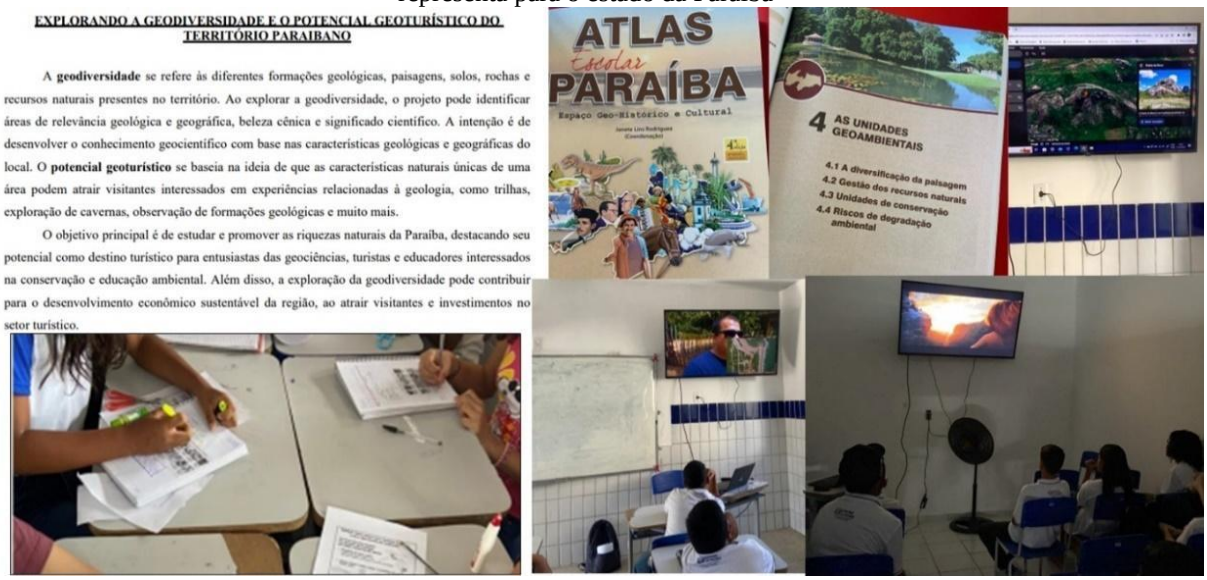
Reforça-se a necessidade de aulas de campo na realidade local, para que os alunos possam compreender a dinâmica do território ao qual pertencem, expandindo assim sua visão de mundo. Santos e Buriti (2020) destacam a importância da aula de campo no processo de ensino e aprendizagem em Geografia. Quando os alunos conseguem analisar, identificar e compreender a atuação dos fenômenos naturais e antrópicos na paisagem de forma objetiva e concreta, as possibilidades de aprendizagem ampliam-se, proporcionando a construção do conhecimento com significado de pertencimento.

Essa perspectiva está respaldada pela Base Nacional Comum Curricular – BNCC (2017) recomenda que os estudantes reconheçam a complexidade das interações socioambientais em diferentes escalas geográficas, que vão desde o nível local até o global, passando pelo regional e nacional. Nesse sentido, foi empregada a parte diversificada do currículo, adotando-se a Proposta Curricular do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 2020). Ainda como documento normativo, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, 9.394/96-LDB expõe a importância de se trabalhar na sala de aula conteúdos com recursos que permitam o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.

Após constatar que os estudantes precisavam conhecer mais sobre a geodiversidade do território paraibano, passou-se para a fase de levantamento bibliográfico, consultando textos em livros, artigos e vídeos sobre a temática da pesquisa. Nesta etapa, houve um direcionamento para conteúdos que demonstrassem a interdisciplinaridade da Geografia com disciplinas de outras áreas, como Português e Matemática. Além disso, estimulou-se um olhar mais atencioso ao espaço geográfico local, já que muitas vezes, por falta de conhecimento e discussões na própria escola, o aluno não reconhece as grandezas

paisagísticas de seu próprio território. Na Figura 3, há exemplos de textos e vídeos discutidos com os estudantes sobre a temática geodiversidade/geoturismo e sustentabilidade ambiental.

Figura 3 - Discussões a partir de textos e vídeos, visando compreender o que é a geodiversidade e o que ela representa para o estado da Paraíba



Fonte: Autores (2023).

A fim de enriquecer ainda mais a sequência geodidática, pensou-se no uso de TDICs atreladas à localização espacial e identificação de unidades do relevo/da paisagem. De acordo com Oliveira e Diniz (2015) o uso das geotecnologias em sala de aula é louvável e torna-se complemento fundamental aos conteúdos que necessitam de algo mais concreto. Portanto, foram utilizados aplicativos geotecnológicos como o *Google Earth Online* e o *Google Maps*, além de vídeos do *Youtube* para explorar os locais ricos em geodiversidade no território paraibano (Figuras 4 a 7).

Figura 4 - Estudantes calculando rotas para pontos geoturísticos do estado da Paraíba com uso de aplicativo de geolocalização no celular (Pontos geoturísticos pesquisados: Ponta do Seixas – João Pessoa; Castelo da Princesa – Conde; Pedra da Boca – Araruna)

Fonte: Autores (2023).

Figura 5 - Template do *software Google Earth Online* com imagens de satélite de alta definição em 3D possibilitando explorar os pontos geoturísticos (pontos geoturísticos mostrados: Ponta do Seixas – João Pessoa; Castelo da Princesa – Conde; Canyons da Praia de Coqueirinho – Conde; Pedra da Boca – Araruna)

Fonte: Imagens do Google Earth Pro, organizado pelos Autores (2023).

Figura 6 - Conhecendo o território paraibano, com auxílio do software Google Earth *Online*. A) Lajedo do Pai Mateus – município de Cabaceiras. B) Pedra da Boca – Araruna. C) Praia do amor – Conde. D) Ponta do Seixas – João Pessoa

Fonte: Imagens do Google Earth Pro, organizado pelos Autores (2023).

Figura 7 - Conhecendo o território paraibano, a partir de vídeos do Youtube. A) Castelo da Princesa –do Conde. B) *Canyons* da Praia de Coqueirinho – Conde

Fonte: Autores (2023).

Arruda e Guimarães (2019) defendem o uso das novas tecnologias como ferramenta de auxílio na construção dos conhecimentos das Geociências, com ênfase na Geografia Física, de forma mais lúdica e didática em sala de aula. Portanto, sabe-se da importância da utilização dessas ferramentas no ensino e aprendizagem sobre geodiversidade e atuação antrópica.

O uso dessas TDICs aconteceu de forma concomitante em meio as aulas expositivas dialogadas e debates sobre a importância de conservar a geodiversidade, ressaltando o protagonismo dos jovens nas ações voltadas à sustentabilidade ambiental (Figura 8). Conforme apontado por Anastasiou e Alves (2015), a abordagem da aula expositiva dialogada visa transcender a tradicional palestra do professor, promovendo o envolvimento ativo dos estudantes nas atividades em sala de aula.

Figura 8 - Aula expositiva dialogada "conhecendo o território da Paraíba" com uso de recursos digitais para apresentar mapas e vídeos sobre características da geoambientais da PB. A) Mapa dos principais pontos geoturísticos da Paraíba. B) Vídeo institucional da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) sobre geodiversidade e conservação ambiental

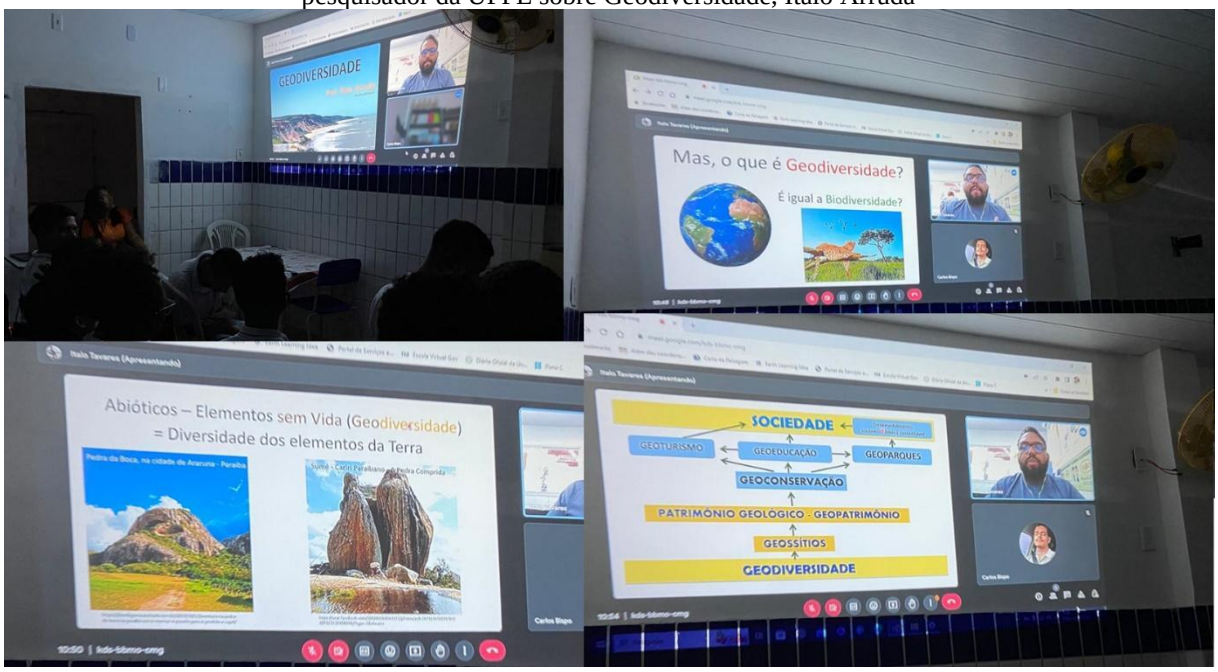
Fonte: Autores (2023).

Reforça-se que as aulas tiveram o propósito de estimular a consciência socioambiental dos estudantes em relação às medidas de conservação das paisagens paraibanas, além de destacá-los como protagonistas na sociedade. Conforme Oliveira (2013), a Geografia é uma ciência que estuda diretamente as dinâmicas do espaço geográfico. Ela oferece ao ser humano a oportunidade de promover um planejamento sustentável de suas intervenções, tanto diretas quanto indiretas na natureza, possibilitando a minimização dos impactos ambientais.

Para complementar os conhecimentos e esclarecer dúvidas sobre o que é geodiversidade e a abrangência das temáticas norteadoras, foi realizado um bate-papo envolvendo os estudantes e um pesquisador da temática da geodiversidade/sustentabilidade ambiental, que realiza pesquisa de doutorado na Universidade Federal de Pernambuco (Figura 9).

Esse encontro foi crucial para que os alunos pudessem compreender a diferença entre biodiversidade (fauna e flora) e geodiversidade (elementos naturais, sem vida, da Terra). Eles também puderam entender a importância de discutir a geodiversidade dentro da sala de aula, atrelada aos temas de geoturismo, geoconservação e geoeducação. Além disso, foi ressaltada a diferença entre conservar e preservar, destacando a importância da comunidade local em garantir, por meio da geoconservação, os elementos da paisagem para as futuras gerações.

Figura 9 - Bate papo com os estudantes de forma síncrona (ao vivo) via *Google Meet* com o professor pesquisador da UFPE sobre Geodiversidade, Ítalo Arruda



Fonte: Autores (2023).

Após a palestra, em aula posterior, os estudantes foram estimulados a analisar o ambiente em que vivem, conhecer o lugar e suas paisagens (categorias chave da Geografia). Com isso eles puderam refletir sobre o meio em que vivem e a importância da conservação e preservação da natureza e sua geodiversidade. Foi solicitado que todos começassem de sua casa e expandissem aos poucos o território. Pediu-se também que eles identificassem, por meio de suas viagens intermunicipais e/ou interestaduais elementos chaves/físicos da paisagem que se destacam na paisagem e de áreas adjacentes.

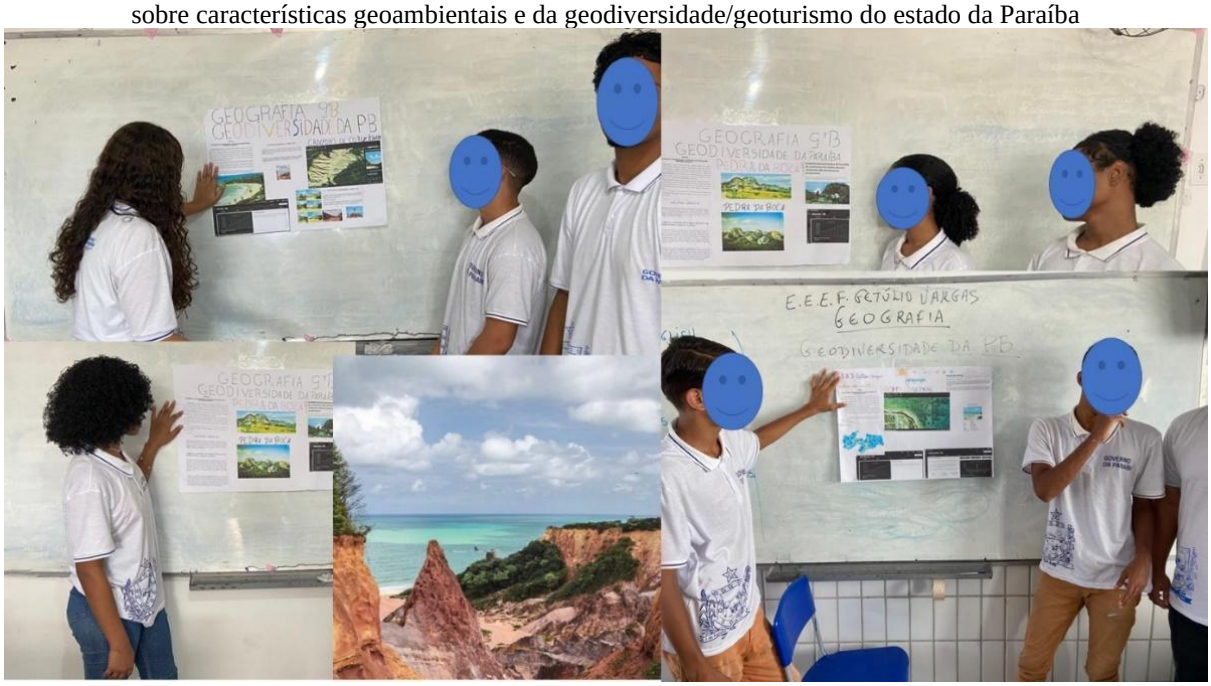
Na fase cinco da sequência geodidática, reconhecendo a importância de estimular e criar oportunidades para destacar o protagonismo desses jovens, e permitir que o senso crítico social, político, econômico e ambiental seja aguçado, ocorreu a elaboração e apresentação de seminários com cartazes informativos sobre locais ricos em geodiversidade no estado da Paraíba. Nesta etapa do projeto, os estudantes foram incentivados a realizar pesquisas e elaborar textos sobre geodiversidade e sustentabilidade ambiental, promovendo a interdisciplinaridade com a disciplina de Língua Portuguesa (Figuras 10 a 11).

Pesquisas realizadas por Arruda *et al*. (2023) destacam que é nos ambientes formais, (nas escolas), que a conscientização e aplicação de conceitos relacionados à geodiversidade e sustentabilidade ambiental precisam ocorrer. Isso pode ser alcançado por meio da geoeducação, com objetivos educativos, didáticos e interdisciplinares, proporcionando experiências únicas.

Figura 10 - Alguns estudantes elaborando cartazes informativos sobre características geoambientais e da geodiversidade/geoturismo do estado da Paraíba

Fonte: Autores (2023).

Figura 11 - Algumas apresentações de cartazes informativos em formato de seminário, resultado das pesquisas sobre características geoambientais e da geodiversidade/geoturismo do estado da Paraíba



Fonte: Autores (2023).

CONCLUSÃO

Ao final das etapas da sequência didática, observaram-se vários resultados significativos, como o aumento do conhecimento. Os estudantes adquiriram um entendimento substancial sobre a geodiversidade da Paraíba e a importância do geoturismo como recurso econômico e educacional. É notável como os estudantes tornaram-se mais envolvidos e entusiasmados com a disciplina de Geografia e demais áreas afins.

Desta forma, o objetivo de explorar a geodiversidade e o potencial geoturístico da Paraíba com vistas à promoção de suas riquezas naturais em harmonia com a conservação e a educação ambiental foi atingido com êxito. Destaca-se a participação social dos estudantes nas pesquisas científicas voltadas para a disseminação de conhecimentos sobre sustentabilidade ambiental, resultando na produção de conteúdos informativos, educacionais e de comunicação.

Todo o percurso trilhado, desde a preparação pedagógica dos estudantes no que se refere aos conhecimentos relacionados à Geodiversidade, Geoturismo, Sustentabilidade e análise das relações entre as variáveis ambientais e as relações sociais até a execução de atividades exploratórias virtuais, destaque para o *software Google Earth Online e Google Maps*, possibilitou oferecer aos estudantes melhores informações sobre a temática.

Houve algumas dificuldades ao longo do desenvolvimento dessa didática, sendo a principal relacionada à falta de um laboratório de computação equipado para a utilização de softwares específicos. O professor precisou levar o *notebook* pessoal para ajudar na agilização da pesquisa. Além disso, nem todos os estudantes possuíam celular para fazerem as atividades; nesses casos, sugeriu-se formar duplas para oportunizar a participação de todos.

Considera-se que a proposta de intervenção executada ao longo do projeto foi de suma importância para despertar nos estudantes o interesse em conhecer o próprio espaço vivido, dando ensejo a atitudes de conservação ambiental e cultura de sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, conseguiu-se abordar assuntos com enfoque na realidade dos estudantes, inserindo o mundo real no contexto da sala de aula, conforme orientam a BNCC e a Proposta Curricular da Paraíba.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam agradecimento à Secretaria de Estado da Educação da Paraíba, à Universidade Federal de Pernambuco, ao Dep. de Geografia, ao Grupo de Estudos em Mapeamento Geomorfológico e do Quaternário Continental (GEODEQC), ao Grupo de Pesquisa em Geotecnologias Aplicadas à Geomorfologia de Encostas e Planícies, ambos do Laboratório de Geomorfologia e Geotecnologias da UFPE, e ao Grupo de Pesquisa em Geodiversidade de Pernambuco – UFPE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANASTASIOU, L.G.C.; ALVES, L.P. (2015). **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. 10.ed. Joinville, SC: Editora Univille.

ARRUDA, Ítalo R. P.; LIMA, G. R.; LISTO, D. G. S.; MARIANO, G.; GUIMARÃES, T. O. (2023). Proposta de geoconservação no distrito de Fazenda Nova, Brejo da Madre de Deus, Pernambuco, NE do Brasil. **Geologia USP**. Série Científica, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 87-98.

ARRUDA, I. R. P. de; GUIMARÃES, T. de O. (2019). O USO DO SOFTWARE MICRODEM COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE GEOGRAFIA FÍSICA. **Revista Ensino De Geografia (Recife)**, 2(3), 63–79. https://doi.org/10.51359/2594-9616.2019.242761.

BRASIL**.** (2017). **Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** Brasília, MEC/CONSED/UNDIME.

BRASIL. (1998). **Parâmetros curriculares nacionais**: Geografia/Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF.

BRILHA, J. B. R. (2005). **Património Geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. São Paulo: Palimage.

CARAVELA. **Dados socioeconômicos do Brasil**. 2023. Disponível em: < https://www.caravela.info/>. Acesso em: 23 out. 2023.

DELORS, J. (2003). **Educação um tesouro a descobrir**. Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre a Educação para o Século XXI. 6. ed. Tradução José Carlos Eufrázio. São Paulo: Cortez.

FONSECA, J. J. S.; MOURA, A. A. (2015). A aprendizagem invertida em educação a distância. In: CONGRESSO INTERNACIONAL ABED DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (CIAED), 21. Bento Gonçalves, 2015. **Anais...** Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Educação a Distância.

GRAY, M. (2004). **Geodiversity — Valuing and Conserving Abiotic Nature**. New York: John Wiley and Sons.

GUIMARÃES, T. O. (2016). **Patrimônio geológico e estratégias de geoconservação: Popularização das geociências e desenvolvimento territorial sustentável para o Litoral Sul de Pernambuco (Brasil).** Tese de Doutorado UFPE.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao>. Acesso em: 23 set. 2023.

SANTOS, A. F. Leite dos; BURITI, M. M. dos Santos. (2020). IMPORTÂNCIA DA AULA DE CAMPO NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE GEOGRAFIA. **Revista GeoUECE**, [S. l.], v. 9, n. 16, p. 181–194.

OLIVEIRA, G. P. DINIZ, M. T. M. (2015) O software MicroDEM como recurso didático para o ensino de Geomorfologia. **REGNE**, Vol. 01. Nº 2.

OLIVEIRA, É. H. (2013). **A Utilização das Geotecnologias no Ensino de Geografia**. Monografia (Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (2015). **Agenda 2030. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).** Estados Unidos.

PARAÍBA. **Proposta Curricular do Estado da Paraíba.** Comissão Estadual de Implementação da Base Nacional Comum Curricular. Governo da Paraíba. Disponível em:< http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/curriculos_estados/documento_curricular_pb.pdf.>Acesso em: 01 nov. 2023.

RODRIGUES, A. P.; REIS, C. M. M. (2014). Diagnóstico ambiental e identificação de impactos no bairro do Baralho, Bayeux- PB. **Anais...** VII CBG, Vitória-ES.

SOLÉ, I. COLL, C. (2006). Os professores e a concepção construtivista. In: COLL, Cesar. *et al*. **O construtivismo na sala de aula**. São Paulo: Ática, 2006.

ZABALA, A. (2007). **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed.

O GOOGLE EARTH PRO COMO FERRAMENTA PARA ESTUDOS RELACIONADOS A GEOGRAFIA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Larissa Furtado Lins dos Santos 1[(a)], João Eduardo Martins Silva 2[(b)], Igor Gustavo Ferreira de Oliveira 3[(c)], Rafaela Melissa Andrade Ferreira 4[(d)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, larissa.furtado@ufpe.br
[(b)]Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e tecnologia da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco, joao.jems@ufpe.br
[(c)]Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, igor.gfoliveira@ufpe.br
[(d)] Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná. rafaela.andrade@ufpr.br

Resumo: O avanço da tecnologia no mundo globalizado permitiu o surgimento de vários métodos, técnicas e também instrumentos que auxiliam na construção de conhecimentos. A inserção dessas alternativas no ensino das mais variadas disciplinas no ambiente escolar consiste na melhor maneira de proporcionar aos estudantes uma aprendizagem ativa, transmitindo conhecimento através da associação com a realidade vivida por eles. O principal objetivo deste artigo consiste em construir um referencial teórico utilizando como base alguns trabalhos que empregaram as funcionalidades associadas ao software gratuito Google Earth Pro, aplicando-as ao ensino de geografia. Neste sentido, tem como objetivo servir como um apoio norteador repleto de sugestões para professores da rede pública e privada que desejam incorporar as geotecnologias ao ensino de geografia.

Palavras-chave: Tecnologia, Mundo globalizado, Google Earth Pro, Geotecnologias, Ensino de geografia.

Abstract: Such format must be strictly followed, according to the standardization of the official MapGeo e-book. The advancement of technology in the globalized world has allowed the emergence of various methods, techniques and also instruments that help in the construction of knowledge. The insertion of these alternatives in the teaching of the most varied disciplines in the school environment is the best way to provide students with active learning, transmitting knowledge through association with the reality experienced by them. The main objective of this article is to build a theoretical framework using as a basis some works that used the functionalities associated with the free software Google Earth Pro, applying them to the teaching of geography. In this sense, it aims to serve as a guiding support full of suggestions for public and private school teachers who wish to incorporate geotechnologies into the teaching of geography.

Keywords: Tecnology, Globalized world, Google Earth Pro, Geotechnologies, Geography teaching.

INTRODUÇÃO

O processo de inserção das tecnologias no ambiente escolar foi gradativo, desde que iniciamos a nossa vivência na chamada era digital e das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). A chegada da pandemia associada a COVID-19 impulsionou esse processo, pois também trouxe consigo a busca por alternativas para dar continuidade ao ano letivo, através do ensino remoto. Neste contexto, ferramentas inéditas foram sendo buscadas como alternativas para contribuir com o ensino neste cenário, servindo como subsídios poderosos para o ensino de determinados conteúdos, nas mais variadas disciplinas.

Levando em consideração o cenário atual, é possível dizer que uma parcela significativa da população mundial se encontra conectada através da tecnologia. *Smartphones*, computadores, aplicativos de relacionamento, redes sociais e etc., fazem parte do cotidiano dessas pessoas, sobretudo crianças e adolescentes. Além disso, os aplicativos que utilizam da geolocalização também se tornaram cada vez mais presentes no dia a dia da população. Apesar disso, inserir essas ferramentas no processo de ensino ainda é um desafio para uma parte considerável dos profissionais de educação, devido a inúmeros fatores.

Neste sentido, este artigo irá abordar o uso do *software* gratuito *Google Earth Pro* como ferramenta para o ensino de conteúdos associados as aulas de geografia do ensino fundamental (anos finais) e ensino médio. Serão exemplificados alguns conteúdos que podem ser trabalhados a partir dessas ferramentas, bem como as ferramentas disponíveis nesse *software* que servem como suporte para o ensino de geografia. Dessa maneira, a pesquisa ora proposta irá servir como apoio importante para os professores da rede pública e privada de ensino, que necessitem trabalhar os conteúdos aqui descritos e baseados na utilização do *Google Earth Pro*.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção deste trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico acerca do tema, através da leitura de diversos artigos, teses e dissertações já publicados anteriormente. Após esse levantamento, foi realizado o manuseio das ferramentas disponíveis no programa, a fim de compreender suas principais funcionalidades, além de saber de que forma os recursos seriam melhor empregados durante as aulas de geografia e associados aos conteúdos.

Essa proposta metodológica foi pensada com base no emprego dos três momentos pedagógicos, que se divide em: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

1) O primeiro momento tem como objetivo instigar o aluno, é quando o professor precisa apresentar questionamentos e situações para levantar a discussão, associando o conteúdo trabalhado a situações do cotidiano. É um momento extremamente importante, pois associa os saberes prévios dos estudantes à necessidade de obter novos conhecimentos no decorrer da aula.
2) O segundo tem como objetivo a sistematização das informações obtivas no primeiro momento, tendo como foco compreender o tema e problematizar, com a mediação do professor responsável.
3) O último momento consiste na aplicação do conhecimento a partir da interpretação e resolução das situações propostas no início, além das novas, que surgiram durante o processo, que agora podem ser explicadas. É nesta fase que os estudantes podem utilizar as ferramentas do software para produzir mapas como resultados dos conhecimentos obtidos.

RESULTADO E DISCUSSÃO

O Google Earth Pro

O Google Earth é um programa que foi desenvolvido a partir do *Earth View*, criado pela empresa *Keyhole, Inc*, comprada pela *Google* em 2004. No ano seguinte, o aplicativo foi relançado com um novo nome, *Google Earth*, e só então passou a ser disponibilizado para uso em computadores pessoais. O surgimento desse *software* representou um grande marco na disponibilização de informações espaciais, sendo um grande símbolo da viabilização gratuita de imagens derivadas de sensores remotos derivados de satélites. Este momento foi extremamente importante, pois as imagens deixaram de ser disponibilizadas apenas para um grupo seleto de pessoas, estando agora a serviço de todos que possuem *internet* (SANTOS et al., 2019). Allen (2009) aponta ainda que este marco representou uma maneira revolucionária de observar a Terra.

Este *software* conta com três versões, a saber: o *Google Earth* para *web*, *Google Earth* para dispositivos móveis e o *Google Earth Pro*, para ser usado em computadores, sendo todas as versões gratuitas. Neste artigo em específico as discussões estarão centralizadas no *Google Earth Pro*. O que o diferencia das versões citadas anteriormente é a disponibilidade maior de ferramentas, aumentando o as suas possibilidades de uso.

A versão escolhida possui imagens com acurácia vertical de 30 metros e horizontal de 90 metros, que são geradas através de dados obtidos a partir do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 1 arco-minuto. Devido a essas características, é possível trabalhar as imagens em diversas escalas de detalhe, sendo importante salientar que a aproximação não reduz a qualidade das imagens oferecidas, mantendo a resolução e aumentando a quantidade de detalhes.

A interface simples, associada a disponibilidade de inúmeros recursos para a manipulação de imagens de satélite de alta resolução tanto em duas, quanto em três dimensões, tornam esse software uma poderosa ferramenta a ser utilizada em ambiente corporativo e também para fins acadêmicos. Além disso, a linguagem de fácil acesso é um fator facilitador para a aplicabilidade desses recursos em ambiente escolar. É importante salientar ainda que as imagens disponibilizadas gratuitamente também são apresentadas com referenciais históricos, sendo possível observar a mesma paisagem em anos diferentes. Algumas outras ferramentas estão associadas a inserção de elementos nas imagens (pontos, linhas e polígonos), sendo possível criar diversos mapas temáticos.

Assim, Santos et. al. (2019) reitera que os dados do *software* são armazenados em formato vetorial, denominado *Keyhole Markup Language* (KML), sendo sua extensão representada por .kml ou .kmz. Conforme Brown (2006) in Lopes (2009), as entidades geométricas desse tipo de armazenamento de imagens podem ser pontos, linhas, polígonos ou qualquer que seja a combinação destes. Pode ter ainda um único arquivo que tenha os três tipos de feições geométricas. Além disso, é possível ainda salvar as imagens geradas em formato JPEG, atribuindo à imagem a qualidade desejada pelo autor, que tem o poder de ajustá-la conforme sua necessidade.

Ainda conforme as autoras, é possível tanto exportar quanto importar dados do Sistema de Informação Geográfica (SIG) em formato vetorial e/ou rasterizado podendo ainda sobrepor estes dados na interface do *Google Earth Pro*. Outro ponto importante é que os arquivos em formato .kml podem conter outros atributos, como cor, espessura, atributos alfanuméricos, etc., sendo possível unir estas informações às entidades geométricas correspondentes. Dessa forma, esses arquivos adquirem consistência, sendo possível a utilização deles para a consulta como um Sistema de Informação Geográfica (SIG). A projeção cartográfica utilizada pelo software é a WGS 84.

As geotecnologias

Com relação a produção de mapas, Lopes (2009) compreende que esta corresponde a uma das maneiras mais antigas de analisar as informações espaciais, e a Cartografia se classifica como a principal responsável por essa forma de avaliar o espaço. Ainda segundo o mesmo autor, a Cartografia acompanha o desenvolvimento da humanidade, caracterizando-se, portanto, como algo em constante crescimento. Assim, conforme a tecnologia avança, as técnicas de construção de mapas também avançam, e isso passou a ocorrer sobretudo após o surgimento do computador.

Com todo o avanço alcançado pela Cartografia ao longo dos anos, essa ciência passou a contar com a influência de diversos *softwares* e tecnologias que facilitaram o processo de construção de mapas. Dentre todos esses avanços, o surgimento das geotecnologias foi o que mais agregou. A tabela 1, que foi elaborada por Matos (2001), apud por Fitz (2005) e citada em Nascimento (2020), mostra que as ferramentas de análise espacial figuram entre os principais subsídios da Geografia e do ensino há bastante tempo.

Tabela 1 – Principais eventos associados à geografia e às geotecnologias.

Época	Fato característico
3800 a. C.	Utilização de coordenadas esféricas
Séc. III a. C.	Representação plana
Séc. II	Uso de projeções cartográficas
Séc. XVII	Noção de geoide
Séc. XVIII	Utilização de isolinhas
1920	Surgimento da aerofotogrametria
1960	Surgimento da cartografia digital e dos SIGs
1963	Surgimento do *Canada Geographic Information System (CGIS)*
1969	Surgimento do ESRI – *Environmental Systems Research Institute*

1972	Tecnologia do sistema Landsat
1979	Surgimento do GPS – Global Position System
1981	Surgimento da internet
1997	Tecnologia do Landsat TM 7
1999	Tecnologia do satélite Ikonos (1m de resolução)
2001	Lançamento do *Google Earth*
2005	Lançamento do Google Maps
2007	Lançamento do *Street View*
2015	Tecnologia do satélite WorldView-3 (30cm de resolução)

Fonte: Matos (2001) *apud* Nascimento (2020). Org. pelos autores.

As chamadas geotecnologias correspondem a um grupo de tecnologias que têm como finalidade principal coletar, processar, analisar e disponibilizar inúmeras informações dotadas de referências geográficas. Em resumo, compreende uma maneira de aglutinar diversos conceitos associados a cartografia e a geografia em um ambiente completamente informatizado, através de métodos e técnicas específicos. Conforme aponta Pereira e Diniz (2016), "o advento das geotecnologias e sua interface com a Geografia estão relacionados principalmente ao Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global (GPS) e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's)."

Vieira (2007) completa ainda que as geotecnologias compreendem um conjunto de técnicas e processos, cujo objetivo principal é estudar o espaço terrestre por meio dos seus elementos naturais e construídos. Segundo Rosa (2005), o geoprocessamento se configura como uma dessas tecnologias disponíveis no mundo contemporâneo, possibilitando o desenvolvimento e a utilização de sistemas envolvendo coleta, armazenamento, tratamento e análise de informações georreferenciadas.

As geotecnologias possuem grande importância no processo de ensino de geografia, tendo em vista as enormes aplicabilidades associadas. Funciona como um suporte de peso para esta disciplina, pois articula o desenvolvimento cognitivo e o desenvolvimento social dos estudantes. O resultado disso está ligado a uma aprendizagem associada com a realidade vivenciada, tornando-a muito mais significativa e conectada ao dia a dia dos estudantes (NASCIMENTO, 2020).

Santos (2002) afirma que as imagens de satélites e fotografias aéreas, quando atreladas aos mapas temáticos, auxiliam na espacialização e contextualização de problemas socioambientais nas mais variadas escalas. Isso possibilita o melhor entendimento acerca das interações existentes entre a sociedade e o meio ambiente, além de facilitar a compreensão das principais consequências. Não obstante, a apresentação destes problemas socioambientais aos estudantes a partir da visualização das imagens de satélite aguça a curiosidade e os sensibiliza. A partir disso, incentiva o engajamento e a participação social destes alunos, com o objetivo de propor soluções que sejam sustentáveis às mais variadas adversidades. Portanto, auxilia na compreensão dessas situações, formando cidadãos mais conscientes, críticos e preocupados com o meio ambiente, a partir da prática da educação ambiental.

É importante salientar que as geotecnologias são ferramentas usadas na educação para mediar o ensino das disciplinas – neste caso, da geografia. Não será ensinado sobre geotecnologias, mas sim de que forma as utilizar para o ensino. Elas servem apenas como suporte para a disciplina, como um recurso didático cuja o objetivo consiste em facilitar a sua compreensão. Cada vez mais o conhecimento geográfico necessita do apoio dos mais variados recursos educacionais digitais, objetivando uma cada vez melhor assimilação, levando em consideração todas as suas possibilidades e dimensões (STURMER, 2011 apud NASCIMENTO, 2020).

Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's)

Os PCNs são classificados como sendo as principais diretrizes elaboradas pelo Governo Federal com a finalidade de nortear os educadores de todo o país a respeito de alguns fatores fundamentais correspondentes a cada uma das disciplinas ministradas nas escolas. São parâmetros voltados tanto para a rede pública, quanto para a rede privada de ensino. É importante salientar a necessidade de adaptação dos PCNs à realidade de cada escola, levando em consideração o seu contexto, sendo este o dever dos professores, coordenadores e diretores.

Conforme os PCNs,

> a concepção de ensino e aprendizagem revela-se na prática de sala de aula e na forma como professores e alunos utilizam os recursos tecnológicos disponíveis — livro didático, giz e lousa, televisão ou computador. A presença de aparato tecnológico na sala de aula não garante mudanças na forma de ensinar e aprender. A tecnologia deve servir para enriquecer o ambiente educacional, propiciando a construção de conhecimentos por meio de uma atuação ativa, crítica e criativa por parte de alunos e professores (PCNs, 1998).

Com as inúmeras mudanças observadas na sociedade atual e analisando as perspectivas de futuro, a educação precisa a ser mais contextualizada e necessita ter como objetivo acentuar a criticidade dos alunos, evitando a compartimentação das disciplinas. Os professores precisam ser direcionados a buscar novas metodologias e abordagens para conduzir o processo de ensino-aprendizagem. Se faz necessário investir nas formações continuadas e capacitações dos profissionais de educação, a afim de fazer com que eles acompanhem as mudanças que estão ocorrendo a todo tempo no mundo atual.

Devido a todos esses fatores associados ao avanço das tecnologias, a formação estudantil passou a ter suas bases sustentadas na revolução informática, sendo cada vez mais recomendada a utilização de novas tecnologias no ensino para acompanhar esse processo. Além de ter como enfoque a aquisição de conhecimentos básicos, o ensino passou a se preocupar também com a preparação científica e com o desenvolvimento da capacidade de se utilizar as mais variadas técnicas associadas às diversas áreas de atuação.

Como aponta Sausen (2003), as escolas brasileiras têm cada vez mais buscado inovações no tocante aos recursos didáticos, na tentativa de consolidar novas formas de ensinar as disciplinas. O principal objetivo é aproximar os estudantes da realidade em que eles vivem, disponibilizando um conhecimento mais detalhado do lugar onde moram (levando em consideração aqui o lugar como uma categoria geográfica), da sua cidade, do seu estado, do seu país e do seu continente. Libâneo (2006) afirma que o ensino deve ser bilateral, onde a atividade do professor (ensinar) é combinada com a atividade do aluno (aprender). Dessa forma, há dois momentos que não conseguem ser dissociados no processo de ensino: a transmissão e a assimilação ativa de conhecimentos e habilidades. Sendo assim, o professor atua na organização dos conteúdos, deixando-os didaticamente assimiláveis, além de prover os meios de aprendizagem, controlar e avaliar.

Aplicabilidade

Diversas são as funções associadas ao *Google Earth Pro* que, apesar de ainda ser pouco utilizado para a realização de mapeamentos, é completamente aplicável no contexto escolar, levando em consideração as funcionalidades apresentadas. De início, o que mais chama a atenção do usuário é a imagem de alta resolução do planeta Terra assim que o *software* é iniciado, acompanhado de sua interface de fácil manipulação (figura 1).

Figura 1- Primeiro contato com o software em sua página inicial.

Fonte: *Google Earth Pro*, organizado pelos autores (2023).

Quando se fala de temáticas voltadas ao meio ambiente, o *Google Earth Pro* se configura como um importante aliado no processo de ensino-aprendizagem. Diversas escalas podem ser alcançadas, sendo possível trabalhar o espaço vivido dos alunos, a realidade da localidade na qual eles estão inseridos e que desenvolvem suas relações em sociedade; podendo também extrapolar para níveis regionais e até globais. Isso faz com que os estudantes sejam "levados" para lugares jamais visitados anteriormente, com uma grande riqueza de detalhes.

Neste sentido, conforme Carvalho et al. (2009), as ciências e a tecnologia dominam todos os espaços, tanto sociais quanto virtuais, sendo extremamente necessário incluir a educação nesse cenário. Portanto, as análises geoespaciais hoje são munidas de diversas tecnologias que se constituem como um novo instrumento pedagógico repleto de possibilidades que se apresenta como técnico, mas também social, antropológico, emocional, político e econômico (LOBÃO e CHAVES, 2008; CARVALHO et al., 2009).

O trabalho elaborado por Carvalho et al. (2009) aplicou dois *softwares* no ensino de geografia e concluiu que essa metodologia faz bastante diferença ao ser aplicada. Os autores utilizaram o EduSPRING 5.0, um Sistema de Informação Geográfica (SIG) brasileiro e gratuito, pautando suas análises em imagens orbitais (TM/LANDSAT, CCD/CBERS), modelo digital de elevação (MDE) da NASA e em um recorte de uma imagem de alta resolução espacial exportada pelo *Google Earth Pro*.

A pesquisa foi desenvolvida no Rio de Janeiro, em um colégio Estadual, no município de São Gonçalo. O colégio está situado na sub-bacia do rio Imboaçu, sendo este um dos motivos para a sua escolha. Os estudantes possuíam uma relação distante com o rio, conhecendo-o como um "valão". Após a atividade de identificação das composições das imagens apresentadas aos estudantes, eles reconheceram a presença de áreas urbanas, vegetadas, do rio (levantando a discussão acerca de sua poluição), da escola e também de sua redondeza. Além disso, identificaram áreas de mangue que serviam como depósitos de lixo, influenciando negativamente na dinâmica natural desse ecossistema. O resultado disso foi a criação de um banco de dados.

Siqueira e Deus (2018) elaboraram a seguinte tabela (Tabela 2), elencando as relações entre os conteúdos e as possibilidades de uso dos mesmos a partir do *Google Earth Pro*:

Tabela 2- Associação entre conteúdos e possibilidades de uso através do *Google Earth Pro*.

	Conteúdo – Estudos Urbanos	Possibilidades de uso através do *Google Earth Pro*
Aspectos Físicos	Localização	• Localizar um bairro ou cidade e marcar os principais equipamentos públicos presentes: escolas, posto de saúde, Hospitais. Etc.
	Relevo	• É possível trabalhar questões que se referem a morfologia urbana através da visualização do relevo; localizar áreas de declive acentuado, áreas planas, entre outros.
	Vegetação	• Identificar áreas de vegetação devastada e as áreas verdes da cidade.
	Hidrografia	• Identificar os rios que estão localizados dentro do perímetro urbano. • Identificar quais bairros possuem rios em sua área.
	Escala cartográfica	• A partir da ferramenta Zoom é possível aumentar ou diminuir o nível de detalhe sendo possível trabalhar de forma mais dinâmica a questão da escala Cartográfica.
	Cartografia Temática e Sensoriamento Remoto	• Construir Mapas temáticos dentro do próprio programa fazendo uso dos principais elementos de um mapa: ex. Principais Praças da cidade de Anápolis (GO). • Analisar imagens de satélites em diferentes períodos. Ex. distinguir o que é vegetação o que é espaço urbano através dos princípios de interpretação de imagens de satélite.
Aspectos humanos	Conurbação	• Identifica e delimitar os limites das cidades que sofreram o processo de conturbação, podendo também identificar as datas em que cada cidade se juntou a outra no caso de região Metropolitana.
	Distinção entre zona rural e zona urbana	• Mapear os limites da zona urbana diferenciando-a da Zona rural.
	Escala geográfica	• Demonstrar o que é o local, o regional e o global.
	Impactos ambientais	• Identificar cursos d'agua poluídos, áreas atingidas pela erosão, depósitos de lixo, entre outros.
	Monumentos e lugares históricos e culturais	• Construir um mapa temático que demonstram a localização dos monumentos históricos e culturais da sua cidade.
	Evolução da Malha urbana	• A partir do uso de imagens de diferentes períodos, identificar as transformações ocorridas em determinado local.

Fonte: Siqueira e Deus (2018).

Conforme apontam as mesmas autoras, o *Google Earth Pro* funciona como um material didático que alia perfeitamente a teoria e a prática. Pensando nisso, elas sugeriram os seguintes exercícios que são aplicáveis ao ensino fundamental (anos finais) e ensino médio:

- Para a primeira atividade foram escolhidas duas imagens de satélite de anos diferentes (2005 e 2014), objetivando a interpretação da evolução da urbanização e redução da área ocupada pela vegetação. As imagens apresentadas no trabalho correspondem a uma área da cidade de Anápolis (GO). A partir do contato com as imagens, os alunos poderão identificar o que mudou ao longo dos anos e escrever as respostas para apresentar à turma posteriormente.
- Já a segunda se apresenta como uma proposta associada à cartografia, levando em consideração as discussões associadas aos principais elementos de um mapa (título, legenda, orientação, escala e coordenadas). Com as ferramentas do *Google Earth Pro*, os alunos podem construir seus próprios mapas com um tema proposto anteriormente. No trabalho, foram mapeadas as principais praças da área central de Anápolis (GO).

Os exercícios propostos no artigo mencionado cumprem com a finalidade de associar os conhecimentos do cotidiano dos estudantes com as funcionalidades do *software*, viabilizando a aprendizagem ativa. Pensando no contexto do primeiro exercício, sugere-se aqui a utilização da imagem disponibilizada pelo *software* mostrando a área em que foi construída a Arena de Pernambuco, em São Lourenço da Mata. A primeira imagem (figura 2) é do ano de 2006 e mostra o terreno antes do início da construção. Já a segunda imagem (figura 3) mostra a Arena de Pernambuco completamente finalizada, inaugurada em 2013.

Figura 2- Localização da Arena de Pernambuco antes da sua construção.

Fonte: *Google Earth Pro*, editado pelos autores (2023).

Figura 3- Localização da Arena de Pernambuco após a sua construção.

Fonte: *Google Earth Pro*, editado pelos autores (2023).

Com base nessas imagens, podem ser elaboradas várias discussões, citando os seguintes exemplos:

- Por que a Arena de Pernambuco foi construída no município de São Lourenço da Mata?
- Quanto tempo durou o processo de construção?
- A obra finalizada condiz com o projeto proposto inicialmente? O que está por trás disso?
- Quais os impactos dessa construção para a área escolhida? (aqui podem ser levantados alguns temas de cunho ambiental);
- Qual a logística para chegar até essa Arena? (pode-se levantar a problemática do transporte na cidade).

Uma outra maneira de abordar o conteúdo é relacionar o conceito de lugar, a sensação de pertencimento dos alunos que torcem para algum time de futebol da região metropolitana do Recife (Náutico, Santa Cruz e Sport). Pode-se perguntar se os estudantes que frequentam os estádios de futebol dos seus respectivos times se eles se sentem à vontade para se deslocar até a Arena de Pernambuco quando os jogos são transferidos para o local. Isso fará eles refletirem acerca das relações afetivas existentes entre eles e os estádios de cada um de seus times e o quanto a vivência se torna diferente em outro ambiente.

Outra possibilidade consiste no mapeamento dos arredores da escola onde a prática será aplicada. Após serem trabalhados os conceitos relacionados a escala, por exemplo, os estudantes passam a reconhecer a importância da cartografia como uma forma de linguagem. Assim, a partir de recursos como o Google Earth Pro, é possível representar fenômenos nas escalas local, regional e global. As noções de orientação também são refinadas durante esse processo, levando em consideração os caminhos que são realizados até a escola, até o supermercado ou mesmo até lugares mais distantes do seu bairro. O mapa de localização da Universidade Federal de Pernambuco inserido abaixo foi confeccionado pelo *software* e funciona como um exemplo de aplicação.

Figura 4- Localização da Universidade Federal de Pernambuco e seus arredores.

Fonte: *Google Earth Pro*, editado pelos autores (2023)

A partir do resultado deste mapa é possível ainda ressaltar os principais elementos que o compõem (título, norte geográfico, legenda, escala, etc.). Os estudantes poderão construir o conhecimento a partir da realidade vivida por eles, facilitando a sua construção a partir de uma aprendizagem significativa. Assim, o livro didático serve como um suporte, pois deixa de ser o único recurso utilizado ao longo das aulas de geografia. Nessa perspectiva, o tema trabalhado passa a ter mais relevância e considera importantes os conhecimentos prévios de cada aluno, ampliando-o e reconfigurado, para assim se transformar em um novo conhecimento.

Além desses usos, é importante mencionar também que as técnicas de sensoriamento remoto possibilitam a diminuição do tempo no processo de identificação de feições erosivas, por exemplo. Inicialmente havia a necessidade de executar trabalhos de campo durante dias, o que demandava altos custos. No entanto, a partir da década de 70 as fotografias aéreas surgiram como uma alternativa para o rápido levantamento de campo e, a partir dos anos 2000, começaram a ser utilizadas imagens de satélite com resolução espacial elevada (BATISTA et al., 2019).

CONCLUSÃO

Assim, a utilização do *Google Earth Pro* é dotada de grande importância tanto para os estudos acerca do Sensoriamento Remoto, quanto para a cartografia temática. Possui uma gama enorme de possibilidades de utilização não só para a geografia, como para outras disciplinas. Pode trabalhar ainda temas interdisciplinares, construindo trabalhos muito ricos a partir de conteúdos transversais. Os estudantes conseguem ainda visualizar seu lugar a partir de uma nova perspectiva, que provavelmente nunca foi observada antes.

Nesse contexto, o professor representa uma ponte importante para apresentar estes recursos a comunidade escolar, o que ajuda a despertar e aumentar o interesse nas disciplinas envolvidas e nos

assuntos do conteúdo programático. As aulas acabam se tornando mais atrativas, facilitando a compreensão dos objetivos.

Todos esses pontos positivos esbarram na falta de preparo dos docentes. É cada vez mais importante que os cursos de geografia das Universidades do Brasil estejam alinhados com as demandas da sociedade atual. É preciso que os professores se preparem para utilizar a tecnologia nas suas aulas ao longo dos cursos de licenciatura. Outra questão é a disponibilidade de recursos das escolas, tópico de fundamental importância para a execução das atividades propostas. É preciso que recursos como internet e computadores sejam oferecidos a estes ambientes, sobretudo pelos órgãos públicos na rede pública, para que as disparidades latentes do ensino das redes pública e privada sejam sanadas. Afinal, conforme Ribeiro (2001), "ao olhar para o lugar, para onde as pessoas vivem seu cotidiano, identifica-se o lado perverso e excludente da globalização, em especial quando os lugares ficam nas áreas pobres do mundo."

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, D. Y. (2009). A Mirror of Our World: Google Earth and the History of Cartography. **MAGERT –ALA Map and Geography Round Table.** Coordinates Series B, n. 12, 15p.

Carvalho, M. V. A. de, Di Maio, A. C. (2009). Geotecnologias no ensino escolar: uma abordagem com o tema transversal meio ambiente. **7ª Jornada de Educação em Sensoriamento Remoto do MERCOSUL**. Santa Maria – RS. P. 1-8.

Fitz, P. R. (2008). Geoprocessamento sem complicação. –São Paulo: **Oficina de Textos**.

Fitz, P. R. (2005). Novas tecnologias e os caminhos da Ciência Geográfica. **Diálogo Tecnologia**, v. 6, p. 35-48.

Libâneo, J.C. (2006). Didática. São Paulo: **Cortez editora**.

Lobão, J. S. B.; Chaves, J. M. (2008). Geotecnologias na aprendizagem da geografia: alternativas para inclusão digital. **+Geografia´s**, n. 1, p. 35-40,

Lopes, E. E. (2009). Proposta Metodológica para Validação de Imagens de Alta Resolução do Google Earth para a Produção de Mapas. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 115 p.

Nascimento, M. S. (2020). Concepções acerca das geotecnologias como recurso didático para o ensino de Geografia. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3.

Pereira, V. H. C.; Diniz, M. T. M. (2016). Geotecnologias e ensino de geografia: algumas aplicações práticas. **Caderno de Geografia**, 26(47), 656-671.

Ribeiro, W. C. (2001). A ordem ambiental internacional. **Revista GEOUSP – Espaço e Tempo**. São Paulo: Contexto. (11), 145-147.

Rosa, R. (2005). Geotecnologias na Geografia aplicada. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.16, v.2,

Sausen, T. M. (2003). Projeto educa SeReIII Elaboração de carta imagem para o ensino de sensoriamento remoto: utilização de cartas imagens – CIBERS como recurso didático em sala de aula. INPE. 13-19.

Santos, L. F. L. dos; Melo, R. F. T. de; & Silva Listo, D. G. da. (2019). Proposta de utilização do Google Earth Pro para a confecção de mapeamento geomorfológico de detalhe do Maciço Estrutural de Água Branca (AL/PE). **Revista De Geografia**, 36(3), 147–159. https://doi.org/10.51359/2238-6211.2019.241120.

Santos, V. M. N. O. (2002). Uso escolar do Sensoriamento Remoto como recurso didático pedagógico no estudo do meio ambiente. **Curso de uso de Sensoriamento Remoto no estudo do meio ambiente. (Org: INPE)**. São José dos Campos. cap 12. p. 15.

Siqueira, T. A.; Deus, S. P. de. (2018). Google Earth Pro: possibilidades para o estudo da cidade no ensino de geografia. **IX Fórum Nacional NEPEG de formação de professores de geografia**. p. 13-22.

Sturmer, A. B. (2011). As TIC´S nas escolas e os desafios no ensino de geografia na educação básica. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 2, n. 4, p. 3-12, ago./dez.

Vieira, S. L. (2007). Política(s) e Gestão da Educação Básica: revisitando conceitos simples. **RBPAE** – 23(1), p. 53-69.

EXPLORANDO OS HORIZONTES EDUCACIONAIS: UMA PROPOSTA DIDÁTICA INOVADORA COM O APLICATIVO " DIGIATLAS" PARA O GEORREFERENCIAMENTO DE DADOS AMBIENTAIS

Victória Regina da Silva Cruz[(a)], Maria Jaqueline Oliveira Silva[(b)], Vitor Alfredo de Santana Silva[(c)], Manoel José Correia Neto[(d)]

[(a)]*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, victoria.cruz@ufpe.br*
[(b)]*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, jaqueline.osilva@gmail.com*
[(c)]*Departamento de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, vitor.alfredo@ufpe.br*
[(d)]*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, manoel.jcorreia@ufpe.br*

Resumo: Na contemporaneidade, a compreensão da vida, fauna e flora é imperativa para a preservação ambiental. Este artigo apresenta a proposta didática avançada do software educacional "DigiAtlas", composto por um aplicativo móvel para Android e um servidor web. Trata-se de um sistema de informações georreferenciadas especializado em dados ambientais, destacando-se como um recurso educacional versátil. Sua adaptabilidade abrange desde o ensino fundamental até o ensino superior, promovendo uma abordagem multidisciplinar no processo de ensino-aprendizagem. O "DigiAtlas" não se limita a ser apenas uma ferramenta educacional; ele se destaca como uma plataforma de disseminação de conhecimento colaborativo. Além de seu impacto no aprendizado, o software oferece potencial didático para novas pesquisas e facilita a centralização de dados ambientais relevantes. Essa integração entre tecnologia e educação ambiental ressalta a importância do "DigiAtlas" como uma ferramenta abrangente e eficaz no contexto educacional e de pesquisa. Ao abraçar essa interconexão, o artigo enfatiza não apenas a relevância do software em sala de aula, mas também seu papel significativo na promoção da consciência ambiental e na formação de uma base sólida de conhecimento. Assim, o "DigiAtlas" emerge não apenas como uma ferramenta pedagógica, mas como um agente catalisador na convergência entre a tecnologia educacional e a sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Dados ambientais; georreferenciamento; ensino; proposta didática.

Abstract: In contemporary times, understanding life, fauna and flora is imperative for environmental preservation. This article presents the advanced didactic proposal of the educational software "DigiAtlas", consisting of a mobile application for Android and a web server. It is a georeferenced information system specialized in environmental data, standing out as a versatile educational resource. Its adaptability ranges from elementary school to higher education, promoting a multidisciplinary approach in the teaching-learning process. "DigiAtlas" is not limited to just being an educational tool; it stands out as a collaborative knowledge dissemination platform. In addition to its impact on learning, the software offers didactic potential for new research and facilitates the centralization of relevant environmental data. This integration between technology and environmental education highlights the importance of "DigiAtlas" as a comprehensive and effective tool in the educational and research context. By embracing this interconnection, the article emphasizes not only the relevance of software in the classroom, but also its significant role in promoting environmental awareness and forming a solid knowledge base. Thus, "DigiAtlas" emerges not only as a pedagogical tool, but as a catalytic agent in the convergence between educational technology and environmental sustainability.

Keywords: Environmental data; georeferencing; teaching; didactic proposal.

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com as questões ambientais, tanto no Brasil quanto globalmente, reflete a influência cada vez mais evidente de nossas atividades e padrões de consumo no equilíbrio dinâmico dos ecossistemas naturais. Historicamente, o meio ambiente tem sido explorado de maneira destrutiva e insustentável, exigindo uma transformação fundamental na concepção de recursos infinitos e no uso irresponsável da água, solo e áreas nativas (Assessment, 2005).

Essa transformação deve começar desde o ensino básico até o superior, integrando a educação ambiental de forma interdisciplinar e transversal entre as disciplinas. A abordagem tradicional, apesar de sua importância, pode gerar desinteresse nos alunos devido à dificuldade em construir conhecimentos, dada a complexidade dos processos ecológicos e das interconexões para compreender os problemas ambientais.

Conforme destacado por Duso & Borges (2010), é imperativo ir além da teoria, permitindo que os estudantes percebam o meio ambiente em seu cotidiano e reconheçam sua responsabilidade. Compiani et al. (2013) reforçam a importância do trabalho local e suas conexões com o regional e global para construir conhecimentos de forma crítica e real.

Diante das inovações tecnológicas que capturam a atenção dos estudantes, a Educação também precisa evoluir. Com a diminuição da concentração devido aos estímulos do mercado, mídias e sociedade, a inclusão de tecnologias inovadoras e novas dinâmicas na sala de aula torna-se crucial para potencializar o processo de ensino-aprendizagem (Ferreira & Tomé, 2010).

Nesse contexto, os Sistemas de Informação Georreferenciadas (SIG) surgem como ferramentas educativas de grande potencial, especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais (Burrough, 1986). Essas informações espaciais, representativas do mundo real, podem ser incorporadas em atividades de ensino, estudos e pesquisas, proporcionando uma visão mais crítica e integrada da realidade que cerca os alunos (De Medeiros, 2012; Kazmierczak et al., 2007). Essa abordagem, aliada ao uso de SIG, promove um aprendizado mais contextualizado, aproximando os conhecimentos adquiridos em sala de aula da experiência diária dos estudantes.

Neste ínterim, este artigo evidencia a segunda iteração deste software educacional DigiAtlas, uma plataforma abrangente composta pelo aplicativo Android denominado DigiAtlas Mobile. De modo geral, ambos trata-se de um atlas digital colaborativo alimentado por dados ambientais que englobam informações sobre a ocorrência de espécies, tanto da fauna quanto da flora, além de contemplar os aspectos físicos do ambiente. Este sistema busca oferecer uma abordagem inovadora e integrada para a compreensão e colaboração no âmbito educacional, promovendo o compartilhamento eficiente e colaborativo de conhecimentos relacionados ao ambiente.

O propósito do DigiAtlas é viabilizar atividades interdisciplinares, despertando um maior engajamento por parte dos estudantes. Os professores têm a oportunidade de elaborar atividades em sala de aula utilizando os dados previamente disponíveis na plataforma, bem como realizar trabalhos de campo, estabelecendo contato direto com o ambiente nas áreas onde ocorrem animais, plantas ou problemas ambientais a serem abordados. Essa ferramenta inovadora não apenas fomenta o interesse dos alunos em diversas disciplinas, mas também proporciona uma abordagem multifocal e dinâmica ao processo de ensino e aprendizagem (Duso & Borges, 2010).

Dessa forma, o DigiAtlas oferece uma perspectiva que vai além do ambiente escolar tradicional, ilustrando aos estudantes como fazemos parte de um ecossistema vivo e complexo, enquadrando-se como um potencial dispositivo didático. Destaca-se também o compromisso inerente à preservação desse ecossistema, reforçando a consciência sobre nossas responsabilidades ambientais. Essa abordagem integrada não apenas enriquece o aprendizado, mas também promove uma compreensão mais profunda da interconexão entre as diversas formas de vida e a importância de preservarmos esse equilíbrio.

MATERIAL E MÉTODO

A presente pesquisa, trata-se de uma revisão bibliográfica qualitativa por meio de leituras de trabalhos e artigos científicos que abordam a temática proposta. Nesse sentido,foi realizado um levantamento sobre a importância da utilização de metodologias ativas em parceria com o georreferenciamento na educação e no ensino ,assim como a busca de plataformas digitais para implementação do processo de ensino-aprendizagem.

Desta maneira, o DigiAtlas representa um catálogo digital interativo de dados ambientais georreferenciados, abrangendo informações pertinentes à fauna e flora, incluindo dados sobre plantas, aves, mamíferos, entre outras categorias. Estes dados são meticulosamente coletados, gerenciados, validados e compartilhados entre os usuários da plataforma, visando promover a disseminação do conhecimento ambiental.

A origem desse sistema remonta à necessidade premente de softwares educacionais capazes de centralizar dados ambientais, especificamente aqueles provenientes da região sul de Minas Gerais, coletados pelos pesquisadores afiliados ao EcoFrag (Laboratório de Ecologia de Fragmentos Florestais) da UNIFAL, o qual são responsáveis pelo desenvolvimento desse programa.

Estruturado em duas vertentes, o DigiAtlas compreende um aplicativo para dispositivos Android, denominado DigiAtlas Mobile. Este sistema inovador é concebido para otimizar a acessibilidade e aplicabilidade dos dados ambientais, contribuindo significativamente para a integração e disseminação do conhecimento na área ambiental.

Busca-se, nesta análise, avaliar a eficácia do DigiAtlas como uma ferramenta pedagógica no contexto do ensino de questões ambientais. Considerando sua natureza versátil, este aplicativo emerge como um dispositivo didático de grande potencial, aplicável não apenas no âmbito da educação básica, mas também no ensino superior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O emprego de metodologias ativas torna-se cada vez mais imprescindível no processo educacional, pois coloca o aluno como protagonista, deslocando o papel central do professor. A aplicação dessas metodologias possibilita uma abordagem participativa do aprendizado, promovendo a colaboração dos alunos como sujeitos ativos, o que facilita a criação de um ambiente educativo mais propício. Este enfoque desperta a curiosidade dos alunos ao abordar os temas de maneira lúdica.

Conforme Silberman (1996), a aprendizagem ativa revela-se uma estratégia de ensino altamente eficaz, transcendente a natureza do conteúdo, quando comparada aos métodos tradicionais. Com abordagens ativas, os estudantes assimilam e compreendem uma quantidade maior de informações, retendo o conhecimento por períodos mais prolongados, resultando em maior satisfação e prazer nas aulas.

Ressalta-se, segundo Ribeiro (2005), que a experiência demonstra que a aprendizagem se torna mais significativa por meio das metodologias ativas. Além disso, os alunos que participam desse método adquirem confiança em suas decisões e na aplicação prática do conhecimento. Essa abordagem melhora as habilidades de comunicação oral e escrita, estimula a resolução de problemas e proporciona vivências que exigem decisões autônomas, fortalecendo tanto o pensamento crítico quanto a ação autônoma.

Adentrando nesse viés, o propósito do DigiAtlas é viabilizar uma abordagem inovadora para o processo de ensino e aprendizagem, promovendo interatividade entre estudantes e professores desde o ensino fundamental até o superior. Essa abordagem é personalizada de acordo com as necessidades específicas de cada nível educacional, utilizando um sistema de informações georreferenciadas que incorpora conhecimentos locais e disponibiliza ferramentas eficazes para atividades práticas em campo.

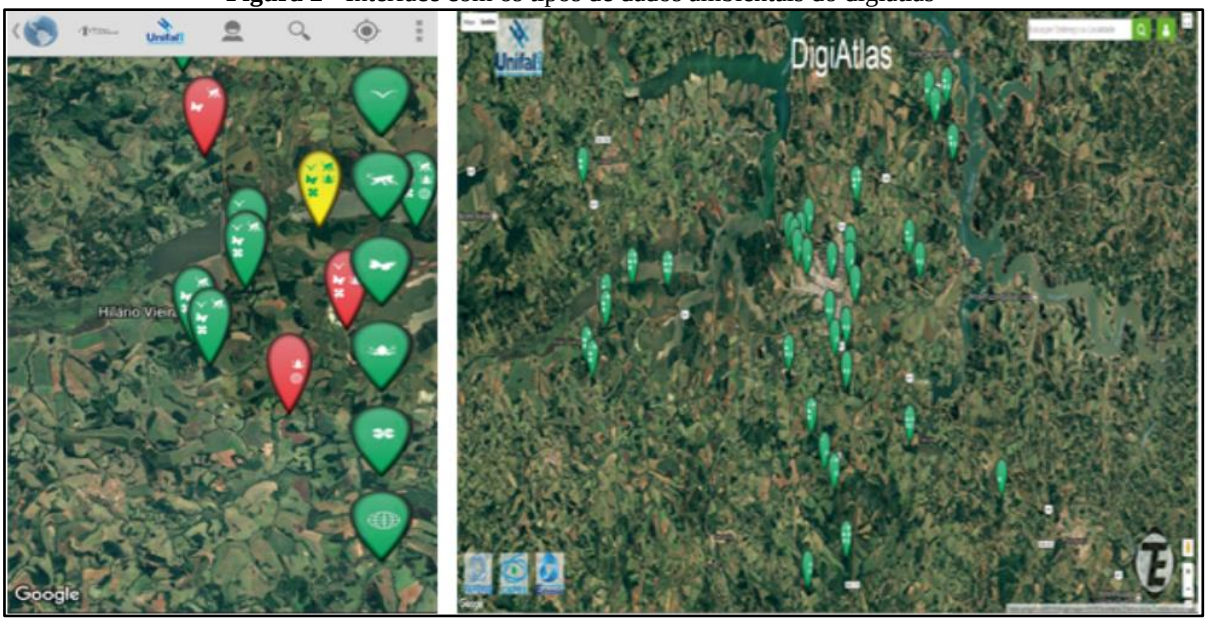
O DigiAtlas possui um aplicativo android (DigiAtlas Mobile). A ferramenta se enquadra como um atlas digital ambiental que trabalha com dados georreferenciados e com possibilidade de colaboração. Os dados ambientais são divididos em seis tipos: Aves, Mamíferos, Invertebrados, Anfíbios, Plantas e Abióticos. O marcador usado para georreferenciar os dados ambientais, como está presente na figura 1.

Figura 1 - Interface com os tipos de dados ambientais do digiatlas

Fonte: Silva, M. C et al. (2023).

Cada ícone presente no marcador do DigiAtlas representa um específico tipo de dado ambiental, possibilitando a pronta identificação dos variados tipos de informações disponíveis na localização selecionada. A coloração do marcador desempenha um papel informativo, indicando se os dados associados estão validados (verde), não validados (vermelho) ou se há uma combinação de dados validados e não validados na referida localidade selecionada (amarelo). A Figura 2, oferece uma representação visual elucidativa dos marcadores e ícones integrados ao DigiAtlas.

Figura 2 - Interface com os tipos de dados ambientais do digiatlas



Fonte: Silva, M. C et al. (2023).

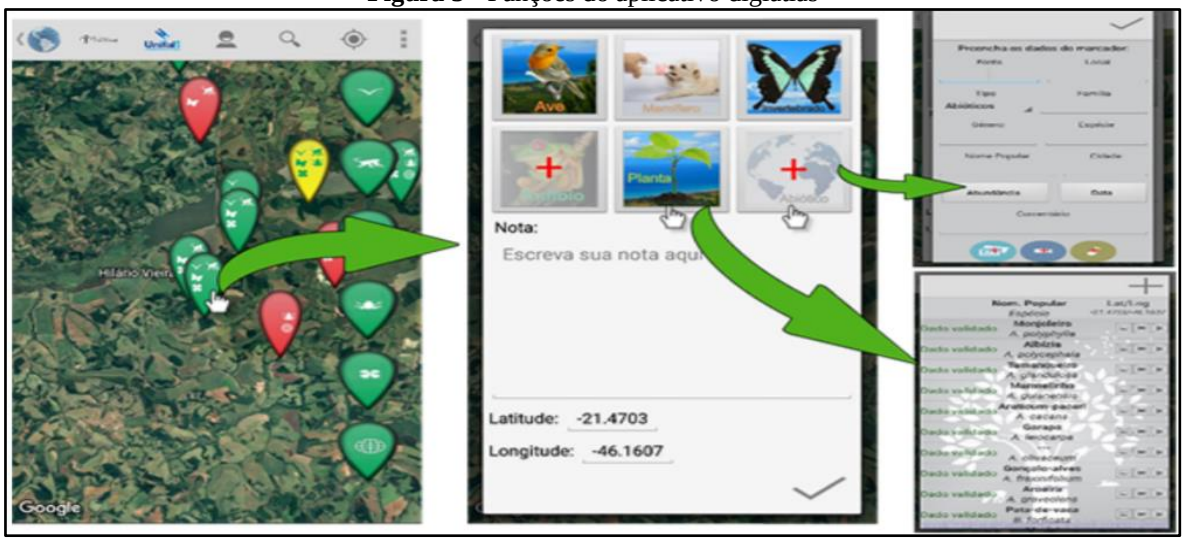
O sistema DigiAtlas desempenha um papel central no aplicativo, sendo predominantemente mediado por um mapa. Através desta interface, os usuários têm a capacidade de visualizar e inserir dados nos bancos de dados do sistema em ambas as aplicações. A partilha desses dados entre usuários, independentemente da aplicação utilizada, só ocorre após a validação por especialistas da UNIFAL-MG.

O aplicativo tem seu foco na gestão e inserção de dados ambientais. As informações adicionadas no aplicativo móvel permanecem armazenadas no dispositivo do usuário até serem enviadas ao servidor. Este último desempenha um papel crucial na validação dos dados, servindo como uma interface para especialistas autorizados, que analisam a ortografia e as mídias associadas (imagens, áudios e vídeos) antes de validar os dados enviados pelos usuários móveis. Esse processo garante a integridade e qualidade dos dados no sistema DigiAtlas.

Os dados validados serão transmitidos aos usuários móveis através da plataforma de distribuição de aplicativos, que hospedará as versões atualizadas do aplicativo DigiAtlas, incorporando as últimas inserções de dados realizadas por outros colaboradores. Este procedimento capacitará os usuários a participarem ativamente no projeto, contribuindo para o crescimento progressivo e gerenciado da base de dados, sob a supervisão criteriosa dos pesquisadores especializados na área.

As funcionalidades centrais do aplicativo DigiAtlas estão intrinsecamente ligadas à gestão de dados ambientais georreferenciados, amplamente suportada pelo uso de mapas e marcadores como foi disposto na figura 2. Assim, esse apetrecho promove-se a colaboração entre os indivíduos por meio da exportação e importação manual de dados, bem como pelo envio de informações para um servidor central. A figura 3 ilustra algumas das interações disponíveis para a eficaz gestão de dados no sistema.

Figura 3 - Funções do aplicativo digiatlas



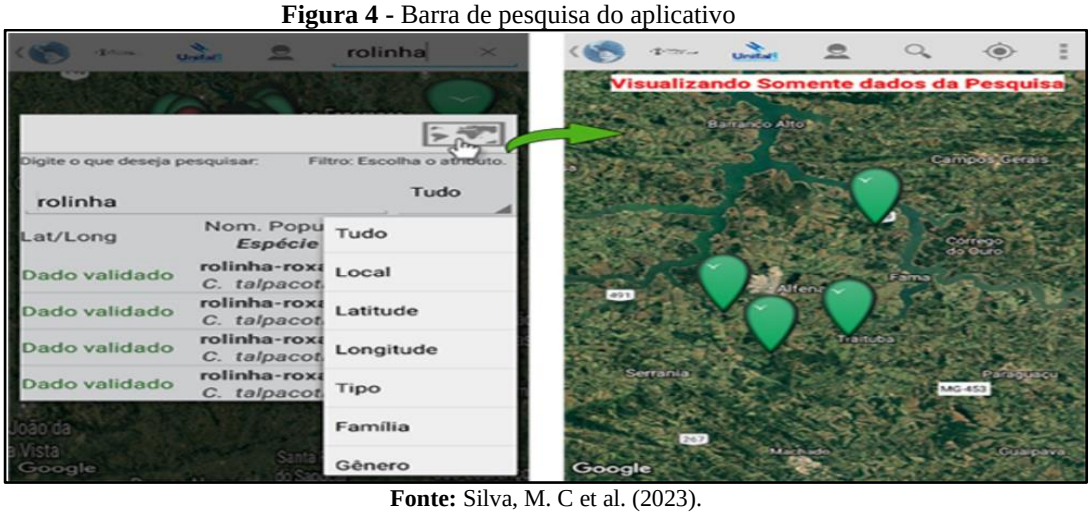
Fonte: Silva, M. C et al. (2023).

A capacidade de gerenciar e criar pontos de dados em campo, abrangendo texto, foto, vídeo e som, contribui significativamente para a agregação de informações provenientes de diversas localidades no dispositivo móvel. Esse recurso não apenas viabiliza o estudo em qualquer lugar, aproveitando a mobilidade proporcionada pela tecnologia, mas também oferece aos pesquisadores da área a oportunidade de utilizar o aplicativo como um banco de dados público para os resultados de suas investigações.

As funcionalidades avançadas de gerenciamento de dados não só atendem às necessidades dos pesquisadores, mas também estabelecem o aplicativo como uma fonte essencial para armazenar e compartilhar descobertas, servindo como uma base valiosa para estudos futuros sobre espécies específicas ou locais. Esse processo facilita a disseminação do conhecimento acadêmico, estreitando a relação entre as universidades e a sociedade, criando um canal bidirecional de troca de informações.

No que diz respeito ao uso do mapa, o aplicativo oferece funções que incluem a exibição da localização do usuário, a realização de pesquisas detalhadas e a aplicação de filtros específicos. A pesquisa abrange todos os dados do sistema no dispositivo móvel, analisando cada atributo de maneira abrangente. Os usuários têm a flexibilidade de definir em qual atributo específico o sistema deve buscar, proporcionando a visualização seletiva dos resultados da pesquisa no mapa, conforme ilustrado na Figura 4. Além disso, são disponibilizadas opções rápidas de filtro, representadas por ícones na lateral direita da tela do mapa, permitindo a escolha dos tipos de dados a serem exibidos de forma ágil e personalizada.

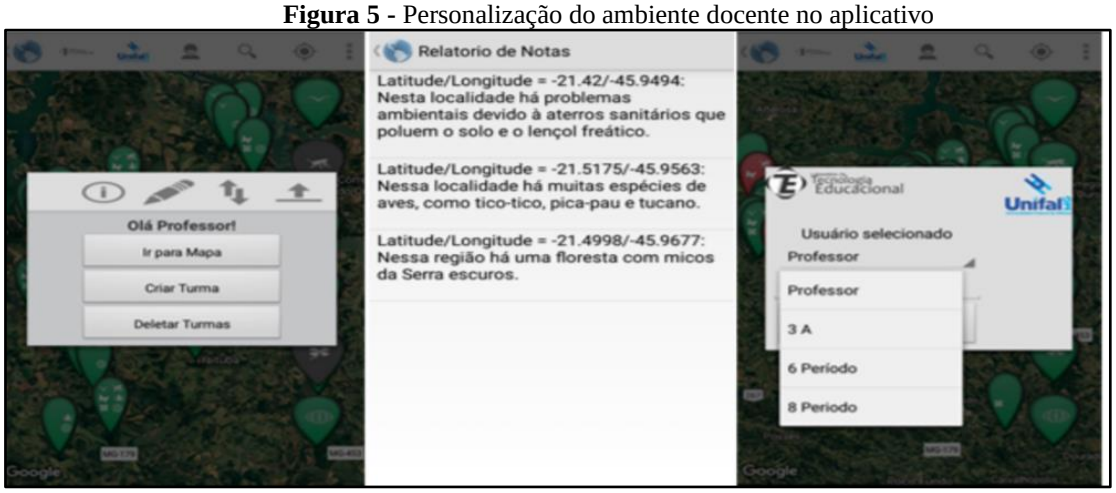
Figura 4 - Barra de pesquisa do aplicativo



Fonte: Silva, M. C et al. (2023).

Com o propósito de oferecer suporte abrangente aos professores no contexto escolar, o sistema apresenta funcionalidades específicas para a gestão de turmas, conforme ilustrado na Figura 5, bem como a capacidade de gerar relatórios de notas. Os professores têm a autonomia de criar e modificar perfis de usuários associados às turmas. Por meio da ferramenta de relatórios, os usuários têm a capacidade de registrar observações detalhadas sobre localidades específicas por meio de marcadores. Essas ferramentas proporcionam ao professor a flexibilidade de realizar atividades de campo e monitorar de perto o progresso das turmas no uso do sistema educacional.

Figura 5 - Personalização do ambiente docente no aplicativo



Fonte: Silva, M. C et al. (2023).

Além das funcionalidades previamente mencionadas, o software apresenta recursos adicionais que ampliam significativamente sua utilidade. Incluem-se ferramentas dedicadas à integração de regiões abióticas, mapas temáticos e rotas personalizadas no contexto do mapeamento. No contexto específico, uma região abiótica abrange qualquer área de relevância para um estudo, como uma reserva ambiental. Os mapas temáticos, representados por imagens em formatos .jpg ou .png, são sobrepostos georreferenciamento ao mapa, fornecendo informações essenciais sobre a localidade, como dados meteorológicos.

Adicionalmente, as rotas podem ser meticulosamente inseridas em qualquer ponto do mapa, desempenhando um papel crucial, por exemplo, ao facilitar a navegação em uma mata densa em direção a um local específico. A inserção de rotas ocorre de forma ponto a ponto dentro do aplicativo, conferindo uma abordagem precisa e adaptável às necessidades do usuário.

Com base no que foi apresentado, pode-se perceber que a utilização do digiatlas como ferramenta didática,se mostra capaz de desenvolver a criticidade,a criatividade dos discentes, abordando diversos cenários ambientais,já que a mesma se faz acessível quando se tem uma estrutura para sua aplicabilidade e até então transformar esse recurso em uma ferramenta multifuncional que abrange parâmetros educativos, que concede uma interação dual, entre os educandos e os educadores ao permitir sua participação durante a ceta de dados e até mesmo discursivo em que for explorado durante os marcadores ambientais selecionados.

CONCLUSÃO

Diante ao exposto, é evidente que a implementação do aplicativo Digiatlas como proposta metodológica confere à sala de aula um ambiente interativo que transcende a dicotomia entre docente e discente. A abordagem de temáticas específicas promove discussões e debates envolventes relacionados aos conteúdos explorados no campo dos estudos ambientais, alinhando-se aos princípios de uma aprendizagem significativa que vai além do convencional quadro e piloto.

Dessa maneira, podemos concluir que essa plataforma digital, quando utilizada como uma ferramenta didática, revela como as metodologias ativas na educação podem catalisar o entendimento de conceitos geográficos por meio de diálogos instigantes e da criatividade empregada na criação de pontos de coleta de dados ambientais. Este processo busca estreitar a conexão entre a realidade explorada

e as temáticas geográficas, permitindo aos alunos incorporar músicas, vídeos e imagens conforme a diversidade proporcionada para a realização das atividades propostas nos estudos ambientais. Este enfoque flexível se adapta tanto ao contexto da educação básica quanto ao do ensino superior, enriquecendo a experiência de aprendizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assessment, M. E. (2005). **Ecosystems and human well-being: wetlands and water**. World resources institute, Washington, DC, 5.

Burrough, P. A. (1986). **Principles of geographical information systems for land resources assessment**.

Compiani, M., et al. (2013). **Ribeirão anhumas na escola: projeto de formação continuada elaborando conhecimentos escolares relacionados à ciência, à sociedade e ao ambiente**. Curitiba:Editora CRV.

De Medeiros, C. N. (2012). **Planejamento e gestão territorial usando um sig em ambiente web**.

Duso, L., & Borges, R. M. R. (2010). **Mudança de atitude de estudantes do ensino médio a partir de um projeto interdisciplinar sobre temática ambiental**. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, 3(1), 51–76.

Kazmierczak, M., Leonardi, L., Peixoto, A., Macedo, D., Ribeiro, L., Solano, M., . . . Meyenn, T.(2007). **Projeto sig na educação: Utilização de sistemas de informações geográficas no ensino fundamental**. anais. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21–26.

RIBEIRO, Luis Roberto de Camargo. **A aprendizagem baseada em problemas (PBL): Uma implementação na educação em engenharia**. 2005. 236 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos / SP, 2005.

SILBERMAN, Mel. **Active learning: 101 strategies do teach any subject**. Massachusetts: Ed.Allyn and Bacon, 1996.

Silva, M. C., . . . & Hornink, G.G., . . . & Bressan, P. A. (2018). **DigiAtlas: aplicativos educacionais para georreferenciamento de dados ambientais**. Brazilian Journal of Computers in Education (Revista Brasileira
de Informática na Educação – RBIE), Vol(num), pp-pp. DOI: 10.5753/RBIE.2018.vol.num.pp.

Ferreira, E., & Tomé, I. (2010). **Jovens, telemóveis e escola**. Educação, Formação & Tecnologias- ISSN 1646-933X, 24–34.

TECNOLOGIAS DE MAPEAMENTO E SEGREGAÇÃO URBANA: O USO GOOGLE MAPS COMO FERRAMENTA NA NARRATIVA ESTÁTICA DA DESIGUALDADE SOCIOESPACIAL

Maria Ediney Ferreira da Silva [(a)], Isaac Lucas da Silva [(b)], Willian Macksuel Almeida Melo 3[(c)]

[(a)] Professora Adjunta – Universidade Estadual de Alagoas, maria.ediney@uneal.edu.br
[(b)] Graduando curso de Licenciatura em Geografia, Universidade Estadual de Alagoas, isaac.silva.2021@alunos.uneal.edu.br
[(c)] Graduando curso de Licenciatura em Geografia, Universidade Estadual de Alagoas, willian.melo.2021@alunos.uneal.edu.br

Resumo: O presente estudo busca analisar a periferia de Arapiraca-AL, através de um conjunto de imagens, retiradas do *Google Maps*, utilizadas como fonte para discussão didática para o estudo das cidades na sala de aula. A importância do aluno vivenciar sua realidade à medida que aprende determinados conteúdos torna-se um fator fundamental para o processo de ensino e aprendizagem. Assim, espera-se que o estudo possa contribuir na construção de uma consciência mais cidadã com direito a realizar os usos da cidade, inclusive no direito de ser visto e percebido uma porção da realidade onde a comunidade escolar se insere.

Palavras-chave: Cidades; Google Maps; Ensino e aprendizagem.

Abstract: The present study seeks to analyze the outskirts of Arapiraca-AL, through a set of images, taken from Google Maps, used as a source for didactic discussion of the study of cities in the classroom. The importance of students experiencing their reality as they learn certain content becomes a fundamental factor in the teaching and learning process. Thus, it is expected that the study can contribute to the construction of a more citizen consciousness with the right to use the city, including the right to be seen and perceived a portion of the reality in which the school community is located.

Keywords: Cities; Google Maps; Teaching and learning.

INTRODUÇÃO

Marcado por significativas desigualdades, o espaço urbano mostra sua tensa e densa rede de articulações entre os espaços, da periferia às áreas nobres das cidades brasileiras, inúmeras desigualdades desvelam uma fragmentação dos lugares a partir da especulação que o valor do solo urbano requer. Assim, áreas periféricas de uma cidade são expropriadas de direitos, enquanto outras recebem aparato suficiente para permitir que a população que reside nessas áreas tenha acesso a fatores de mobilidade, infraestrutura e moradia necessárias à reprodução da vida cotidiana.

Para Villaça (2001, p.21), a segregação socioespacial pode ser definida como tendência à concentração de determinado grupo social em área específica, sem, portanto, haver exclusividade. Torna-se relevante lembrar que a segregação socioespacial não se limita somente à falta de moradia e acesso a serviços, mas manifesta-se através da fragmentação e uso dos espaços públicos. Enquanto o núcleo central da cidade destaca-se pela abundância de oferta a serviços públicos e privados e uma infraestrutura que consolida oportunidades e vantagens, as regiões periféricas expõem uma carência crônica de serviços adequados que resultam em um ambiente de desigualdades. Essa disparidade entre centro e periferia não apenas expõe a falta de mobilidade social, mas contribui para a reprodução da privação e exclusão social, gerando um sentimento de desesperança nas comunidades periféricas (CARLOS, 2023).

Contudo, essa segregação não se limita a ordem material do espaço, na realidade, a forma pela qual outros mecanismos acabam por disseminar formas de ver e apreender esse espaço acabam por priorizar um dado a ver que desconfigura o real.

Frente a esta apreensão, o presente estudo busca analisar a periferia de Arapiraca-Alagoas, sendo a segunda maior cidade do Estado. O processo de povoamento de Arapiraca teve início na primeira metade do século XIX, ainda conhecido como distrito, a cidade assumiu a categoria de município apenas em 1924, após ser desmembrada dos municípios de Palmeira dos Índios, Porto Real, São Brás, Traipu e Limoeiro. A partir da década de 1980, a cidade passa por um forte crescimento econômico com aumento de atividades industriais. Hoje a cidade é polo aglutinador e atração de serviços.

A partir deste recorte espacial, a pesquisa buscou analisar uma composição de imagens oriundas do aplicativo *Google Maps*, buscando atentar para a segregação espacial realizada através da falta de atualização das imagens das áreas da periferia de Arapiraca, fator que acaba por construir uma narrativa visual que parte de uma imagem estática, desprovida do olhar recente que revela as mudanças constantes no espaço urbano. Estas imagens surgem com atraso de mais de uma década, enquanto as dedicadas aos endereços de áreas ditas "nobres", são datadas de um período de tempo recente. Questiona-se: o que estas imagens perpetuam? No que essas imagens contribuem com a marginalização da população que ali reside, visto que regiões nobres recebem frequentemente atualizações na ferramenta, permitindo com que os usuários visualizem as transformações e evoluções ao longo do tempo?

Pensar como se dá o modo de ocupação dentro de uma sociedade capitalista significa compreender as subdivisões que coexistem nos diferentes espaços, caracterizado pelas diferentes formas de uso, consumos e produções que acabam criando paisagens que se apresentam para todos, ao mesmo tempo que revelam uma organização espacial fragmentada. Enquanto o espaço urbano aparenta ser homogêneo em sua paisagem, ele se torna fragmentado à medida que os diferentes atores, tanto sociais quanto empresariais, manifestam suas influências e moldam o espaço de acordo com seus padrões de uso. Essas transformações se tornam perceptíveis à medida que as intervenções no espaço refletem o dinamismo constante ao longo do tempo, enquanto certas áreas parecem estar estagnadas no tempo.

Conforme destacado por Corrêa (1989):

> O espaço urbano capitalista – fragmentado, articulado, reflexo, condicionante social, cheio de símbolos e campos de lutas – é um produto social, resultado de ações acumuladas através do tempo, e engendradas por agentes que produzem e consomem espaço (CORRÊA, 1989, p.11).

Em um contexto urbano marcado pelas desigualdades, torna-se essencial compreender como elas apenas não só se refletem, mas como essas imagens contribuem para a perpetuação das disparidades econômicas da cidade. Neste sentido, lançar discussões construtivas e direcionadas surge como um caminho necessário para a construção de uma cidade mais equitativa.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Nossa realidade hoje é dominada por imagens, somos surpreendidos por inúmeras formas de ver o espaço, sejam ruas, bairros, recursos naturais etc. Tudo passa hoje pela dimensão visual, em especial as imagens dispostas em rede. Ler estas imagens torna-se questão fundamental para nossa sociedade. Os mapas são dispostos instantaneamente, concomitante à fluidez e mobilidade exigida pelos espaços urbanos, fator que impõe um ritmo adverso com o qual o espaço das cidades são dados a ver e conhecer os lugares mapeados por diferentes aplicativos.

Frente a esta constatação, entendemos que o processo de ensino-aprendizagem muda constantemente, em especial com todo aparato tecnológico disponível hoje. Os recursos tecnológicos estão presentes nos espaços escolares, porém precisam ser utilizados de forma a contribuir para o ensino das realidades às quais os alunos estão inseridos. Assim, pretende-se que a discussão aqui traçada auxilie na amplitude da ação da tecnologia na escola, assim como possa compartilhar possibilidades de vivências pedagógicas que auxiliem aos professores na construção de uma visão crítica sobre a realidade de cada sujeito que compartilha os bancos escolares. Como dito anteriormente, o presente estudo parte da composição de algumas imagens presentes no aplicativo *Google Maps*, para demonstrar aos alunos e professores como a cidade sofre um processo de segregação que diferencia, a partir das datas de imagens dos locais da cidade de Arapiraca.

A proposta é que as imagens sejam disponibilizadas aos alunos como ferramenta mobilizadora para uma reflexão entre a realidade encontrada no terreno e a imagem presente no aplicativo. Observa-se que estas duas dimensões apresentam, além da diferença significativa de tempo, a invisibilidade de mudanças espaciais ocorridas na cidade. Porém quando as imagens de áreas mais nobres da cidade são procuradas, esta diferença de tempo é inexistente, as imagens são atuais, com apresentação de mudanças no espaço urbano de Arapiraca.

O *Google Maps* trata-se de uma ferramenta digital de pesquisa e visualização gratuita capaz de transformar dados georeferenciais, de modo que seja possível visualizá-la em formas de mapas e representações de qualquer espaço natural ou humana do globo terrestre. Sendo acessível por meio de qualquer navegador que esteja conectado à *internet, essa* ferramenta permite a busca de uma localidade ao simplesmente digitar na barra de pesquisa o endereço ou coordenadas geográficas.

A utilização dessa ferramenta permite ter acesso a um panorama completo de praticamente qualquer bairro em escala global por meio do *Google Street View*, onde, a partir de ícones, o usuário pode "caminhar" por meio das ruas e visualizar monumentos, de maneira imersiva e realista. Quando abordamos o uso dessa ferramenta no contexto da disciplina de Geografia, uma das vantagens está direcionada a possibilidade de enriquecer as aulas por meio das explorações conduzidas, onde o professor pode promover uma perspectiva interdisciplinar e fazer com que o aluno conheça diferentes paisagens e espaços.

Como exemplo, apresentamos o conjunto de três imagens do bairro na periferia de Arapiraca (Figura 1 e 2), a diferença na ocupação do lugar pode ser trabalhada com alunos do 8º e 9º anos, como forma de despertar para as mudanças presentes no espaço. Os alunos podem identificar os contrastes, visitando os lugares para contrapor com as imagens dispostas no aplicativo.

Figura 1 - R. Manoel Martins Lemos, 2011

Fonte: Google Maps (2011).

Figura 2 - R. Manoel Martins Lemos, 2023

Fonte: Os autores (2023).

As figuras 3, 4 e 5 demonstram a ocupação de um bairro loteado na periferia de Arapiraca. O espaço passou por um processo de intensa ampliação, porém, as imagens presentes no aplicativo *Google Maps* são as de 2011, com cerca de mais de uma década de diferença. Trazer essa disparidade aos alunos ajudará não apenas a identificar as mudanças, mas o estudante poderá ser instigado a pensar o porquê de uma determinada imagem permanecer estática por mais de 10 anos.

Figura 3 - R. Padre Cícero, 2022

Fonte: Google Maps (2011).

Figura 4 - R. Padre Cícero, 2023

Fonte: Os autores (2023).

Figura 5 - R. Padre Cícero, 2023

Fonte: Os autores (2023).

Por fim, a sequência de imagens destaca o processo de ocupação realizado na última década, onde o espaço foi apropriado por famílias de baixa renda. Porém, novamente as

imagens presentes no aplicativo não trazem a ocupação dos terrenos, que aos poucos foi sendo realizada.

Figura 6 - R. Pitombeira, 2011

Fonte: Google Maps (2011).

Figura 7 - R. João Ferreira de Lima, 2011

Fonte: Google Maps (2011).

Figura 8 - R. José Barros Melo, 2011

Fonte: Google Maps (2011).

CONCLUSÃO

A pesquisa encontra-se em andamento, porém, espera-se que possa estimular o senso crítico de alunos e professores sobre as formas como as áreas da cidade são dadas a ver. Assim como professores sintam-se instigados a trazer a realidade vivenciada pelos alunos para sala de aula, como ferramenta didática, utilizadas no despertar sobre o local de vivência dos alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PEREIRA, R. H. M. et al. (2019). **Desigualdades socioespaciais de acesso a oportunidades nas cidades brasileiras**. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Texto para Discussão.

CORRÊA, R. L. (1989). **O espaço urbano**. 2 ed. São Paulo: Ática.

DO LUGAR A COMPREENSÃO DAS DESIGUALDADES SOCIOESPACIAIS URBANAS: UMA PROPOSTA DIDÁTICA USANDO O GOOGLE EARTH

***Alexsandra Bezerra de Sousa*[a]**

[(a)]*Ms. em Geografia pela UFRN, Técnica em Assuntos Educacionais na Universidade Federal do Norte do Tocantins, alesousa_jua@hotmail.com*

Resumo: Com o intuito de elaborar uma proposta didática para pensar a cidade e a produção do espaço urbano a partir das desigualdades socioespaciais nos anos finais do ensino fundamental, foi realizada uma pesquisa qualitativa embasada em fontes secundárias que subsidiaram o desenvolvimento das seguintes etapas: coleta, sistematização e análise das informações sobre os temas relacionados à cidade, espaço urbano, desigualdade socioespacial e geografia escolar. Em seguida, foi estruturada a discussão teórica e a elaboração da proposta didática: "Conhecendo o meu lugar a partir das desigualdades socioespaciais na cidade". Nessa proposta, a desigualdade socioespacial, objeto de estudo no componente curricular de geografia dos anos finais do ensino fundamental, é usada como base para analisar a dinâmica da produção do espaço urbano usando a geotecnologia Google *Earth*. Essa ferramenta tecnológica é percebida como meio com potencial para levar os alunos a compreender o papel que assumem diante da relação contraditória e combinada que se dá a produção do espaço urbano. Com a realização dessas etapas, observou-se que o estudo acerca das desigualdades socioespaciais na cidade usando ferramentas geotecnológicas tem potencial de possibilitar ou ampliar a percepção dos alunos para entender a produção e reprodução do espaço urbano.

Palavras-chave: Espaço urbano; Desigualdade socioespacial; Proposta didática; Geotecnologia; Educação Básica.

Abstract: In order to develop a didactic proposal to think about the city and the production of urban space based on socio-spatial inequalities in the final years of elementary school, qualitative research was carried out based on secondary sources that supported the development of the following steps: collection, systematization and analysis of information on topics related to the city, urban space, socio-spatial inequality and school geography. Then, the theoretical discussion and the elaboration of the didactic proposal were structured: "Knowing my place based on socio-spatial inequalities in the city". In this proposal, socio-spatial inequality is an object of study in the geography curricular component of the final years of elementary school, using Google Earth geotechnology as a basis for analyzing this dynamic, with the potential to lead students to understand the role they assume in the face of the contradictory relationship. and combined production of urban space. By completing these steps, it was observed that the study of socio-spatial inequalities in the city using geotechnological tools has the potential to enable or expand students' perception to understand the production and reproduction of urban space.

Keywords: Urban space; Socio-spatial inequality; Didactic proposal; Geotechnology; Basic education.

INTRODUÇÃO

Diante das transformações ocasionadas pela evolução tecnológica é imprescindível aos alunos da educação básica compreenderem como acontece o processo de produção e reprodução do espaço geográfico. A apropriação desse conhecimento pode potencializar a ação social dos atores envolvidos, possibilitando alterações e adaptações positivas no espaço pelos diferentes grupos sociais. Nesse sentido, o desenvolvimento de uma percepção geográfica se faz necessária para analisar o espaço vivido.

Apesar do estudo do lugar e da produção do espaço serem temas recorrentes no componente curricular de geografia, acredita-se que o estudo dessas temáticas, quando subsidiadas por geotecnologias e ancoradas a uma proposta didática estruturada, pode possibilitar os alunos a perceberem melhor as leis que regem a dinâmica socioespacial urbana, assim como, as inter-relações entre o local e global.

Para isso, refletir e selecionar junto com os alunos as questões que mais permeiam o espaço de vivência destes pode ser um caminho para obter elementos que motivem os alunos à participação ativa, além de possibilitar uma melhor compreensão acerca do espaço geográfico, sua dinâmica e das causas

e consequências das desigualdades socioespaciais. Diante disso, é necessário também criar estratégias de aprendizagem para que haja a construção de conceitos de forma autônoma e participativa e contribua para a formação do raciocínio geográfico.

Com base em vários autores, como Carlos (2005, 2018), Callai (2000), Cavalcanti (2008), Lefebvre (2008), entre outros, foi possível o desenvolvimento das etapas que serão descritas posteriormente, assim como a elaboração da proposta didática "Conhecendo o meu lugar a partir das desigualdades socioespaciais da cidade", voltada ao componente curricular de Geografia dos anos finais do ensino fundamental. A referida proposta tem como objetivo subsidiar práticas de ensino aprendizagem sobre o tema "cidade e espaço urbano" a partir da análise das desigualdades socioespaciais usando o *Google Earth* como recurso geotecnológico.

O presente estudo proporcionou a compreensão de que é possível e necessário aos alunos do ensino fundamental estudar as desigualdades socioespaciais presentes na cidade a partir de elementos que revelam, por meio da análise da forma, função, estrutura e processo, as desigualdades presentes em determinada porção do espaço geográfico.

MATERIAL E MÉTODO

O estudo apresentado é de cunho qualitativo e está ancorado nas discussões teóricas apresentadas por Carlos (2005, 2018), Callai (2000), Cavalcanti (2008), Corrêa (2003, 2005), Lefebvre (2008), Rodrigues (2007) e Santos (2000, 2008). As abordagens realizadas por esses autores possibilitaram a reflexão teórica-crítica sobre o tema em estudo, subsidiando a construção da proposta didática para estudar a cidade e o espaço urbano nos anos finais do ensino fundamental.

Para a concretização do objetivo geral, a saber, subsidiar práticas de ensino e aprendizagem sobre o tema "cidade e espaço urbano" a partir da análise das desigualdades socioespaciais usando o *Google Earth* como recurso geotecnológico, foram realizadas as etapas a seguir.

Em um primeiro momento foi realizada uma coleta de dados em sites, livros, periódicos, documentos oficiais, etc. Em seguida, esses dados foram categorizados nos seguintes temas: cidade, espaço urbano, modernidade, desigualdade socioespacial, lugar, espaço, geografia escolar, estudo da cidade no ensino fundamental e uso do *Google Earth* no ensino fundamental. Os dados coletados serviram de base para: 1. Analisar os fatores que produzem as desigualdades socioespaciais; 2. Perceber a necessidade de sistematizar essa temática de forma a atender os alunos que cursam os anos finais do ensino fundamental; 3. Fornecer recursos para a elaboração de estratégias de aprendizagem capazes de potencializar as habilidades cognitivas dos alunos acerca da compreensão da dinâmica local-global usando geotecnologias.

A segunda etapa consistiu na elaboração da proposta didática "Conhecendo o meu lugar a partir das desigualdades socioespaciais na cidade" voltada a subsidiar a prática de ensino no componente curricular de geografia dos anos finais do ensino fundamental.

Como resultado das etapas descritas anteriormente, apresentamos uma discussão teórica sobre as desigualdades socioespaciais na cidade, a sua relação com o lugar e a necessidade de estudar essa temática no componente curricular de geografia. Posteriormente, expomos uma proposta didática para trabalhar o tema desigualdade socioespacial na cidade voltada aos alunos dos anos finais do ensino fundamental. Nessa proposta enfatizamos a importância dessa discussão a partir da Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018) e apresentamos uma prática de ensino e aprendizagem usando o *Google Earth* como ferramenta possível para potencializar habilidades básicas preconizadas pela BNCC (2018) nos anos finais do ensino fundamental.

RESULTADO E DISCUSSÃO

1. A CIDADE E AS DESIGUALDADES SOCIOESPACIAIS

Diante do sistema urbano complexo produzido e vivenciado pela população do local ao global, é imprescindível estudar a dinâmica espacial urbana, a fim de compreender como as desigualdades socioespaciais são gestadas e impactam a vida dos indivíduos e da sociedade como um todo. Nesse

sentido, o lugar tornou-se o conceito base para a discussão aqui apresentada, por permitir pensar a cidade a partir do espaço de vivência do aluno. Segundo Hall (2011, p. 72), o lugar enquanto espaço concreto e singular é "o ponto de práticas sociais específicas que nos moldaram e nos formaram e com as quais nossas identidades estão estreitamente ligadas", daí a necessidade de compreendê-lo.

Segundo Giddens (1991, p. 22), com a modernidade, o espaço cada vez mais se separa do lugar, tornando-se esse último "fantasmagórico: isto é, os locais são completamente penetrados e moldados em termos de influências sociais bem distantes deles", assim, a cidade enquanto lugar do concreto e do visível, mas também do percebido, passa a ser usada de diferentes formas por seus agentes. Carlos (2005, p. 22) ressalta que "o uso diferenciado da cidade demonstra que esse espaço se constrói e se reproduz de forma desigual e contraditória, *onde (grifo nosso)* a desigualdade espacial produz desigualdade social", desigualdade essa vivenciada pelos mais diversos agentes sociais em sua maioria de forma passiva.

Logo, as desigualdades gestadas no decurso do processo de desenvolvimento das cidades, vinculadas diretamente ao processo de industrialização e urbanização capitalista, impactam diretamente a vida dos indivíduos. Nesse cenário, a globalização figura como principal fator das transformações do local ao global, ao possibilitar a "compressão do espaço-tempo", que segundo Hall (2011, p. 69) é "a aceleração dos processos globais, de forma que se sente que o mundo é menor e as distâncias mais curtas, que os adventos em um determinado lugar têm um impacto sobre as pessoas e lugares situados a uma grande distância".

Assim, a cidade enquanto "lugar concreto das práticas sociais" (Hall, 2011, p. 72) e arena de atuação do capital foi perdendo seu valor de uso ao se inserir na dinâmica do sistema capitalista, passando a ter um valor de troca. Neste sentido, a cidade é o lugar onde se concretiza a desigualdade socioespacial, e esta é um meio para identificar e estudar as

> formas e conteúdo da apropriação e da propriedade, da mercadoria terra e das edificações, da cidade mercadoria, da exploração e da espoliação da força de trabalho, da acumulação desigual no espaço, da presença e da, aparentemente paradoxal, ausência do Estado capitalista no urbano (Rodrigues, 2007, p. 74).

Nessa direção, Lefebvre, em 1968, já anunciava a importância da estrutura, função e forma para estudar a dinâmica do espaço urbano. Segundo o autor, é necessário compreender "que função e estrutura se revestem de formas que as revelam e que as ocultam - que a triplicidade desses aspectos constitui um todo que é mais que esses aspectos, elementos e partes" (Lefebvre, 2001, p. 110).

Em 1985, Milton Santos elucidou o seu método para estudo do espaço definindo as categorias analíticas que são estrutura, processo, função e forma. Segundo o autor, essas "representam o verdadeiro movimento da totalidade" e "definem o espaço em relação à sociedade" (Santos, 2008, p. 77). Logo, a realidade espacial e sua evolução devem ser analisadas levando em consideração essas quatro categorias concomitantemente de forma relacional, funcional e estrutural.

Corrêa (2003) reafirma essa necessidade ressaltando que o uso dessas categorias em uma relação dialética é necessária para se fazer "uma análise capaz de captar a organização espacial de uma dada sociedade em um determinado momento e a sua dinâmica espacial" (Corrêa, 2003, p. 28-29).

Logo, essa análise deve se dar a partir da compreensão de que os seres humanos ao desenvolverem práticas articuladas desencadeiam o processo de organização do espaço. Essas práticas espaciais são definidas por Corrêa (2003, p. 35) como "um conjunto de ações espaciais localizadas que impactam diretamente sobre o espaço, alterando-o no todo ou em parte ou preservando-o em suas formas e interações espaciais".

Essas práticas são desenvolvidas de formas diferentes por seus agentes, se mostrando também de forma desigual sobre o território. Lefebvre (2001) demonstra isso ao falar sobre o assalto da cidade pela industrialização, ressaltando que, na cidade,

> Num tal processo intervêm ativamente, voluntariamente, classes ou frações de classes dirigentes, que possuem o capital (os meios de produção) e que geram não apenas o emprego econômico do capital e os investimentos produtivos, como também a sociedade inteira, com o emprego de uma parte das riquezas produzidas na "cultura", na arte, no conhecimento, na ideologia. Ao lado, ou antes, diante dos grupos sociais dominantes (classes e frações de classes), existe a classe operária: o proletariado, ele

> mesmo dividido em camadas, em grupos parciais, em tendências diversas, segundo os ramos da indústria, as tradições locais e nacionais (Lefebvre, 2001, p 21).

Nesse sentido, Corrêa (2005, p. 9) afirma que o espaço urbano é "fragmentado e articulado, reflexo e condicionante social, um conjunto de símbolos e campo de lutas, a própria sociedade em uma de suas dimensões, aquela mais aparente, materializada nas formas espaciais". Ou seja, o espaço é *locus* da reprodução da sociedade (Corrêa, 2003, p. 26).

É nesse processo que se dão as desigualdades socioespaciais, aqui compreendidas como as diferentes possibilidades de acesso a espaços e serviços da cidade, bem como, as relações que se estabelecem no território. Essa dinâmica é materializada no território usado que, segundo Santos (2000, p. 109) é uma totalidade que nos permite perceber a "estrutura global da sociedade e, de outro lado, a própria complexidade do seu uso", onde atuam de diferentes formas diferentes atores sociais. Ou seja, enquanto

> os atores hegemônicos têm o *território usado* como um recurso, garantia dos seus interesses particulares; os atores hegemonizados têm o território como um abrigo, buscando constantemente se adaptar ao meio geográfico local, ao mesmo tempo que recriam estratégias que garantam sua sobrevivência nos lugares (Santos, 2000, p. 109).

Nessa perspectiva, estudar a cidade por meio das desigualdades socioespaciais possibilita compreender como as ações globais influenciam o lugar e vice-versa, provocando a reprodução das relações sociais de produção e reprodução da sociedade no espaço geográfico. Logo, essa abordagem dialética do espaço é tema fundamental na educação básica, pois permite a compreensão do espaço vivido e percebido pelo educando, podendo levá-lo a perceber as ações dos diferentes agentes atuando no espaço geográfico.

Considera-se imprescindível aos docentes que lecionam Geografia nos anos finais do ensino fundamental, essa percepção dialética do espaço ao abordarem a temática da cidade a fim de possibilitar aos alunos compreenderem como as práticas sociais que se dão no espaço tornam-se "meios efetivos através dos quais objetiva-se a gestão do território, isto é, a administração e o controle da organização ou a própria sociedade como um todo" (Corrêa, 2003, p. 35), levando a produção e reprodução do espaço urbano.

1.1 O lugar e as desigualdades socioespaciais

Com o movimento contraditório e combinado que se dá o desenvolvimento das cidades, decorrente da modernidade e do advento da globalização, cada vez mais as práticas sociais que se estabelecem no espaço por seus diferentes atores (governo, empresas, sociedade, indivíduo) provocam desigualdades socioespaciais em diferentes escalas de análise. No entanto, estas são melhor sentidas e percebidas a nível local.

Segundo Callai (2008, p. 109), "um lugar é a reprodução, num determinado tempo e espaço, do global e do mundo". Esse fragmento do espaço contido na cidade, ou seja, o lugar, é moldado por relações complexas internas e externas a ele. Entender como se dão essas relações que gestam situações específicas no lugar é um passo importante para se compreender as desigualdades socioespaciais na cidade, bem como entender como cada lugar cria sua própria identidade no sistema globalizado.

No entanto, não se pode esquecer que o espaço urbano é produto da ação humana e social em mutação constante. Como aponta Carlos (2018, p. 86), "quando pensamos a cidade como o construído nos enganamos, pois, a cidade é antes de mais nada trabalho humano materializado em casas, prédios, praças, viadutos. É o trabalho social que produz a cidade enquanto espaço da vida urbana, dos contatos imediatos do dia a dia".

É na cidade, e mais especificamente no "lugar cotidiano", onde aparecem as leis que regem a dinâmica do mundo globalizado, expondo os contrastes do mundo moderno, evidenciando a influência da tecnologia pela mudança da percepção do tempo e do espaço, onde o primeiro encolhe-se e o segundo dilata-se ao romper os limites territoriais nas mais diferentes escalas e pela disseminação dos meios de comunicação.

Para Callai (2008, p. 126), o “lugar cotidiano funciona como laboratório para compreender o mundo e as diferentes formas de vida do homem”. Nesse sentido, é necessário atentar para as nuances das relações que se dão no lugar, pois, segundo Giddens (1991, p. 22), “o que estrutura o local não é simplesmente o que está presente na cena; a ‘forma visível’ do local oculta as relações distanciadas que determinam sua natureza”.

Logo, estudar a cidade por meio das desigualdades socioespaciais que se dão nesse espaço pode possibilitar ao aluno da educação básica, em especial do ensino fundamental, perceber que

> A cidade é ante de mais nada trabalho objetivado, materializado, fruto do processo de produção realizado ao longo de uma série de geração, que aparece por meio da relação entre o 'construído' (casa, ruas, avenidas, estradas, edificações, praças) e o "não construído" (o natural) de um lado; e de outro, o movimento tanto no que se refere ao deslocamento de homens e mercadorias quanto aquele referente às marcas que representam momentos históricos diferentes, produzidos na articulação entre o novo e o velho (Carlos, 2018, p. 86).

Mas como trazer à luz da sala de aula esta discussão capaz de possibilitar ao aluno apreender essa dinâmica espacial? Segundo Callai (2008, p. 127), “há que se perceber este processo em dois níveis: na sua horizontalidade, isto é, nos dados materiais presentes na organização horizontal do espaço, e, na sua verticalidade, quer dizer, na questão social, nas relações de trabalho e nas relações sociais em geral”, pois, isto permitirá compreender como é produzido o espaço, como vivem e trabalham as populações.

A partir dessas colocações, abordamos a seguir o conceito de lugar e sua importância para estudar a cidade no componente de Geografia do ensino fundamental.

2. DO LUGAR A COMPREENSÃO DA DINÂMICA SOCIOESPACIAL

Sendo o conhecimento geográfico, um elemento importante para a formação do aluno crítico-reflexivo, por possibilitar um entendimento do espaço a partir das interações que se dão em diferentes escalas, é imprescindível oportunizar ao aluno a compreensão do espaço que vivencia e, em especial, da dinâmica que rege as relações que constroem esse espaço. Segundo Cavalcanti (2008),

> Para que os alunos entendam os espaços de sua vida cotidiana, que se tornam extremamente complexos, é necessário que aprendam a olhar, ao mesmo tempo, para um contexto mais amplo e global, do qual todos fazem parte, e para os elementos que caracterizam e distinguem seu contexto local (Cavalcanti, 2008, p. 43).

Diante disso, é necessário considerar o lugar de vivência do aluno, objetivando a formação de conceitos gerais, que ao ser mediado pelo docente é capaz de possibilitar a realização de estudos críticos sobre o espaço cotidiano.

Logo, há que se conceber no ensino de Geografia o espaço nas suas multidimensionalidades, ou seja, como um complexo composto por “tudo e todos: compreendendo todas as estruturas e formas de organização e interações” (Castrogiovanni, 2000, p. 12). Para isso, é fundamental que o docente perceba o processo de construção do conhecimento de forma dinâmica, como “um processo não linear, mas de construção pelos alunos de conhecimentos novos, na busca do entendimento das suas próprias vivências, considerando os saberes que trazem consigo e desvendando as explicações sobre o lugar” (Callai, 2008, p. 106).

Percebeu-se, no entanto, que a busca dessa prática tem levado, cada vez mais, os profissionais que lecionam Geografia na educação básica a fazer uso de meios que potencializam a construção de forma autônoma pelo aluno, sobretudo, ao que se refere ao entendimento das relações dinâmicas que produzem e reproduzem o espaço geográfico, sendo o docente mediador desse processo. São exemplos os estudos que versam sobre práticas de ensino na educação básica abordando o espaço urbano, estes apresentam metodologias de ensino participativas em que os alunos são provocados a perceberem a cidade a partir do seu lugar de vivência, por meio de fotografias, imagens de satélites, mapas, práticas de campo, entre outros.

Diante disso, observou-se que apesar de inúmeros trabalhos já disponibilizados nos mais diversos meios, era possível conceber uma proposta didática ancorada nos documentos oficiais (BNCC, 2018) mediada por geotecnologia para compreender a dinâmica socioespacial urbana. Assim, será apresentado a seguir a importância das tecnologias, em especial as geotecnologias, para o desenvolvimento de novas práticas pedagógicas e a ampliação das possibilidades de estudar a cidade e o espaço urbano a partir destas.

2.1. *Google Earth* como ferramenta para análise das desigualdades socioespaciais

Ao afirmar que "o lugar é o ponto de início e de chegada para a concretização da modernidade" Hall (2011, p. 69), nos provoca a entender a dinâmica socioespacial que produz e reproduz o espaço cotidiano enquanto produto do processo de urbanização e globalização. Assim, trabalhar esta temática no componente curricular de Geografia torna-se imprescindível para que os alunos compreendam como ocorre a desigualdade socioespacial urbana.

Para isso, cabe ao professor, enquanto responsável pelo componente curricular de Geografia da educação básica, buscar novas metodologias para conseguir abarcar toda a complexidade vivenciada no lugar pelo aluno e relacioná-la às teorias que embasam a presente discussão.

Logo, com o avanço tecnológico e das novas formas metodológicas de ensino e aprendizagem, o uso de instrumentos tecnológicos se tornou uma necessidade e uma realidade explorada no espaço escolar. Com o uso das tecnologias da informação e comunicação (TIC's), tem se tornado possível a realização de processos de aprendizagem mais dinâmicos e próximos da realidade dos alunos, como ressalta Moran, Masetto e Behrens (2000) a seguir:

> a aquisição da informação, dos dados, dependerá cada vez menos do professor. As tecnologias podem trazer, hoje, dados, imagens, resumos de forma rápida e atraente. O papel do professor - o papel principal - é ajudar o aluno a interpretar esses dados, a relacioná-los, a contextualizá-los (Moran; Masetto; Behrens, 2000, p. 29-30).

Dentre as tecnologias usadas, ganha destaque na geografia as geotecnologias, enquanto ferramenta didática pedagógica capaz de viabilizar a análise socioespacial de um fragmento ou de todo o território. Segundo Passini (2012, p.12), as geotecnologias consistem em uma "inteligência espacial e estratégica que permite ao sujeito ler o espaço, ou seja, interpretar e compreender por meio da leitura dos mapas ou imagens os eventos geográficos ocorridos na terra".

Na mesma perspectiva, Rosa (2005) destaca que as "geotecnologias são um conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica", estas são meios que têm possibilitado análises mais aguçadas acerca do espaço geográfico.

Dentre as geotecnologias usadas por educadores, destaca-se o *Google Earth*, este trata-se de um *software* privado criado por uma empresa estadunidense, mas que disponibiliza parte dos recursos da plataforma para uso de forma gratuita. Entre esses recursos destacamos a possibilidade de demarcar, analisar e criar mapas através de imagens de satélite que são disponibilizadas livremente. Vale salientar que um dos diferenciais do *Google Earth*, quando comparado a outros *softwares*, é o fato de ter uma visão tridimensional do globo, como se tivéssemos sobrevoando pelo local observado. Logo, essa ferramenta apresenta grande potencial de uso para diversos fins, inclusive educacional.

Fazendo uso das potencialidades das geotecnologias, os docentes podem realizar diversas práticas pedagógicas, seja, de forma disciplinar ou interdisciplinar. No entanto, o que interessa aqui é o seu uso, enquanto meio, para a análise da desigualdade socioespacial na cidade por alunos que cursam os anos finais do ensino fundamental.

Diante do exposto, elaboramos uma proposta didática voltada aos alunos que cursam os anos finais do ensino fundamental, na qual apresentamos um procedimento didático que possibilitará o docente que leciona Geografia, enquanto mediador do processo de ensino aprendizagem, discutir com os alunos a problemática da desigualdade socioespacial na cidade usando como ferramenta pedagógica a geotecnologia *Google Earth*.

A escolha desse *software* para uso na proposta didática se deu por: ser de uso gratuito; permitir a realização de estudos em diferentes escalas de análises, inclusive a escala local; e, por seu uso

possibilitar o desenvolvimento da competência três orientada pela BNCC (2018) referente ao componente de Geografia do ensino fundamental, ou seja,

> Desenvolver autonomia e senso crítico para compreensão e aplicação do raciocínio geográfico na análise da ocupação humana e produção do espaço, envolvendo os princípios de analogia, conexão, diferenciação, distribuição, extensão, localização e ordem (Brasil, 2018, p. 366).

Logo, a proposta que será apresentada adiante, ao contemplar a discussão acerca da cidade e do espaço urbano, torna-se um meio de potencializar o desenvolvimento das habilidades apresentadas na BNCC (2018) voltadas aos anos finais do ensino fundamental.

Antes de se ater à descrição da proposta, destaca-se que não será apresentado um tutorial de como usar o *Google Earth,* por observar que na rede mundial de computadores é possível que o docente obtenha as noções básicas de como usar o referido programa, a partir de orientações disponibilizadas em tutoriais pela empresa ou mesmo nas plataformas de vídeos onde é possível encontrar atualmente uma vasta quantidade de materiais explicativos de conhecimentos técnicos a práticas didáticas para uso no espaço escolar. Assim, é necessário que o docente tenha um conhecimento básico acerca do uso do *software* citado e disponha de computadores com internet para uso das imagens em diferentes escalas.

2.2. Conhecendo o meu lugar a partir das desigualdades socioespaciais na cidade

A proposta didática "Conhecendo o meu lugar a partir das desigualdades socioespaciais da cidade" é resultado das pesquisas realizadas e da inquietação de como auxiliar o docente que leciona Geografia nos anos finais do ensino fundamental, na mediação da abordagem de temas relacionados à cidade e ao espaço urbano proposto pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018). Essa proposta trata-se da apresentação sistemática de como trabalhar o tema cidade e o espaço urbano a partir das desigualdades socioespaciais no espaço escolar e tem como objetivo levar os alunos a perceberem como se dar a produção do espaço urbano a partir da análise das desigualdades socioespaciais na cidade usando o *Google Earth.*

Para isso, sugerimos que seja trabalhado com os alunos os conteúdos elencados a seguir:

a. Cidade e espaço urbano - estruturando conceitos e diferenciação;

b. Desigualdades socioespaciais - o que é e como se produzem?;

c. Elementos e aspectos das desigualdades socioespaciais (segregação espacial, centralidades, infraestrutura urbana, instalações públicas, mobilidade, entre outras);

d. Análise das desigualdades socioespaciais na cidade usando o *Google Earth*;

e. Elaboração de *posts* para publicação no *facebook* ou *instagram,* uma manifestação crítica das desigualdades socioespaciais.

Esse conjunto de conteúdos e ações que serão desenvolvidas servirão de base para o desenvolvimento das habilidades apresentadas a seguir (Quadro 01).

O tempo estimado para a execução da proposta corresponde a quatro horas-aula, sendo necessário a disponibilidade de computadores ou celulares com acesso à internet para uso do *software Google Earth* e da atividade final. Para a realização da proposta didática organizamos quatro etapas que devem ser fragmentadas dentro do tempo previsto, ou seja, quatro horas-aula. Cada etapa dependerá do desempenho e envolvimento da turma, a seguir detalhamos como desenvolver cada uma.

No primeiro momento, é importante que os alunos sejam introduzidos ao assunto proposto, para isto, sugerimos que o professor selecione um vídeo curto sobre a cidade e o espaço urbano e oriente os alunos a assisti-lo em casa antes da aula, refletindo sobre questões norteadoras, tais como: o que é a cidade e o que é espaço urbano? Quais os aspectos de cada um? entre outros. Ressaltamos que esse exercício é apenas uma forma de possibilitar o aluno a iniciar a elaboração e mostrar a sua primeira noção sobre o tema.

Durante o primeiro encontro sugerimos que o professor use uma dinâmica de grupo, como, por exemplo, criação de um mapa mental coletivo construído com pedaços de papel que podem ser organizados no chão ou na parede. Esse momento é de socialização e introdução da discussão sobre o

tema “Cidade e espaço urbano: estruturando conceitos e diferenciação”, ao mesmo tempo que será iniciada a abordagem do tema “Desigualdades socioespaciais na cidade: o que é e como se produzem?”, pois ambos estão conectados. É importante orientar para casa a realização de uma pesquisa sobre os temas discutidos sempre buscando aproximar a discussão com o espaço de vivência do aluno. A turma pode ser dividida em grupos onde cada um ficará responsável por apresentar no encontro seguinte às suas descobertas. Outra sugestão é a orientação direta por meio de textos selecionados que possibilitem os alunos a se aprofundarem na temática, sempre instigando a investigação.

Quadro 01: Habilidades que podem ser potencializadas com o desenvolvimento da proposta didática "Conhecendo o meu lugar a partir das desigualdades socioespaciais na cidade"

7º ANO	**(EF07GE07)** Analisar a influência e o papel das redes de transporte e comunicação na configuração do território brasileiro.
	(EF07GE08) Estabelecer relações entre os processos de industrialização e inovação tecnológica com as transformações socioeconômicas do território brasileiro.
8º ANO	**(EF08GE17)** Analisar a segregação socioespacial em ambientes urbanos da América Latina, com atenção especial ao estudo de favelas, alagados e zonas de riscos.
9º ANO	**(EF09GE05)** Analisar fatos e situações para compreender a integração mundial (econômica, política e cultural), comparando as diferentes interpretações: globalização e mundialização.
	(EF09GE11) Relacionar as mudanças técnicas e científicas decorrentes do processo de industrialização com as transformações no trabalho em diferentes regiões do mundo e suas consequências no Brasil.
	(EF09GE12) Relacionar o processo de urbanização às transformações da produção agropecuária, à expansão do desemprego estrutural e ao papel crescente do capital financeiro em diferentes países, com destaque para o Brasil.
	(EF09GE14) Elaborar e interpretar gráficos de barras e de setores, mapas temáticos e esquemáticos (croquis) e anamorfoses geográficas para analisar, sintetizar e apresentar dados e informações sobre diversidade, diferenças e desigualdades sociopolíticas e geopolíticas mundiais.

Fonte: BNCC (2018).

Já no segundo momento, a partir das discussões anteriores, o professor apresentará e orientará o uso do *Google Earth*, auxiliando os alunos a delimitarem a área que será objeto de estudo. Em seguida deve-se levar os alunos a explorarem a ferramenta de forma pedagógica, ou seja, a partir de questões orientadoras para que possam analisar as desigualdades socioespaciais na cidade.

Cabe salientar que o professor irá, junto com a turma, observar alguns dos elementos e aspectos das desigualdades socioespaciais da cidade estudada e, posteriormente, orientar a realização da atividade apresentada a seguir (Quadro 02). Essa etapa pode ser realizada individualmente ou em grupo, se o professor preferir pode criar uma tabela compartilhada para que os alunos organizem coletivamente as informações observadas.

Após elencados os elementos que caracterizam as desigualdades socioespaciais, o professor deve orientar os alunos a observar os bairros em que residem questionando a localização e a existência de fatores x que se encontram ou não em y e não em z etc. A seguir, exemplificamos como explorar alguns elementos a partir do uso do *Google Earth* (Quadro 02).

Vale salientar que as ações podem ser realizadas com o auxílio de mapas municipais ou apenas orientadas a partir das imagens de satélite. Os elementos e as ações aqui apresentados trata-se apenas de alguns exemplos que podem ser explorados pelo docente, ficando a critério do mesmo a seleção de um ou mais aspectos a serem trabalhados com os alunos.

Quadro 02: Elementos que caracterizam a desigualdade socioespacial e a análise que pode ser realizada com uso do *Google Earth*

Elementos para entender como se dão as desigualdades socioespaciais		
Elementos para análise	**Usando o *Google Earth* os alunos irão...**	**Questionar os alunos do...**
Segregação espacial	Observar o seu bairro e a partir deste comparar com outros bairros de características sociais diferentes, a fim de identificar os elementos na paisagem que mostrem a diferença entre x, y e z.	Por que de tais características e da localização das mesmas? Quais as consequências desta para a população? Como poderia ser para melhor a qualidade de vida de todos?
Centralidades	Identificar onde se concentram os polos de serviços ofertados na cidade, fábricas, habitações, etc.	Por que de determinadas concentrações e sua localização? O que levou a essas centralidades e quais as consequências? Como poderia ser para melhor a qualidade de vida de todos?
Infraestrutura urbana	Observar a infraestrutura urbana do seu bairro comparando com outros, tentando identificar como está organizado(disposição de ruas, calçadas, arborização, etc.), ruas asfaltadas, iluminação das vias públicas, organização do trânsito entre outros.Pedir para observar como está distribuído na cidade serviços como saneamento básico, ruas asfaltadas, iluminação pública, etc.	Por que em alguns bairros existe melhor infraestrutura urbana que outros? Por que bairros recém-criados com pouca ou nenhuma ocupação apresentam melhor infraestrutura urbana que outros antigos com concentração de moradores? Questionar a necessidade desta infraestrutura. Como poderia ser para melhor a qualidade de vida de todos?
Instalações públicas	Orientar os alunos a identificarem as instalações públicas localizadas no seu bairro e posteriormente comparar com outros bairros com características sociais diferentes, destacando as instalações públicas que forem identificadas (escolas, praças, postos de saúde, assistência social, hospitais, área de lazer etc.).	Por que alguns bairros têm determinadas instalações públicas e outros não? Por que as áreas públicas de lazer se concentram em determinada localidade e a quem serve? Por que alguns bairros com pouca ocupação apresentam escola com melhor infraestrutura e outros com grande concentração de pessoas ainda não? Como poderia ser para melhor a qualidade de vida de todos?
Mobilidade urbana	Identificar as principais formas de locomoção no seu bairro, posteriormente em outros bairros e na cidade como um todo. Pode pedir aos alunos que identifiquem o ponto de transporte coletivo mais próximo da sua residência, da escola e posteriormente observar outros bairros, comprar a frequência de horário; identificar como estão organizadas as ruas de acesso principal a cidade na área central e nos bairros periféricos, a quem servem.	Por que em alguns bairros um maior número de pessoas precisa de transporte público ou mesmo se deslocam a pé pela cidade? Por que tem menos fluxos de pessoas se deslocando a pé ou de ônibus? Como as pessoas de determinados bairros têm acesso aos pontos centrais e serviços necessários na cidade? Como poderia ser para melhor a qualidade de vida de todos?

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No terceiro momento, o docente mediará a exposição dos alunos ao socializarem a experiência de usar uma geotecnologia para estudar geografia e, a apresentação e discussão das observações realizadas na etapa anterior. Em seguida, irá orientá-los a criar uma página no *Facebook* ou *Instagram*

para apresentar as observações analisadas com produção de imagens (podem ser coletadas a partir do *Google Earth* ou na própria localidade observada) e textos curtos pelos próprios alunos.

É importante que o objetivo da ação esteja claro para os alunos, ou seja, mostrar as desigualdades socioespaciais na cidade, como se apresentam e a quem mais afetam positiva e negativamente, pois poderão com maior facilidade perceber como estes aspectos influenciam a sua vida, a dos demais moradores do bairro ou da cidade, e possivelmente em uma escala global.

No quarto momento, sugerimos que os alunos apresentem para comunidade escolar e a própria comunidade o resultado do trabalho realizado de forma coletiva e participativa, buscando dar visibilidade a suas percepções e ao mesmo tempo apresentando a realidade local para os demais envolvidos, pais, professores, colegas, comunidade, ou seja, a sociedade como um todo.

Mediante o exposto, destacamos os seguintes aspectos para avaliação: a participação dos alunos na elaboração e discussão das análises; a participação e contribuição durante a elaboração do roteiro de análise das desigualdades socioespaciais; a participação na roda de conversa sobre a experiência obtida durante a análise das desigualdades socioespaciais usando o *Google Earth*; e a participação na elaboração das postagens para a página do *Facebook ou Instagram*.

Ao concluir todas as etapas, orientamos o docente a realizar um *feedback* aos alunos ressaltando os pontos mais relevantes do processo de desenvolvimento destes e das suas observações, pois compreendemos que este é um momento importante de valorização da participação e de estruturação da autonomia preceptiva dos estudantes, além de ser um momento motivacional.

Assim, acreditamos que a proposta didática pedagógica aqui apresentada, ao possibilitar os alunos perceberem as desigualdades socioespaciais como a "expressão do processo de urbanização capitalista, um produto da reprodução ampliada do capital que se perpetua como condição de permanência da desigualdade social" (RODRIGUES, 2007, p. 74), pode contribuir significativamente para o desenvolvimento do raciocínio geográfico se aproximando dos objetivos centrais da BNCC referente aos anos finais do ensino fundamental, a saber:

> [...] contribuir para o delineamento do projeto de vida dos jovens alunos, de modo que eles compreendam a produção social do espaço e a transformação do espaço em território usado. Anseia-se, também, que entendam o papel do Estado-nação em um período histórico cuja inovação tecnológica é responsável por grandes transformações socioespaciais, acentuando ainda mais a necessidade de que possam conjecturar as alternativas de uso do território e as possibilidades de seus próprios projetos para o futuro. Espera-se, também, que, nesses estudos, sejam utilizadas diferentes representações cartográficas e linguagens para que os estudantes possam, por meio delas, entender o território, as territorialidades e o ordenamento territorial em diferentes escalas de análise (BRASIL, 2018, p. 383).

Desta forma, a proposta apresentada é um meio de potencializar a formação do raciocínio geográfico, ao permitir o aluno refletir sobre seu espaço de vivência e, sob a mediação do professor, formar conceitos gerais sobre o espaço vivido, concebido e percebido.

CONCLUSÃO

A percepção do aluno frente à aquisição dos conhecimentos geográficos, ou seja, hora envolvido no processo de elaboração desse conhecimento, se sentido à vontade, e, hora alheio a esse processo, demonstrando insegurança e limitação, mostra a necessidade de trabalhar a cidade e o espaço urbano na Geografia Escolar por ser esse um dos temas mais próximos ao contexto vivenciado pelos alunos independente da localidade que residem. A relevância dessa temática se dá sobretudo pelo fato do aluno estar envolvido no processo de produção do espaço. Entender as contradições desse processo pode-os possibilitar a mudar a estrutura, influenciando a mudança das funções em formas antigas de gestão do território.

A manifestação crítica reflexiva é um caminho que pode possibilitar a tomada de atitude buscando exercer os direitos e deveres na cidade. Nesse sentido, a escola se torna o cenário que orienta a estruturação dessa forma de pensar e a geografia ganha notoriedade ao fornecer elementos para o desenvolvimento do raciocínio geográfico.

Assim, a atuação docente, enquanto mediador do processo de aprendizagem, é imprescindível para que os alunos possam assumir o seu papel de sujeito social que influencia direta e indiretamente as diversas relações que produzem e reproduzem a cidade e o espaço urbano.

Acreditamos que a discussão e a proposta didática apresentada aqui poderão subsidiar professores que buscam possibilitar uma formação crítico reflexiva aos seus alunos, bem como, aqueles que se preocupam com a mudança das dinâmicas que regem as desigualdades socioespaciais na cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Ministério da Educação**. Base Nacional Curricular Comum. Brasília, 2018.

CARLOS, A. F. A. **A cidade**. 8º ed. São Paulo: Contexto, 2005.

_____. (org.) **A Geografia na Sala de Aula**. 9º ed., São Paulo: Contexto, 2018.

CALLAI, H. C. Estudar o lugar para compreender o mundo. In: CASTROGIOVANNI, A. C. (org.) **Ensino de Geografia: práticas e textualizações no cotidiano**. Porto Alegre: Mediação, 2000.

CASTROGIOVANNI, A. C.; CALLAI, H. C.; KAERCHER, N. A. **Ensino de Geografia:** práticas e textualizações no cotidiano. Porto Alegre: Editora Mediação, 2008.

CAVALCANTI, L. S. **A geografia escolar e a cidade**: ensaios sobre o ensino de geografia para a vida urbana cotidiana. Campinas, SP: Papirus, 2008.

CORRÊA, R. L. Espaço: um conceito-chave da Geografia. In: CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. (orgs) **Geografia: Conceitos e Temas**. 6º ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

_____. **O espaço urbano.** 4º ed. - São Paulo: Editora Ática, 2005.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. Tradução: Raul Fiker. São Paulo: Editora UNESP, 1991.

HALL, S. **A identidade cultural na Pós-modernidade**. Tradução: Tomaz Tadeu da Silva e Guaracira Lopes Louro. 11º ed. - Rio de Janeiro: DP&A, 2011.

LEFEBVRE, H. **O direito à cidade**. Tradução: Rubens Eduardo Farias. 5º ed. - São Paulo: Centauro, 2008.

MORAN, J. M..; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica.** 10. ed. Campinas: Papirus, 2000.

PASSINI, E. Y. **Alfabetização Cartográfica e a aprendizagem de Geografia.** São Paulo: Cortez Editora, 2012.

RODRIGUES, M. A. Desigualdades Socioespaciais: A luta pelo direito à cidade. In: **Revista Cidades**. v. 4, nº 6, p. 73-88, 2007.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia.** v 16, p. 81-90, 2005. Acesso em: 20 de ago. de 2020.

SANTOS, M. O papel ativo da Geografia: um manifesto. In: **Território/LAGET-UFRJ**. Rio de Janeiro: UFRJ. Ano V, nº 9, p. 103 - 109, jul/dez, 2000.

SANTOS, M. **Espaço e Método**. 5º ed. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

O MAPBIOMAS COMO PROPOSTA DIDÁTICA PARA ANÁLISE DA PERDA DE RECURSOS NATURAIS E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM BIOMAS BRASILEIROS

Vitor Alfredo de Santana Silva[(a)], Maria Jaqueline Oliveira da Silva[(b)], Victória Regina da Silva Cruz[(c)], Jesse James Silva[(d)]

[(a)] Departamento de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, vitor.alfredo@ufpe.br
[(b)] Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, jaqueline.osilva2@ufpe.br
[(c)] Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, victoria.cruz@ufpe.br
[(d)] Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, jesse.jamessilva@ufpe.br

Resumo: O programa MapBiomas destaca-se como uma ferramenta eficaz de mapeamento e monitoramento ambiental, desempenhando um papel crucial ao inspirar ação governamental e mobilizar a sociedade na defesa de um ambiente ecologicamente equilibrado. No âmbito do uso e ocupação do solo, problemas críticos como desmatamento, agropecuária e mineração emergem como catalisadores de mudanças nas paisagens, resultando em contaminação e poluição do solo, água e ar. A promoção da consciência ambiental coletiva torna-se imperativa diante da ameaça atual de perda de recursos naturais, demandando uma nova perspectiva. Este estudo visa não apenas demonstrar a eficácia do MapBiomas na análise do uso do solo em diversos biomas brasileiros, mas também propõe uma abordagem inovadora: o desenvolvimento de um jogo educativo como ferramenta didática para fomentar a educação ambiental. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, baseada em revisão bibliográfica aprofundada sobre biomas, uso e ocupação do solo, impactos ambientais e gamificação. Adicionalmente, dados com projeções de 37 anos foram empregados para permitir comparações com o cenário atual de uso do solo. Este estudo possui o potencial de instigar mudanças significativas na compreensão e abordagem de questões ambientais pelos alunos, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e promovendo um futuro mais sustentável para o Brasil e o mundo.

Palavras-chave: Proposta Didática; Monitoramento; Uso e Ocupação do Solo; Educação ambiental.

Abstract: The MapBiomas program stands out as an effective tool for environmental mapping and monitoring, playing a crucial role in inspiring governmental action and mobilizing society to advocate for an ecologically balanced environment. In the realm of land use and occupation, critical issues such as deforestation, agriculture, and mining emerge as catalysts for landscape changes, resulting in soil, water, and air contamination and pollution. The promotion of collective environmental awareness becomes imperative in the face of the current threat of natural resource loss, necessitating a fresh perspective. This study aims not only to demonstrate the effectiveness of MapBiomas in analyzing land use in diverse Brazilian biomes but also proposes an innovative approach: the development of an educational game as a didactic tool to foster environmental education. The research adopted a qualitative approach, based on an in-depth literature review on biomes, land use and occupation, environmental impacts, and gamification. Additionally, data with projections spanning 37 years were employed to enable comparisons with the current land use scenario. This study has the potential to instigate significant changes in how students understand and approach environmental issues, contributing to the preservation of natural resources and promoting a more sustainable future for Brazil and the world.

Keywords: Didactic Proposal; Monitoring; Land Use and Land Cover; Environmental Education.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de grande diversidade, com seis biomas distintos e extensas reservas de carbono em suas florestas e solos, além de possuir as maiores reservas de água doce do mundo. No entanto, devido à sua expressiva produção de commodities agrícolas, o país desempenha um papel significativo nas mudanças globais no uso da terra e nas emissões de gases de efeito estufa. A degradação dos recursos naturais torna-se cada vez mais evidente, impactando os processos naturais em níveis físicos, químicos e biológicos (Junior et al., 2020). O desafio da restauração dessas áreas ao seu estado natural é complexo, dado o aumento da agropecuária, mineração e desmatamento nos biomas brasileiros. Além disso, o consumo crescente de recursos naturais e energia desde a Revolução Industrial contribui para a crise ambiental, afetando a biodiversidade global devido à intensa degradação dos recursos naturais (Dupasa et al., 2015; Fia et al., 2015).

No Brasil, a pressão sobre a cobertura original da terra é mais evidente na Amazônia (49% do país) e no Cerrado (23%), sendo que a Mata Atlântica (13%) foi historicamente a mais impactada. Altamente fragmentada por estradas e áreas urbanas, ela abriga 11,7% de cobertura florestal secundária com mais de 30 anos. Outros biomas, como a Caatinga, Pantanal e Pampa, também enfrentam desafios significativos devido às atividades humanas. Para compreender melhor essas mudanças na cobertura e uso da terra, ferramentas de mapeamento e monitoramento desempenham um papel crucial. O Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomas) se destaca como um sistema de referência, fornecendo informações detalhadas sobre as transformações na paisagem e no uso do solo no Brasil. Esses dados são fundamentais para decisões informadas sobre questões ambientais e para aumentar a conscientização ecológica (Cabral Junior et al., 2020).

Adicionalmente, o programa MapBiomas pode ser uma valiosa ferramenta educativa, permitindo sua incorporação como metodologia didática no processo de ensino-aprendizagem. Isso porque ele possibilita representar cenários em estudos de casos, incentivando os alunos a refletirem sobre soluções para os desafios apresentados. O estudo de casos, quando aplicado como um jogo, permite aos estudantes dirigirem sua própria aprendizagem, investigando aspectos científicos e socio-científicos em situações reais ou simuladas. Este estudo buscou analisar os impactos no uso e ocupação do solo nos biomas brasileiros, utilizando dados do MapBiomas como ferramenta didática em um jogo de estudo de casos.

MATERIAL E MÉTODO

O presente estudo adotou uma abordagem qualitativa, realizando uma revisão bibliográfica por meio de plataformas como o Google Acadêmico para aprofundar os conceitos relacionados ao MapBiomas, uso e ocupação do solo, estudo de casos e impactos ambientais. A pesquisa resultou no desenvolvimento do jogo "Aventura Bioma", demandando dos participantes acesso à internet para utilizar o MapBiomas, além de um dispositivo, como computador, tablet ou smartphone, e um dado comum de seis lados, cada número representando um dos seis biomas disponíveis.

A estrutura do jogo foi elaborada em diversas etapas para proporcionar uma experiência envolvente e educativa aos participantes. Inicialmente, os jogadores selecionam um bioma por meio do lançamento de um dado comum de seis lados, onde cada número representa um bioma distinto. O participante fica com o bioma correspondente ao número obtido no lançamento do dado. Posteriormente, os participantes exploram detalhadamente o bioma escolhido, utilizando o MapBiomas para estudar suas características e peculiaridades.

Os jogadores têm a oportunidade de lançar o dado uma vez para determinar qual bioma será explorado. Cada número no dado corresponde a um bioma específico (1 - Cerrado; 2 - Caatinga; 3 - Mata atlântica; 4 - Amazônia; 5 - Pampa; 6 - Pantanal) (Figura 2). Após a seleção dos biomas, os jogadores prosseguirão para a fase de exploração na qual precisam identificar as cores presentes no mapa.

Após a fase de exploração, os jogadores enfrentam a etapa de tomada de decisões, na qual planejam e realizam escolhas relacionadas ao uso do solo em seus respectivos biomas, baseando-se nas informações obtidas anteriormente. Em seguida, o facilitador introduz rodadas de desafios específicos,

proporcionando situações que testam o conhecimento e as decisões dos participantes, tornando a atividade mais dinâmica. Exemplos de desafios incluem questões como: Quais são as principais atividades de uso do solo na Amazônia e como elas impactam a biodiversidade? Descreva como o agronegócio influenciou a transformação do Cerrado ao longo das últimas décadas. Como a irregularidade das chuvas na Caatinga influencia as práticas de uso do solo nessa região? Identifique e explique as principais ameaças à Mata Atlântica em termos de uso e ocupação do solo? Qual é a relação entre o uso do solo no Pampa e a preservação das espécies nativas? Explique como as atividades agrícolas e a pecuária afetam o equilíbrio ambiental no Pantanal?

Os jogadores, então, apresentam suas decisões e resolvem os desafios propostos, acumulando pontos ao tomar decisões sustentáveis e resolver com sucesso os desafios apresentados. Ao final de todas as rodadas, a atividade culmina em uma discussão e reflexão liderada pelo facilitador. Esse momento permite que os participantes compartilhem suas experiências e discutam as lições aprendidas sobre a importância da conservação dos biomas, enfatizando a relevância da sustentabilidade e preservação ambiental.

No sistema de pontuação, a identificação do bioma selecionado através do lançamento do dado atribui 5 pontos aos participantes. Os jogadores acumulam pontos ao identificar corretamente as características do bioma na fase de exploração (10 pontos), fazer escolhas sustentáveis relacionadas ao uso do solo (15 pontos cada) e resolver eficientemente os desafios específicos propostos (20 pontos cada). A apresentação clara de decisões e a participação ativa na discussão final liderada pelo facilitador também contribuem com 10 pontos cada. Este sistema de pontuação busca incentivar decisões conscientes e a compreensão profunda da importância da conservação e do uso sustentável dos biomas ao longo do jogo.

RESULTADO E DISCUSSÃO

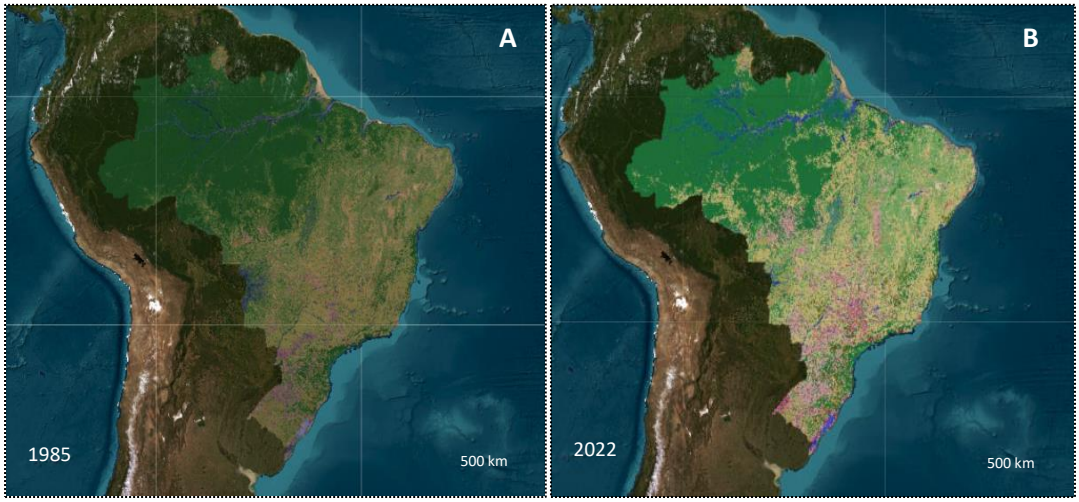
A plataforma MapBiomas representa uma valiosa ferramenta para o ensino, destacando-se por seus mapas interativos e camadas que facilitam uma compreensão aprimorada da divisão territorial brasileira, oferecendo aos educadores a oportunidade de explorar conceitos fundamentais, aproximando os alunos de maneira científica das tecnologias presentes em seu cotidiano (Vitor et al., 2023).

Uma característica distintiva do emprego da plataforma MapBiomas é a capacidade dos alunos de observar o impacto humano nos territórios espaciais, evidenciado pela implementação de práticas agrícolas e pecuárias nas últimas décadas, especialmente nos biomas brasileiros. Este aspecto desempenha um papel significativo no aprimoramento do processo de ensino-aprendizado (Souza et al., 2023).

O mapeamento realizado pelo MapBiomas utiliza imagens do satélite de maneira automática, viabilizado pelo processamento dessas imagens em infraestrutura de computação em nuvem, por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE) (Moore; Hansen, 2011). A singularidade do MapBiomas reside na sua capacidade de identificar não apenas o desmatamento, mas também de mapear a cobertura da terra já desmatada. Esse processo envolve o uso de mosaicos anuais de imagens Landsat organizados em períodos predefinidos, contribuindo para reduzir interferências de nuvens e melhorar o contraste espectral, resultando em uma discriminação mais precisa das diferentes classes de cobertura (MapBiomas, 2023).

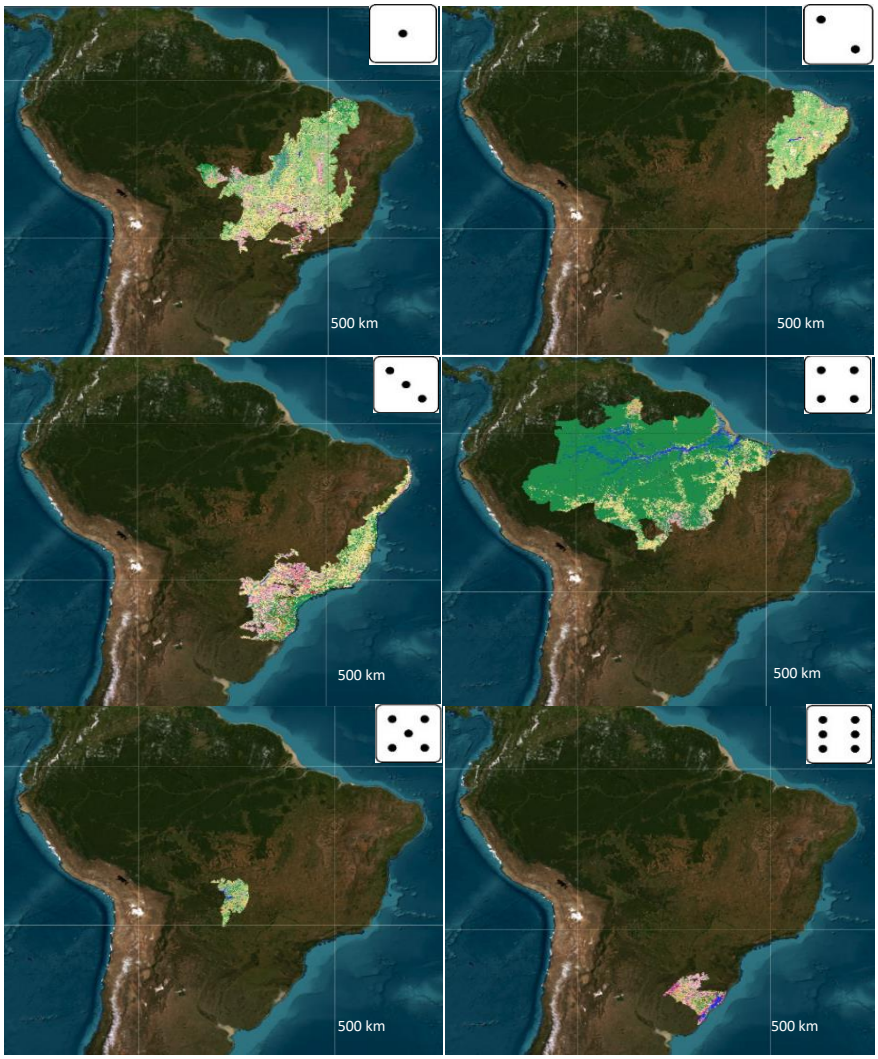
A Figura 1 apresenta os mapas que registram a transformação do uso e ocupação do solo nos biomas do território brasileiro de 1985 a 2022. Observa-se alterações significativas nesse cenário ao longo de 37 anos, impulsionadas principalmente por atividades humanas. O crescimento constante da agropecuária e do desmatamento se reflete no aumento da área não vegetada. Além disso, a urbanização e as áreas destinadas à agricultura também registraram expansão. As cores representam: verde - área de vegetação; rosa - agricultura; azul - corpo d'água; vermelho - área não vegetada/área urbanizada; marrom - formação natural não florestal; amarelo – agropecuária (Figura 1 e 2).

Figura 1 - Mapa de Evolução do uso e ocupação do solo nos biomas brasileiros (1985-2022)



Fonte: MapBiomas (2023).

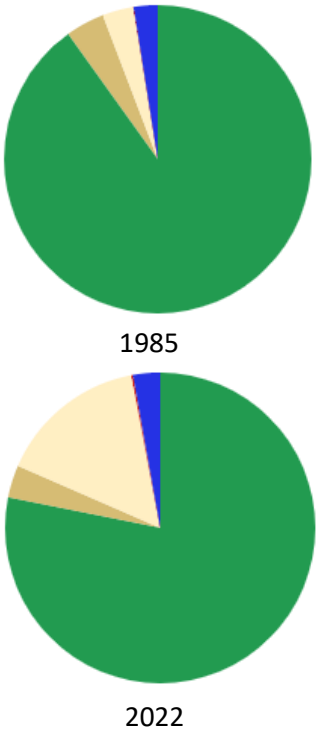
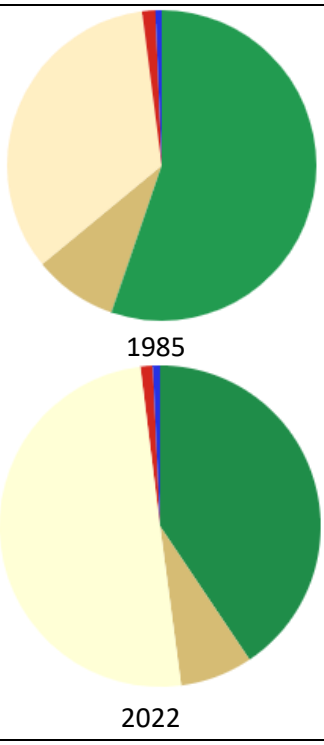
Figura 2 - Escolha de biomas no jogo "Aventura Biomas" com a identificação dos números do dado para exploração

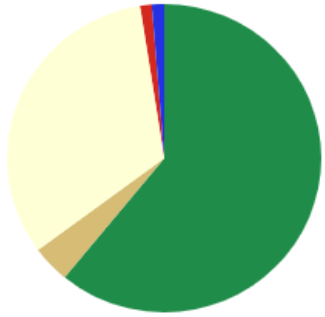
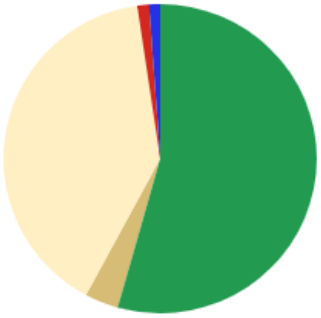
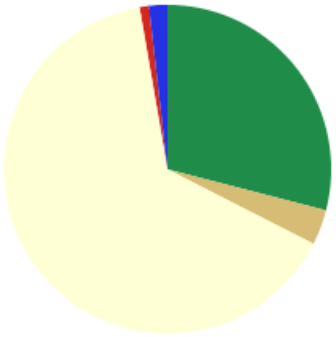
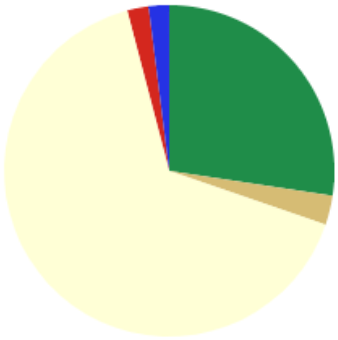


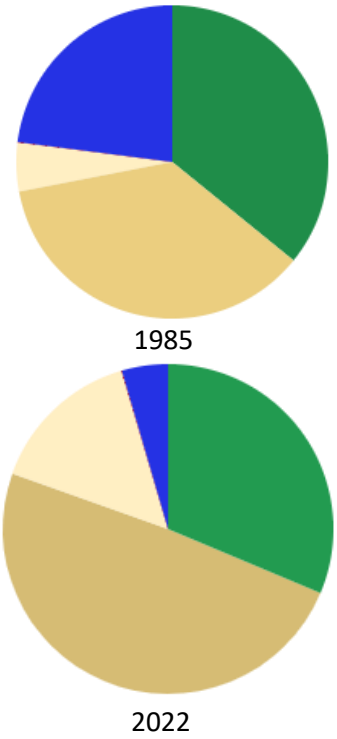
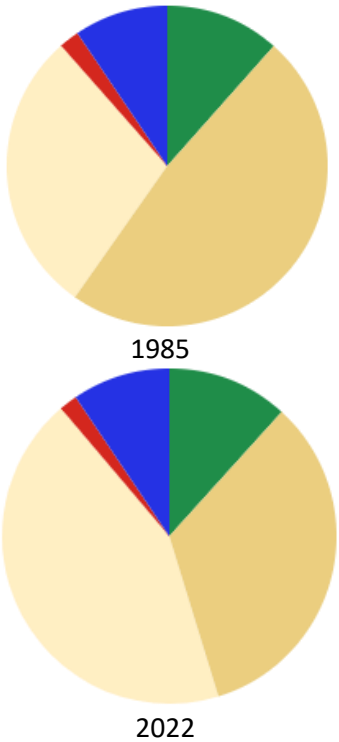
Fonte: MapBiomas (2023).

Os impactos ambientais no bioma da Amazônia foram abrangentes, afetando quase todos os parâmetros analisados, com a única exceção dos corpos d'água (12%), que registraram um pequeno aumento de 1985 para 2022. Houve uma diminuição na área de floresta (13%) e formação natural não florestal (17%), enquanto a agropecuária (372%), pastagem (320%), agricultura (8.750%), área não vegetada (345%), área urbanizada (204%) e mineração (1.048%) aumentaram significativamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Evolução do Uso e Ocupação do Solo nos Biomas Brasileiros (1985-2022)

Bioma	Classes	Total (1985)	Total (2022)	Gráfico (1985 -2022)
Amazônia	Floresta (verde)	379.736.783	329.383.487	
	Formação Natural não Florestal (marrom)	17.283.301	14.342.020	
	Agropecuária (amarelo)	13.818.845	65.301.301	
	Pastagem	13.733.020	57.747.189	
	Agricultura	81.335	7.198.208	
	Área não Vegetada	152.797	680.523	
	Área Urbanizada	121.095	368.286	
	Mineração	26.777	307.656	
	Corpo D`água (azul)	10.548.751	11.835.909	
Cerrado	Floresta (verde)	109.709.272	80.560.315	
	Formação Natural não Florestal (marrom)	17.406.641	14.491.742	
	Agropecuária (amarelo)	67.304.357	99.503.884	
	Pastagem	34.117.628	51.366.263	
	Agricultura	4.151.464	25.887.929	
	Área não Vegetada	2.728.966	2.471.786	
	Área Urbanizada	255.223	820.095	
	Mineração	7.928	47.298	
	Corpo D`água (azul)	1.305.980	1.427.437	

Caatinga	Floresta	52.571.561	46.913.691	
	Formação Natural não Florestal (marrom)	3.377.292	2.995.973	
	Agropecuária (amarelo)	28.175.292	34.330.179	
	Pastagem	15.179.317	23.451.147	
	Agricultura	103.628	1.907.808	1985
	Área não Vegetada	1.046.176	1.036.955	
	Área Urbanizada	98.781	404.688	
	Mineração	1.741	10.089	
	Corpo D`água (azul)	1.093.490	987.012	2022
Mata Atlântica	Floresta (verde)	32.117.489	30.325.378	
	Formação Natural não Florestal (marrom)	3.829.811	3.166.202	
	Agropecuária (amarelo)	71.715.097	72.659.513	
	Pastagem	39.189.492	29.532.140	1985
	Agricultura	10.866.594	19.885.875	
	Área não Vegetada	1.002.498	2.320.291	
	Área Urbanizada	655.591	1.984.658	
	Mineração	18.526	68.635	
	Corpo D`água (azul)	2.013.931	2.203.326	2022

Pantanal	Floresta (verde)	5.407.252	4.730.988	
	Formação Natural não Florestal (marrom)	5.455.618	7.416.627	
	Agropecuária (amarelo)	760.958	2.260.067	
	Pastagem	758.629	2.244.952	
	Agricultura	2.313	14.709	
	Área não Vegetada	4.836	7.736	
	Área Urbanizada	4.554	6.538	
	Mineração	59	950	
	Corpo D`água (azul)	3.467.398	680.647	
Pampa	Floresta (verde)	2.239.744	2.274.179	
	Formação Natural não Florestal (marrom)	9.346.533	6.501.252	
	Agropecuária (amarelo)	5.579.932	8.445.129	
	Pastagem	10	3	
	Agricultura	3.930.062	6.146.476	
	Área não Vegetada	394.794	339.791	
	Área Urbanizada	61.631	122.497	
	Mineração	1.401	4.774	
	Corpo D`água (azul)	1.833.615	1.834.228	

1985

2022

1985

2022

Fonte: Organizado pelos autores a partir do MapBiomas (2023).

De acordo com Santos et al. (2021), no período de 2010 a 2020, foram identificados 1,5 milhão de focos de calor em toda a Amazônia Legal. Dentre esses, 448.897 ocorreram em áreas florestais, 334.150 em áreas não florestais e 627.916 em áreas desmatadas. Quanto às emissões totais de Gases de Efeito Estufa (GEE) na Amazônia Legal em 2019, atingiram 1,14 gigatoneladas de CO2e. Desse total, 76% estavam relacionados à mudança de uso do solo, principalmente desmatamento e incêndios. As emissões de GEE na Amazônia atingiram seu valor mínimo em 2010 (656,1 megatons de CO2e),

mantiveram-se estáveis até 2012 (688,2 megatons de CO2e) e alcançaram o valor mais alto em 2019, quase o dobro de 2010. No cenário agrícola, a área plantada ou destinada à colheita na Amazônia Legal aumentou consideravelmente, passando de 84.927 km2 em 2000 para 224.782 km^2 em 2019, conforme dados da Pesquisa Agropecuária Municipal (PAM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

No bioma do cerrado, observou-se uma redução na floresta (26%), formação natural não florestal (16%) e área não vegetada (9,4%). Em contrapartida, a agropecuária (47%), pastagem (50%), agricultura (523%), mineração (496%) e corpos d'água (9,3%) apresentaram aumentos consideráveis (Tabela 1).

Segundo Harfuch (2021), entre 2010 e 2019, uma extensiva transformação ocorreu no bioma do Cerrado, marcada pela remoção de 5,5 milhões de hectares (Mha) de sua vegetação nativa, sendo substituída por 2,1 Mha de área destinada a pastagens anuais e culturas perenes. Nesse mesmo intervalo, observou-se um significativo avanço das culturas agrícolas, que expandiram em 14 Mha, indicando uma expansão notável principalmente em áreas previamente dedicadas à pastagem.

De acordo com os dados do MapBiomas - Coleção 5 (2020), a área total destinada à produção agrícola no Cerrado soma 167,5 milhões de hectares em 2019, representando 65% da área total, e é predominantemente utilizada para a prática de pecuária extensiva. Entretanto, a falta de implementação de boas práticas agrícolas e de manejo de pastagens resultou em áreas degradadas, caracterizadas por baixa produtividade e renda, tornando-se um impulsionador adicional para o desmatamento na região. Além disso, é importante destacar que outras culturas, com destaque para a soja, têm deslocado áreas de pastagens para sua expansão, impactando também a vegetação nativa. Essas mudanças significativas apontam para a necessidade de uma abordagem sustentável e equilibrada nas práticas agrícolas na região.

No bioma da Caatinga, destacou-se a redução da floresta (10%), formação natural não florestal (11%), área não vegetada (0,8%) e corpos d'água (9,7%). Por outro lado, a agropecuária (21%), pastagem (54%), agricultura (1.741%), área urbanizada (309%) e mineração (479%) aumentaram (Tabela 1).

Segundo informações do Ministério do Meio Ambiente (MMA), cerca de 46% da cobertura vegetal original do bioma já foi removida (Roma, 2017). Ao analisar os dados de desmatamento entre 2002 (área desmatada = 358.535 km2) e 2011 (área desmatada = 378.654 km2) (Roma, 2017), foi identificado que a taxa média de desmatamento nesse período foi de 2.235,4 km2/ano.

Conforme observações de Maciel (2010), a Caatinga representa o bioma mais ameaçado do Brasil, seguindo a Mata Atlântica e o Cerrado, e as poucas áreas não alteradas formam arquipélagos. É crucial destacar que esse bioma é a região brasileira mais vulnerável às mudanças climáticas. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) adverte que o aquecimento global pode resultar na diminuição das chuvas, intensificação das secas, redução no nível de água dos reservatórios subterrâneos, diminuição da vazão dos rios permanentes e substituição da Caatinga por uma vegetação mais típica de zonas áridas. Tais fatores ressaltam a importância de estratégias de preservação e adaptação para mitigar os impactos das mudanças climáticas na Caatinga (IPCC, 2021).

A Mata Atlântica experimentou uma redução na floresta (5,5%), formação natural não florestal (17%) e pastagem (24%), enquanto a agropecuária (1,3%), agricultura (83%), área não vegetada (131%), área urbanizada (202%), mineração (270%) e corpos d'água (9,4%) tiveram aumentos (Tabela 1).

Dados do IPCC (2021), mostrou que a Mata Atlântica apresenta uma área de pastagem que abrange aproximadamente 29 milhões de hectares. Estima-se que mais de 80% das pastagens no Brasil estejam localizadas em solos degradados. Nas áreas de pastagem desse bioma, os solos degradados são caracterizados por baixos níveis de matéria orgânica e nutrientes, além de alta acidez. Essas condições tornam esses solos geralmente incapazes de sustentar uma produção sustentável, resultando em taxas médias de lotação limitadas a menos de 1 unidade animal por hectare. Essa situação destaca a urgência de implementar práticas agrícolas mais sustentáveis e estratégias eficazes de recuperação de áreas degradadas para garantir a sustentabilidade da pecuária e a conservação do bioma Mata Atlântica (Oliveira, 2015).

No bioma do Pantanal, as reduções ocorreram na área de floresta (12%) e corpos d'água (80%), enquanto formação natural não florestal (35%), agropecuária (197%), pastagem (195%), agricultura (535%), área não vegetada (59%), área urbanizada (43%) e mineração (1.510%) apresentaram aumentos expressivos (Tabela 1).

Dados de uso e cobertura da terra (LULC; do inglês land use and land cover) de 2000 a 2019 revelaram um aumento consistente (51%) nas pastagens, passando de 15.497,60 km2 para 23.384,30 km2. Nesse período, as áreas de cultivo expandiram, enquanto as áreas agrícolas diminuíram e as áreas de savana apresentaram redução. Outros tipos de cobertura do solo mostraram alta variabilidade entre os anos, sendo a floresta a categoria com menor variabilidade de área. As pastagens tiveram a maior Área Afetada pelo Fogo (ABA) em 2005, 2011 (agosto) e 2020 (setembro), representando 53,3%, 54,9% e 39,9% das queimadas totais, respectivamente, e compreendendo entre 3,7% e 4,6% da área total do bioma. Os anos de 2020 (agosto) e 2007 (setembro) registraram as ABAs mais elevadas, especialmente nas florestas e pastagens. Além disso, os anos de 2002 e 2019 apresentaram temporadas de queimadas mais longas, de agosto a novembro, totalizando 26,767 km2 e 19,600 km2, respectivamente (Correa, 2022).

Os ciclos plurianuais de umidade e chuvas podem resultar em inundações graves ou estações secas pronunciadas, exercendo influência nos padrões de inundação (Damasceno-Junior et al., 2021). Mudanças no regime de chuvas e no pulso de inundação têm o potencial de interromper os processos que sustentam a paisagem e o funcionamento da zona úmida do Pantanal (Ivory et al., 2019). O aumento da sedimentação ao longo das últimas três décadas alterou significativamente o megaleque do Taquari, o principal leque aluvial do rio tronco do Paraguai, situado no centro do Pantanal e representando aproximadamente um terço do bioma (Assine, 2005). Esse fenômeno está correlacionado ao crescente risco de desmatamento e incêndios na região. Paralelamente, o desmatamento nas florestas amazônicas impactou os padrões de chuva e temperatura na área do Pantanal (Silva et al., 2020), intensificando a vulnerabilidade do Pantanal aos incêndios (Bergier et al., 2018).

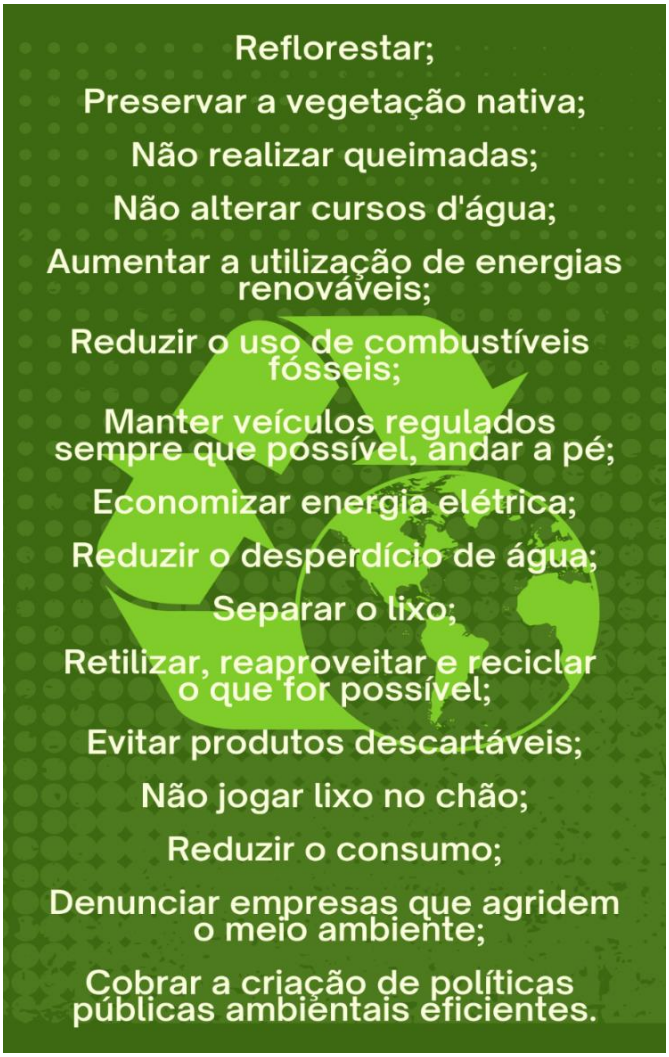
Por fim, o bioma do Pampa, registrou-se uma redução em formação natural não florestal (30%), pastagem (70%) e área não vegetada (13%), e um aumento em floresta (1,5%), agropecuária (51%), agricultura (56%), área urbanizada (98%), mineração (240%) e corpos d'água (0,03%) (Tabela 1). Conforme Souza e colaboradores (2020), nos últimos dez anos, ocorreu uma diminuição de 14% na extensão das áreas de pastagem no Pampa brasileiro, ao mesmo tempo em que houve um acréscimo de 14% em terras destinadas à agricultura e 64% em áreas de silvicultura. No entanto, as alterações no uso da terra no Sul do Brasil têm sido escassamente documentadas em comparação com outras regiões do país (Oliveira et al., 2017). Além disso, o manejo nem sempre é apropriado para a conservação da biodiversidade, especialmente nas Unidades de Conservação (UCs) do Pampa. Embora o pastoreio e o fogo tenham historicamente moldado a região ao longo dos milênios (Bernardi et al., 2016), esses distúrbios são frequentemente restringidos nas UCs. A ausência desse tipo de gestão pode propiciar a invasão de espécies lenhosas sobre áreas de pastagem, levando à perda de ecossistemas característicos, além de outros processos, como a fragmentação do habitat original e a extinção de espécies (Overbeck et al., 2016).

Como proposta didática, desenvolver objetivos de aprendizagem claros e diretos é crucial para guiar efetivamente o processo educacional. Nesta proposta didática, almeja-se que os alunos compreendam ativamente como os impactos ambientais nos diversos biomas brasileiros influenciam os ecossistemas e sua capacidade de sustentação. Essa capacidade de compreensão crítica é essencial, uma vez que os efeitos desses impactos repercutem negativamente na qualidade de vida tanto da espécie humana quanto animal. Mais do que simplesmente absorver informações, espera-se que os alunos sejam capacitados a analisar as complexas interações entre a atividade humana e os ecossistemas. Isso inclui o reconhecimento das consequências diretas e indiretas para a biodiversidade e a saúde do planeta. Esse conhecimento não apenas enriquecerá a compreensão teórica, mas também fornecerá as ferramentas cognitivas necessárias para abordar desafios ambientais de maneira crítica e propositiva (Loureiro, 2007).

A apresentação de desafios para resolução, de maneira ativa e desafiadora, lúdica e participativa, quando realizada em grupo, proporciona aos alunos a aplicação de seus conhecimentos e a busca por novas informações. A colaboração na troca de ideias para alcançar resultados não apenas ressalta a importância da contribuição do grupo para o sucesso coletivo, mas também promove o desenvolvimento de respeito e compreensão diante de dificuldades e erros (Barretos; Pires, 2014). Portanto, ao final desta jornada educacional, os alunos não serão apenas receptores passivos de informações, mas participantes ativos e informados, prontos para contribuir positivamente para a conservação ambiental e a promoção da sustentabilidade em suas vidas e comunidades. Este enfoque educacional visa capacitar os alunos a

serem agentes de mudança em um cenário ambiental desafiador, promovendo a conscientização e a ação efetiva (Figura 3).

Figura 3 - Objetivos de aprendizagem na etapa de tomada de decisões e resolução de desafios sustentáveis de acordo com as metas educacionais



Fonte: Biologianet.com (2023)

CONCLUSÃO

O Brasil, com sua riqueza biodiversa, enfrenta desafios consideráveis na preservação de seus biomas devido às atividades humanas intensivas, como agropecuária, mineração e desmatamento. O estudo destacou o papel essencial do MapBiomas na monitoração dessas mudanças, fornecendo uma base robusta para análises. A proposta didática "Aventura Bioma" busca não apenas informar, mas envolver os alunos, tornando-os participantes ativos na compreensão dos impactos ambientais e na busca por soluções sustentáveis. Diante das transformações significativas observadas nos biomas ao longo das décadas, fica evidente a urgência de abordagens educacionais que promovam a conscientização e a ação para preservar a diversidade natural do país. Ao capacitar os estudantes como agentes de mudança, a educação se torna uma ferramenta poderosa na construção de um futuro mais equilibrado entre desenvolvimento humano e conservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assine, M. (2005). River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. **Geomorphology**, 70(3), 357-371.

Barretos, V. C. A., & Pires, M. N. M. (2014) O aluno como sujeito ativo no processo de ensino e da aprendizagem da adição e subtração de números inteiros por meio da resolução de problemas. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, 1.

Bergier, I., Assine, L. M., McGlue, M. M., Alho, C. J. R., Silva, A., Guerreiro, R. L., & Carvalho, J. C. (2018). Amazon rainforest modulation of water security in the Pantanal wetland. **Sci. Total Environ**, 619-620 (1),1116-1125.

Bernardi, R. E., Holmgren, M., Arim, M., & Scheffer, M. (2016). Why are forests so scarce in subtropical South America? The shaping roles of climate, fire and livestock. **Forest Ecology and Management**, 363, 212-217.

Correa, D. B., Alcântara, E., Libonati, R., Massi, K. G., & Park, E. (2022). Increased burned area in the Pantanal over the past two decades. **Science of the Total Environment**, 835(1), 155386.

Damasceno-Junior, G. A., Roque, F. D. O., Garcia, L. C., Ribeiro, D. B., Tomas, W. M., Scremin-Dias, E., ... & Pott, A. (2021). Lessons to be learned from the wildfire catastrophe of 2020 in the pantanal wetland. **Wetl. Sci. Pract**, 38, 107-115.

Dupas, R., Delmas, M., Dorioz, J. M., Garnier, J., Moatar, F., & Gascuel-Odoux, C. (2015). Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. **Ecological Indicators**, 48, 396-407.

Fia, R., Tadeu, H. C., Menezes, J. D., Fia, F. R. L., & OLIVEIRA, L. D. (2015). Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 20(1), 267-275.

Gariglio, M. A., Sampaio, E. V. D. S. B., Cestaro, L. A., & Kageyama, P. Y. (2010). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga** (2ª ed). Brasília: Serviço Florestal Brasileiro**,** 76-81.

Gonzalez, M. H. G., & Andrade, D. C. (2015). A sustentabilidade ecológica do consumo em Minas Gerais: uma aplicação do método da pegada ecológica. **Nova economia**, 25, 421-446.

Harfuch, L., Romeiro, M., Palauro, G. (2021). **Restoration of degradaded lands and rehabilitation of soils in the Brazilian Cerrado** (1ª ed). São Paulo, GT Pastagens.

IPCC - Climate Change 2021 The Physical Science Basis (2021). Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Switzerland. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf>.Acesso em 15/11/2023.

Ivory, S. J., McGlue, M. M., Spera, S., Silva, A., & Bergier, I. (2019). Vegetation, rainfall, and pulsing hydrology in the Pantanal, the world's largest tropical wetland. **Environmental Research Letters**, 14(12), 124017.

Loureiro, C. F. B. (2007). **Educação ambiental crítica: contribuições e desafios**. Conceitos e práticas em educação ambiental na escola (1ª ed). Brasília, 65.

MapBiomas (2023). A Coleção 8 do MapBiomas inclui os mapas e dados anuais de cobertura e uso da terra do Brasil para o período de 1985 a 2022. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/. Acesso em: 11 nov. 2023.

Moore, R. T., & Hansen, M. C. (2011). **Google Earth Engine: a new cloud-computing platform for global-scale earth observation data and analysis**. AGU Fall Meeting Abstracts, IN43C-02.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403(6772), 853-858.

Oliveira, P. P. A. (2015). Gases de efeito estufa em sistemas de produção animal brasileiros e a importância do balanço de carbono para a preservação ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 8, 623-634.

Oliveira, U., Soares-Filho, B. S., Paglia, A. P., Brescovit, A. D., De Carvalho, C. J., Silva, D. P., ... & Santos, A. J. (2017). Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. **Scientific reports**, *7*(1), 9141.

Overbeck, G. E., Ferreira, P. M. A., & Pillar, V. D. (2016). Conservation of mosaics calls for a perspective that considers all types of mosaic-patches. Reply to Luza et al. *Natureza & Conservação*, 12 (2), 152–157.

Roma, J. C. (2007). **Mapa de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília.

Santos, D., Salomão, R., & Veríssimo, A. (2021). **Amazon Facts. Amazonia 2030 project**. Remote Sens. Appl. Soc. Environ. 18, 100304.

Souza Jr, C. M., Z. Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L., A. Alencar, A., Rudorff, B. F., ... & Azevedo, T. (2020). Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, 12(17), 2735.

Souza Jr, C. M., Z. Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L., A. Alencar, A., Rudorff, B. F., ... & Azevedo, T. (2020). Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, 12(17), 2735.

Vitor, H. et al. (2023) Uso de geotecnologia para o ensino de geografia: o conceito território a partir da plataforma MapBiomas. in: **anais**... do xx simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 2023, Florianópolis. Anais eletrônicos... São José dos Campos, INPE, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/uso-de-geotecnologia-para-o-ensino-de-geografia-o-conceito-territorio-a-partir-d?lang=pt-br> Acesso em: 18 nov. 2023.

GEOPROCESSAMENTO ON-LINE: UMA POSSIBILIDADE NA CURRICULARIZAÇÃO DA EXTENSÃO

Teobaldo Gabriel de Souza Júnior [(a)], Daisy Beserra Lucena [(b)], Rafaella de Lima Roque [(c)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, teobaldo.souza@academico.ufpb.br
[(b)] Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, daisy.beserra.lucena@academico.ufpb.br
[(c)] Laboratório de Biologia, Instituto Federal da Paraíba, rafaella.roque@ifpb.edu.br

Resumo: O propósito do trabalho é discutir a curricularização da extensão por intermédio de cursos oferecidos e gerenciados pelas Tecnologias de Informação e Comunicação-TICs. Destarte, analisou-se a oferta específica de um treinamento on-line, de natureza extensionista, promovido pelo Instituto Federal da Paraíba-IFPB entre os anos de 2021 e 2022, o qual foi destinado a pesquisadores e demais pessoas interessadas na temática do geoprocessamento. Embora os objetivos programados para a difusão de conhecimentos na referida área tenham sido atingidos, a quantidade de concludentes do curso (nove, de um total de trinta e oito formalmente inscritos) suscita discussões mais aprofundadas sobre a proposta, assim como o seu aprimoramento.

Palavras-chave: Curso de Extensão. Geotecnologias. Educação a Distância.

Abstract: The purpose of the work is to discuss the curricularization of extension through offered courses and managed by Information and Communication Technologies-ICTs. To this end, the specific offer of online training, of an extensionist nature, promoted by the Instituto Federal da Paraíba-IFPB between the years 2021 and 2022, was analyzed, which was aimed at researchers and other people interested in the topic of geoprocessing. Although the objectives set for the dissemination of knowledge in that area have been achieved, the amount of course graduates (nine, out of a total of thirty-eight formally enrolled) raises more in-depth discussions about the proposal, as well as its improvement.

Keywords: Extension Course. Geotechnologies. Distance Education.

INTRODUÇÃO

Em conjunto com "Ensino" e "Pesquisa", a "Extensão" compõe o que é chamado, corriqueiramente, de três pilares (ou tripé) do conhecimento acadêmico. No entanto, conforme Paula (2013), dentre essas três dimensões essenciais, a "Extensão" foi a última a surgir e talvez, por isso, não venha sendo adequadamente compreendida, assimilada e difundida pelas Universidades, conforme aponta o autor.

No mundo iniciativas de extensão já existem a bastante tempo, sendo registradas na Inglaterra desde a segunda metade do século XIX (PAULA, 2013). Já no Brasil, atividades desta natureza só viriam a surgir no início do século XX, sendo, contudo, que a corrente em prol da sua curricularização somente ganharia forças na atualidade (MIGUEL, 2023).

Dois grandes desafios do pilar extensionista consistem em fazer com que ele: se encaixe nas atividades Universitárias corriqueiras; e que venha a compreender satisfatoriamente a relação dialógica atinente à ciência e as demais experiências de conhecimento humano, promovendo, desta maneira, a inter e transdisciplinaridade (PAULA, 2013; MIGUEL, 2023; DERLAM *et al*., 2023).

Adicionalmente à busca por tal articulação, após o acometimento do mundo pela pandemia de COVID-19, todas as atividades da tríade Ensino-Pesquisa-Extensão tiveram que ser readequadas para os modelos de Educação a Distância-EaD ou remoto de emergência, haja vista a necessidade do distanciamento social compulsório, imposto para a segurança e preservação da vida (GUIMARÃES *et al*., 2021; DERLAM *et al*., 2023).

Deste modo, e diante do panorama relatado, considerando-se: o potencial das Tecnologias de Informação e Comunicação-TICs de se transformarem em legítimas Tecnologias de Aprendizagem e Conhecimento-TACs (PEÑA; ALEGRETTI, 2012); a compreensão a respeito da importância do geoprocessamento em diversas áreas profissionais (SOUZA JÚNIOR *et al*., 2022); e, a demanda latente por cursos de inicialização à esta tecnologia, é que foi proposto o curso, no formato piloto, que ora trataremos neste texto.

Ofertado por uma equipe do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, com enfoque em público-alvo externo à instituição, o curso foi alocado na categoria da extensão e é sobre tal ação que, nas seções adiante, se discorrerá sob a seguinte estrutura: "material e método" tratará do planejamento e execução da atividade; "resultados e discussão" discutirá a repercussão após a completa finalização dos trabalhos programados; por fim, as "conclusões", trarão algumas perspectivas, considerando os pontos positivos e a ajustar quando do surgimento de novas propostas semelhantes.

MATERIAL E MÉTODO

Partindo-se de demandas oriundas de Docentes vinculados à Secretaria de Educação do Estado do Ceará-SEDUC/CE, bem como de pesquisadores provenientes da Universidade Federal da Paraíba-UFPB, foi idealizado, montado e disponibilizado o curso de "Introdução ao geoprocessamento: utilização do *software* QGIS para pesquisas e análises espaciais diversas".

Apesar de ter sido executado na esteira de outras ações pretéritas, tais como minicursos que foram ofertados originalmente de maneira integralmente presencial no decorrer do ano de 2019 pelo Laboratório de Estatística, Modelagem e Geoprocessamento-LEMGE, da Universidade Federal do Cariri-UFCA (SOUZA JÚNIOR *et al*., 2022), devido à pandemia de COVID-19, referida proposta teve de ser readequada para o modelo de EaD.

As requisições foram identificadas através de e-mails e contatos telefônicos realizados com alguns dos membros vinculados às edições anteriores dos minicursos concretizados pelo LEMGE e, com isso, foi montada uma nova equipe capaz de atender aos critérios fixados pelo edital de fluxo contínuo do IFPB, no que tange a oferta de cursos de extensão por esta instituição.

Segundo o edital as regras consistem em: atender majoritariamente ao público externo; e que o grupo proponente contasse com, pelo menos, um dos seus servidores efetivos, um aluno com matrícula regular ativa e um parceiro ou parceira social vinculado ao grupo ou entidade demandante.

É importante salientar que o discente selecionado para compor referida equipe, à época, pertencia ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil, desenvolvia o seu Trabalho de Conclusão de Curso-TCC com o uso de Sistemas de Informações Geográficas-SIGs e era, ainda, monitor da disciplina de Geoprocessamento, ao passo que o servidor vinculado ao IFPB tratava-se do docente responsável pela referida disciplina.

Atendidos aos critérios do edital de extensão, antes da submissão e consequente aprovação da proposta, ponderando-se a respeito da flexibilidade do ensino na modalidade EaD, o curso teve a sua programação ampliada, o que resultou em uma carga horária que saltou de 16h para 39h, conforme ilustra o cronograma de disponibilização de módulos e conteúdos disposto no Quadro 1.

A despeito dos aspectos positivos quanto à flexibilidade de espaços e horários da oferta em EaD, uma das suas inerentes limitações foi a exigência de que os interessados no curso tivessem computador próprio à sua disposição (uma vez que, anteriormente, eram utilizados os laboratórios dos demandantes), e que estes usuários fizessem por conta própria a instalação daquilo que lhes fosse requerido, no caso, o programa QGIS v.3.10.14 - A Coruña (2021).

A despeito dos aspectos positivos quanto à flexibilidade de espaços e horários da oferta em EaD, uma das suas inerentes limitações foi a exigência de que os interessados no curso tivessem computador próprio à sua disposição (uma vez que, anteriormente, eram utilizados os laboratórios dos demandantes), e que estes usuários fizessem por conta própria a instalação daquilo que lhes fosse requerido, no caso, o programa QGIS v.3.10.14 - A Coruña (2021).

Quadro 1 - Cronograma de disponibilização de módulos e conteúdos, com respectivas cargas horárias

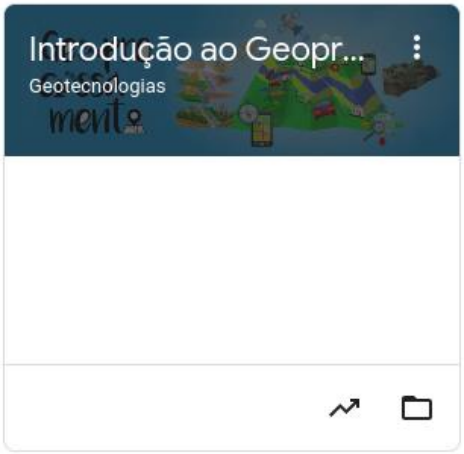
Módulo	Data	Conteúdo Programático	Carga Horária
01	02/10/2021	Conceitos iniciais; e Instalação correta do *software*.	3 h
02	09/10/2021	Tour pelo QGIS; iniciando e diversificando projetos; e Comportamento geral dos botões do QGIS.	2 h
03	16/10/2021	Alimentando a tabela de atributos; Utilizando a calculadora de campo; e Funções de seleção.	2 h
04	23/10/2021	Função uniões; Função colorir e rotular; e Explicação sobre projeções e EPSGs.	3 h
05	30/10/2021	Mínimo e máximo excludente; Funções úteis no painel de camadas; e Complementos do QGIS.	3 h
06	06/11/2021	Processamento com vetores; e várias utilizações de buffer.	2 h
07	13/11/2021	Compositor de mapas para plotagem.	2 h
08	20/11/2021	Finalização de compositor de mapas; e Criação de arquivo vetorial próprio.	3 h
09	27/11/2021	Introdução ao Sensoriamento Remoto (SR); e Modelo Digital de Elevação (MDE).	2 h
10	05/02/2022	Extraindo rede de drenagem; Extraindo curvas de nível; e Construção de mapa hipsométrico.	2 h
11	12/02/2022	Extração de perfil topográfico; e Introdução ao uso de imagens multispectrais.	3 h
12	19/02/2022	Como baixar imagens multispectrais; e Empilhando e unindo imagens multispectrais.	2 h
13	26/02/2022	Classificação supervisionada; Índice de Vegetação (NDVI); e Temperatura de superfície.	2 h
14	05/03/2022	Técnicas de interpolação; Estimador Kernel; e Utilização do georreferenciador.	2 h
15	12/03/2022	Transformar arquivo CSV em Shapefile; Construção de mapa temático; e Utilização de polígonos para tomada de decisões.	3 h
16	19/03/2022	Transformando vértices em polígonos; e Construção de memorial descritivo.	3 h
CARGA HORÁRIA TOTAL:			**39 h**

Fonte: Autoria própria (2023).

O QGIS consiste em um poderoso SIG aberto, livre e de distribuição gratuita, capaz de agregar os vários âmbitos do Geoprocessamento (aerofotogrametria, cartografia digital, *Global Navigation Satellite System*-GNSS, Sensoriamento Remoto-SR, topografia e *Computer Aided Design*-CAD), eficiente ao ponto de ser uma ferramenta confundida com a área em si (SOUZA JÚNIOR *et al*., 2022).

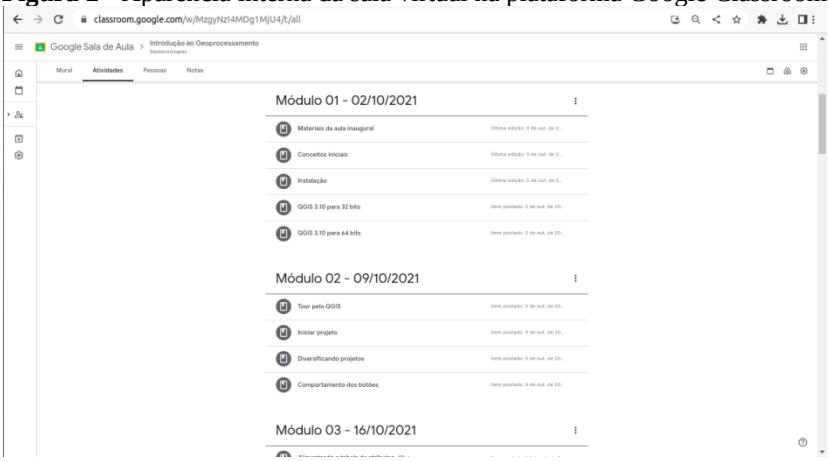
Estabelecida a equipe, definidas ferramentas e materiais didáticos a serem utilizados (todos gratuitamente disponibilizados pelos autores na internet), passou-se, então, à fase de montagem da sala virtual no Google Classroom (Figura 1 e Figura 2), plataforma oficial e amplamente utilizada pelo IFPB, sobretudo durante o período do distanciamento social.

Figura 1 - *Card* da sala virtual na plataforma Google Classroom



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 2 - Aparência interna da sala virtual na plataforma Google Classroom



Fonte: Autoria própria (2023).

Quanto à capacidade de inscrições, foram oportunizadas, no total, 50 (cinquenta) vagas, sendo a divulgação propalada em folder virtual (Figura 3) e a manifestação de interesse oficializada por intermédio de formulário eletrônico próprio, o qual requisitava os seguintes dados pessoais: nome completo, e-mail, telefone, sexo, idade, Cadastro de Pessoa Física-CPF, escolaridade, instituição de vínculo, e motivação para realizar o curso.

Figura 3 - Folder de divulgação do curso

Fonte: Autoria própria (2023).

A operacionalização da proposta se deu da seguinte forma: a cada semana (sempre aos sábados pela manhã) era disponibilizado um novo módulo contendo videoaulas autorais que explicavam

conteúdos e processos do *software* SIG; os encontros síncronos ocorriam sempre aos sábados à tarde, desde que previamente agendados no mural da sala virtual por algum discente, para que todos soubessem dos momentos "tira-dúvidas", já requisitados pelos colegas.

Portanto, as aulas eram majoritariamente assíncronas, sendo, a única exceção, o primeiro encontro (ou aula inaugural), ocorrido na tarde do dia 02/10/2022 (Figura 4), quando houve um momento síncrono (também gravado e disponibilizado posteriormente para aqueles que não puderam participar), ocasião em que se explanou toda a dinâmica descrita acima.

Figura 4 - Imagem do primeiro encontro do curso (aula inaugural) / momento síncrono

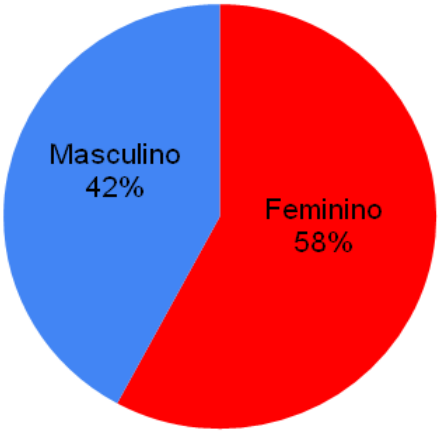
Fonte: Autoria própria (2023).

Para ser certificado o cursista deveria entregar, com êxito, peças técnicas de um município (previamente escolhido de acordo com a sua área de interesse de pesquisa), no formato dos modelos disponibilizados. Tais arquivos eram compostos por: mapa de localização, mapa com isopsias, mapa de talvegues, mapa hiposométrico em 3D com transecto A-B (representativo das cotas de altitude), composição RGB da área em questão e classificação supervisionada.

RESULTADO E DISCUSSÃO

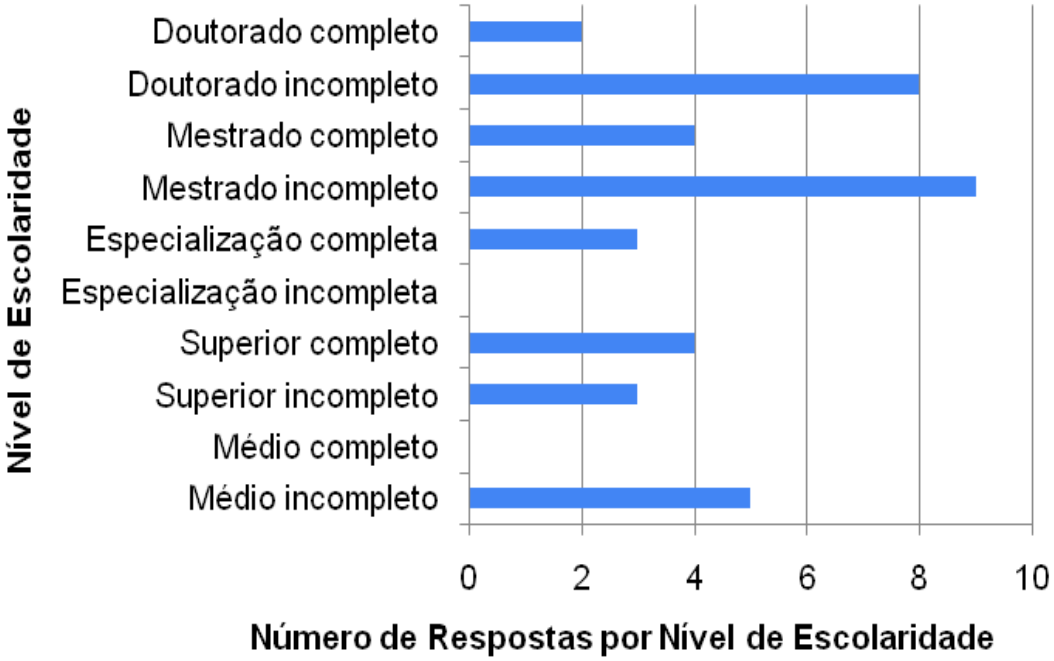
Dos 38 (trinta e oito) inscritos no curso, 58% se identificaram como sendo do sexo feminino e 42% pertencentes ao sexo masculino (Figura 5). A faixa etária oscilou de 15 (quinze) a 63 (sessenta e três) anos de idade, ao passo que a escolaridade (Figura 6) variou de "ensino médio incompleto" a "doutorado completo".

Figura 5 - Distribuição por sexo dos inscritos no curso



Fonte: Autoria própria (2023).

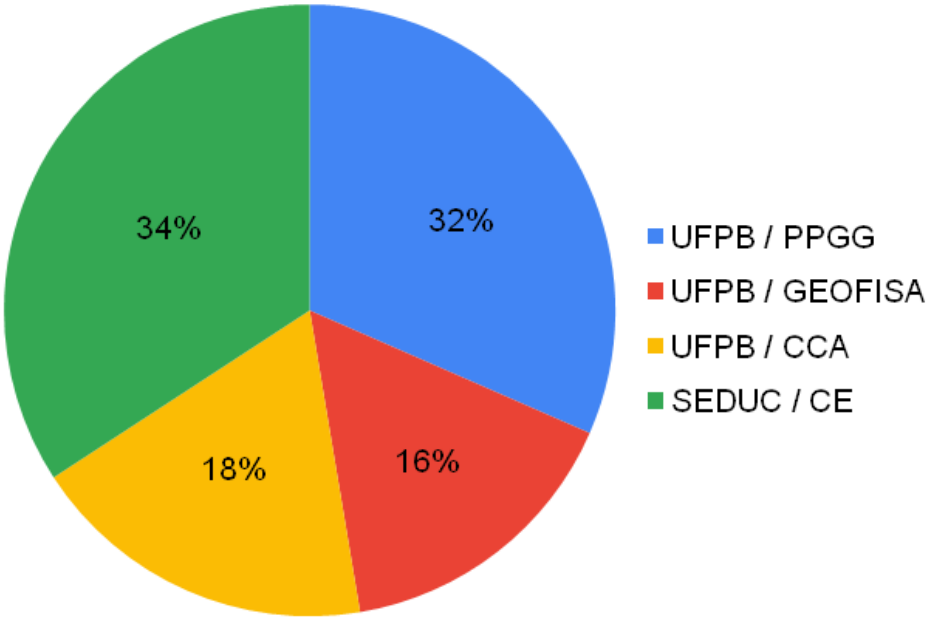
Figura 6 - Escolaridade dos inscritos no curso



Fonte: Autoria própria (2023).

Em relação à manifestação de vínculo, 34% dos inscritos pertenciam à SEDUC/CE, e o restante estava ligado à UFPB, seja pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGG (32%), pelo Centro de Ciências Agrárias-CCA (18%), ou pelo Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais-GEOFISA (16%), conforme discrimina a Figura 7.

Figura 7 - Identificação de vínculo dos inscritos no curso



Fonte: Autoria própria (2023)

No tocante às respostas sobre a motivação para cursar a "Introdução ao geoprocessamento: utilização do *software* QGIS para pesquisas e análises espaciais diversas", os inscritos se expressaram da maneira transcrita a seguir, no Quadro 2.

Quadro 2 - Respostas individuais sobre a motivação da inscrição no curso

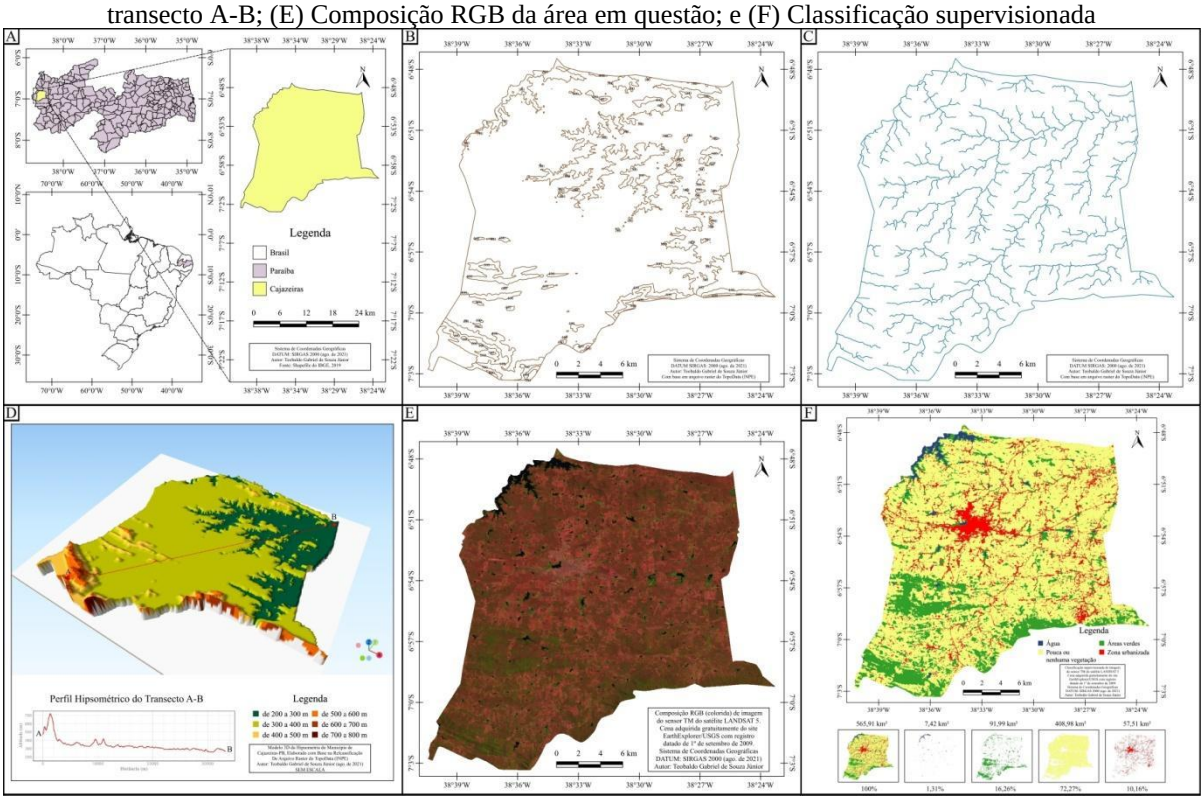
Interesse na área.	Confecção de mapas em um *software* livre.
Utilizar essa ferramenta no mestrado.	Interesse em conhecer.
Aprender a utilizar as ferramentas disponibilizadas pelo software QGIS, para um melhor aproveitamento do mesmo, no desenvolvimento de pesquisas, nas quais estou trabalhando.	Expandir meus conhecimentos acerca do geoprocessamento, principalmente por ser voltado para o QGIS que é onde tenho mais dificuldade em elaborar produtos cartográficos.
Aprender e me aperfeiçoar na elaboração de mapas de relevo e vegetação, visando apoiar os trabalhos de início científica que desenvolvo na Universidade Federal da Paraíba!	Ferramenta necessária para ampliar o conhecimento geográfico, além de ser fundamental para a produção do projeto de dissertação que estou desenvolvendo e, como também sou professora da rede básica de ensino (professora na SEDUC /CE) será de grande relevância para a produção de materiais para serem utilizados em sala de aula, já que muitas vezes temos limitações quanto à disponibilidade de materiais sobre a nossa realidade.
Aprendizagem de nova ferramenta. Produção de cartas/mapas geográficos que atendam demandas exclusivas do meu campo de atuação.	
Interesse em aprender.	
Conhecimento pessoal para utilização na pesquisa de doutorado.	Aprimorar meus conhecimentos com a ferramenta QGIS.
Adquirir mais conhecimento.	Adquirir conhecimento.
Tenho boas expectativas!	Interesse na área em questão.
Aumentar o conhecimento de modo geral e especificamente em técnicas de geolocalização.	O interesse pelo geoprocessamento, além da oportunidade em trabalhar com a elaboração de mapas.
Adquirir mais conhecimento sobre a área e também aprimorar os conhecimentos científicos sobre o assunto.	Gosto da área de geoprocessamento e produção de mapas. Pretendo utilizar as técnicas em futuros trabalhos.
Georreferenciar minhas atividades de Agrofloresta e de Renaturalização do Riacho das Timbaúbas, situado em Juazeiro do Norte/CE.	Me aperfeiçoar nas minhas habilidades de coordenação em mapas e melhorar no programa de computador.
	Vou precisar usar o Geoprocessamento.
Aprender mapas em nível regional para utilização em tese.	O desenvolvimento de mapas e a introdução de projetos científicos.
Gostaria de aprender a manusear a ferramenta para minha pesquisa de mestrado.	Minha motivação está conectada com a área que estudo, áreas de restauração ecológicas. Portanto, vejo esse curso como uma ferramenta que irá fortalecer meu aprendizado e desempenho no campo profissional.
Independência na elaboração de produtos cartográficos e análises espaciais.	
Aprender técnicas que poderei aplicar na minha tese e artigos.	O curso será importante para o desenvolvimento de pesquisa e, futuramente, para minha carreira.
Aplicação na tese em elaboração.	Aprender mais sobre o tema.
Utilizar os conhecimentos cartográficos em pesquisas de comunidades.	Saber lidar melhor com a ferramenta para o uso na pesquisa.
Qualificação profissional e acadêmica.	Irei precisar das informações para trabalhos.
Aprender a usar um software livre de geoprocessamento.	Ampliar o meu conhecimento em geoprocessamento, para tornar as aulas mais dinâmicas e participativas.

Fonte: Autoria própria (2023).

Segundo Miguel (2023), são propósitos de um curso de extensão: a difusão da produção científica, cultural, tecnológica e de inovação. Desta maneira, ao se comparar os anseios e manifestações dos inscritos com os conteúdos programados e repassados durante a execução da proposta, pode-se constatar que os objetivos pleiteados foram atingidos.

Salienta-se, entretanto, que do total de participantes, apenas 9 (nove) entregaram as peças técnicas em conformidade com a ilustração da Figura 8, o que implica que somente algo em torno de 23% da turma foi certificada.

Figura 8 - Peças técnicas requisitadas para a conclusão do curso, resultado para o Município de Cajazeiras-PB / (A) Mapa de localização; (B) Mapa com isoípsas; (C) Mapa de talvegues; (D) Mapa hipsométrico em 3D com transecto A-B; (E) Composição RGB da área em questão; e (F) Classificação supervisionada



Fonte: Autoria própria (2023).

Todavia, ressalta-se que a despeito da diminuta quantidade de inscritos a obter êxito para angariar a certificação, outros tantos participaram ativamente no decorrer do curso os quais, mesmo não tendo concluído todas as etapas designadas terão, como forma de auxílio, acesso *ad eternum* aos materiais da plataforma para consultas diversas, quando dos momentos de suas produções individuais, razão pela qual é possível afirmar que a proposta foi bem-sucedida.

Além disso, ressalta-se que a EaD, frequentemente, apresenta índices bastante elevados de desistência, o que vem motivando pesquisas de diversos autores sobre a temática (BRANCO; CONTE; HABOWSKI, 2020), fato também evidenciado aqui, mas que, sem desconsiderar as suas potencialidades, merecerá maiores atenções quando da oferta de novas edições de cursos de extensão no formato.

CONCLUSÕES

Atualmente a curricularização da extensão é uma corrente que vem ganhando força no sentido de consolidar o papel social da produção intelectual universitária, uma vez que vislumbra aproximar o âmbito científico dos demais conhecimentos humanos.

Com o advento da pandemia de COVID-19, e a consequente imposição do distanciamento social por ela causado, todas as atividades do tripé “Ensino”, “Pesquisa” e “Extensão” tiveram que ser readequadas para os modelos EaD ou remoto de emergência.

Assim, as Tecnologias de Informação e Comunicação-TICs tiveram papel central na difusão do conhecimento científico, ao ensejar a sua adaptação, com o fito de dar fluidez às atividades acadêmicas.

Diante disso, este manuscrito buscou, justamente, analisar a potencialidade do uso das TICs na vertente da "Extensão", lançando mão de um exemplo concreto, ao debater acerca da oferta de um curso adaptado e integralmente administrado em EaD no período pandêmico.

Após a completa execução dos trabalhos, pouco mais de 23% da turma teve sucesso na obtenção do certificado, contudo, a despeito da diminuta quantidade de cursistas exitosos, considera-se que os objetivos aventados foram atingidos visto que todos, certificados ou não, terão acesso *ad eternum* aos conteúdos e materiais inseridos na plataforma para consultas de auxílio, quando dos momentos de necessidade em suas produções individuais.

Desta maneira, as TICs podem ser ferramentas de grande valia quando da implantação e oferta de cursos de extensão, sendo interessante haver um bom planejamento prévio antes de tudo, no sentido de minimizar desistências e amplificar seu alcance e eficiência.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (PPGG/UFPB), assim como, pelas prolíficas discussões científicas e aprendizados empreendidos durante a construção do presente trabalho, manifestam gratidão aos seguintes Grupos de Estudos e Pesquisas: GEOAMB/IFPB; LEMGE/UFCA; e GEOFISA/UFPB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCO, L. S. A.; CONTE, E.; HABOWSKI, A. C. Evasão na educação a distância: pontos e contrapontos à problemática. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, Campinas; Sorocaba, SP, [S. l.], v. 25, n. 01, p. 132-154, mar. 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/S1414-40772020000100008.

DERLAM, A. J.; AZEVEDO, L. C. de; DAMO, N. G.; VARGAS, D. M. Adaptação virtual de um programa de extensão universitária durante a pandemia da Covid-19. **Extensio UFSC - Revista Eletrônica de Extensão**, Florianópolis-SC, [S. l.], v. 20, n. 45, p. 45-60, 2023. DOI: https://doi.org/10.5007/1807-0221.2023.e85468.

GUIMARÃES, E. M. P.; GONÇALVES, B. de O.; DUARTE, M. M. T. A. de S.; SOUSA, F. T. e; SANTOS, G. N.; BRAGA, G. A. Potencialidades da extensão universitária: um relato de experiência a partir das ações do Programa Aproxime-se durante a pandemia da Covid-19. **Extensão em Foco**, [S.l.], n. 23, jun. 2021. ISSN 2358-7180.

MIGUEL, J. C. A curricularização da extensão universitária no contexto da função social da universidade. **Práxis Educacional**, Vitória da Conquista, v. 19, n. 50, p. e11534, 2023. DOI: 10.22481/praxisedu. v19i50.11534.

PAULA, J. A. de. A extensão universitária: história, conceito e propostas. Interfaces **- Revista de Extensão da UFMG**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 5–23, 2013.

PEÑA, M. D. J.; ALLEGRETTI, S. M. M. Escola híbrida: aprendizes imersivos. **Revista Cet - Contemporaneidade, Educação e Tecnologia**, v. 1, n. 2, abr., 2012.

QGIS, **General Public License (GNU)**, Free Software Foundation, Inc., v. 3.10.14, A Coruña, 2021. Disponível em: https://download.osgeo.org/qgis/win64/. Acesso em: 3 nov. 2023.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; LIMA, M. T. V.; PALÁCIO, O. D.; OLIVEIRA, C. W. A importância do geoprocessamento na opinião de pessoas apresentadas a um software SIG livre, através de minicursos. **Revista Práxis**: saberes da extensão, [S.l.], v. 10, n. 20, p. 107-122, ago. 2022. ISSN 2525-5355.

GEOTECNOLOGIAS NO ENSINO DE GEOGRAFIA: UMA PERSPECTIVA A PARTIR DA INCLUSÃO DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA

Joseane da Silva Arruda Souza[(a)], Joshuá Davinci Nunes Rocha[(b]

[(a)]Programa de Pós-Graduação em Ensino de Geografia, Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, josyannisouza@gmail.com

[(b)]DIAC, Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN-Natal/ Central, joshuadavinci@hotmail.com br

Resumo: Estudos recentes, apontam que o Ensino de Geografia perpassa diversos dilemas educacionais cada vez mais desafiadores em termos de qualidade. Uma das questões que se destacam como desafiadoras é a Educação inclusiva de pessoas com deficiência, pois, atualmente tem se destacado cada vez mais presentes em sala de aula, alunos que possuem alguma limitação. Com os avanços tecnológicos, que cada vez mais estão crescendo e tomando formas, surgem as Geotecnologias. As Geotecnologias são técnicas computacionais de mapeamento, utilizadas para coleta e tratamento de informações, compostas por uma série de tecnologias, que podem ser utilizadas como recurso didático metodológico em sala de aula e na prática da Educação inclusiva de pessoas com deficiência. Pensando nisso, o presente artigo busca discutir o Ensino de Geografia e as geotecnologias na Educação inclusiva de pessoas com deficiência.

Palavras-chave: Pessoa com deficiência; Ensino de Geografia; Educação inclusiva; Geotecnologias.

Abstract: Recent studies indicate that Geography Teaching faces several educational dilemmas that are increasingly challenging in terms of quality. One of the issues that stands out as challenging is the inclusive education of people with disabilities, as students who have some limitations are currently increasingly present in the classroom. With technological advances, which are increasingly growing and taking shape, Geotechnologies emerge. Geotechnologies are computational mapping techniques, used to collect and process information, composed of a series of technologies, which can be used as a methodological teaching resource in the classroom and in the practice of inclusive education for people with disabilities. With this in mind, this article seeks to discuss Geography Teaching and geotechnologies in inclusive education for people with disabilities.

Keywords: Individuals with disabilities; Geography education; Inclusive education; Geotechnologies.

INTRODUÇÃO

Estudos recentes, apontam que o Ensino de Geografia perpassa diversos dilemas educacionais cada vez mais desafiadores em termos de qualidade. Uma das questões que se destacam como desafiadoras é a educação inclusiva de pessoas com deficiência, pois, atualmente tem se destacado cada vez mais presentes em sala de aula, alunos que possuem alguma limitação.

Essa realidade traz a necessidade de uma mobilização eficaz, com a finalidade de se adaptar a esse fato, visto que em termos educacionais, segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional Brasileira - LDB 9.394 de 1996, é direito de todo cidadão brasileiro uma educação escolar de qualidade e igualitária.

É dever do professor como mediador do conhecimento, juntamente com a escola, o desenvolvimento ou aprimoramento de métodos e técnicas que sirvam como subsídio metodológico intermediadores, capazes de suprir essa necessidade. Entretanto, a educação inclusiva para pessoas com deficiência passa por diversos desafios como o processo de formação de professores, a prática docente em sala de aula que em sua maioria das vezes não condizem com as demandas atuais e a objetividade da oferta de Ensino escolar.

> Trata-se de uma concepção de relação entre teoria e prática. Essa relação chega a constituir-se em um dilema, ficando a prática e a teoria colocadas como se fossem polos que se excluem. No entanto, são indissociáveis em uma aprendizagem e em uma

> trajetória necessária de ser percorrida para a apropriação de conhecimento. (KIMURA; 2010, p.82).

Assim como disposta na Lei 13. 146, de 6 de junho de 2015 (Capítulo IV – Do direito à Educação, Art. 27; p. 12) podemos entender que a educação inclusiva para pessoas com deficiência é uma modalidade de ensino que busca adaptar o sistema curricular educacional frente às demandas das especificidades de pessoas com deficiência (PCD), resguardando a plena inclusão como um todo desses alunos no processo de Ensino (BRASIL, 2015).

A Geografia busca compreender o espaço, o homem e suas interações com o meio, a cartografia é a ciência que representa esses espaços por meio de construção de mapas, ensinando a ler o mundo por meio de recorte espacial representado em escalas, por esse motivo essas ciências estão interligadas.

Com os avanços tecnológicos, surgem as Geotecnologias, que cada vez mais estão crescendo e tomando formas. As Geotecnologias são técnicas computacionais de mapeamento, utilizadas para coleta e tratamento de informações, é composta por uma série de tecnologias, que podem ser utilizadas como recurso didático metodológico em sala de aula e na prática da Educação inclusiva de pessoas com deficiência.

Percebe-se que o modelo de Ensino atual está em constante mudança em meio a dinâmica e diversidade social. O Ensino da Geografia nunca foi tarefa fácil para os professores, em virtude do histórico curricular da disciplina, trabalhada de forma tradicional e encarada socialmente como decoreba. Desmistificar essas questões exige iniciativas não só do professor, mas de toda sociedade. A partir desse entendimento, o presente trabalho buscará refletir metodologias a partir do uso das Geotecnologias capazes de melhorar a qualidade do Ensino da Geografia na perspectiva da Educação inclusiva de pessoas com deficiência.

MATERIAL E MÉTODO

Diante de diversos desafios que perpassam o Ensino da Geografia é importante se atentar às potencialidades, pois, vivemos em constante transformações e com isso surgem problemas/desafios a enfrentar e possibilidades que devem ser tratadas como caminhos em busca de adaptação e/ou mudança. Pensando nisso, o presente estudo é de caráter qualitativo, inicialmente fizemos levantamentos bibliográficos referentes ao tema, posteriormente realizamos discussões intencionais ao pensamento crítico reflexivo a partir desses autores que estudam essas questões.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Atualmente, tem se discutido muito a prática da Educação inclusiva nas escolas, especialmente nas salas de aula, porém, neste trabalho iremos falar sobre Educação inclusiva de pessoas com deficiência, visto que a Educação inclusiva engloba uma série de questões sociais específicas, garantindo a todo ser humano por lei o direito ao respeito e igualdade sem exceções. Segundo Menezes e Amorim

> A educação inclusiva ganhou corpo no âmbito das discussões e ações da educação nacional a partir da década de 90 do século passado, onde a gestão democrática do ensino entra como um dos pilares para o sistema de ensino, fazendo com que a escola passe a ser um importante meio para integração e ascensão social. (MENEZES; AMORIM, 2008, p.07).

Diante dos diversos dilemas que perpassam o Ensino de Geografia, é importante fazermos discussões que envolvam esses problemas em busca de possíveis caminhos que sejam capazes de gerar oferta de melhor qualidade do Ensino frente a demandas como a Educação inclusiva, que por sua vez se torna ainda mais difícil, em virtude de outras questões como o processo de formação dos professores, a prática em sala de aula que na maioria das vezes não correspondem à realidade de toda turma.

> Toda mudança no processo de ensino, exige do profissional maior desenvoltura no exercício da docência, essas transformações acarretam, de certa forma, mais trabalho para o profissional, pois ele necessitará de mais preparo para desenvolver suas funções de forma satisfatória, isso implica em capacitações constantes, mais estudos, maior compreensão sobre a realidade, visto que os fluxos de informações são cada vez maiores e o professor tem que saber como utilizá-los da melhor maneira possível (SAMPAIO *et, al.*, 2018, p. 223).

A educação inclusiva, no âmbito de pessoas com deficiência é uma modalidade de Ensino que visa atender alunos com necessidades especiais. Para isso, a Lei n°13.146, de 6 de julho de 2015, que institui a Lei Brasileira da pessoa com deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), apresenta um texto que representa a diversidade do povo brasileiro, resguardando seus direitos e deveres. No Capítulo I das Disposições Gerais preliminares, Art. 2° o texto discorre da caracterização de uma pessoa com deficiência (PCD), onde diz "Considera-se pessoa com deficiência aquela que tem impedimento a longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, com interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas." (BRASIL, 1996, p.08).

A Educação inclusiva para pessoa com deficiência, necessita de mão de obra, de forma que haja urgência em sua prestação de serviço, em virtude das especificidades que caracterizam cada aluno e que estão cada vez mais presentes nas salas de aula, em busca da participação de todos os alunos nas atividades escolares com intuito de construção de aprendizado e conhecimento igualitário sem discriminação.

Fazem-se necessário que os professores trabalhem com recursos como intermédio entre Ensino-Aprendizagem, mas que não enxergue os alunos pela sua deficiência e sim por suas potencialidades como ser humano, respeitando e resguardando as diversidades da humanidade e o pleno direito ao acompanhamento educacional igualitário, pois diante de tantos desafios da profissão, muitos professores em meio às fragilidades nos caminhos para melhor qualidade do Ensino, apresentam resistência e acabam reproduzindo um sistema de Ensino que não cabe mais a atual realidade no qual vivemos, como a reprodução tradicional do Ensino.

> O ensino de Geografia na Educação inclusiva deve proporcionar ao aluno a compreensão e uma melhor análise do meio que o cerca, visto que esse indivíduo enfrenta barreira impostas diariamente em diversas situações cotidianas, desde um simples deslocamento pela cidade, até o acesso a um ensino de qualidade e voltada para suas especificidades. (SAMPAIO *et. al.*, 2018, p. 223).

A geografia possui como objeto de estudo o espaço e suas relações, para que esse espaço possa ser representado e assim compreendido, faz-se o uso de mapas, que são representações cartográficas. Nesse sentido, com o avanço mundial tecnológico, surgem as Geotecnologias.

> As Geotecnologias podem ser definidas como o conjunto de ferramentas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações espaciais. Nesse âmbito, possuem como principal objetivo trabalhar com dados georreferenciados para representação computacional do espaço geográfico através de alguns exemplos, dentre os quais merecem relevância no Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), o Sistema de Informação Geográfica (SIG), o Sensoriamento Remoto (SR) e a Cartografia Digital. (JUNIOR E COSTA, 2017, p. 86).

A Cartografia assim como as Geotecnologias são ciências porque possuem métodos, com procedimentos metodológicos diferenciados, mas que são dependentes em suas relações e tratamento de informações. No Ensino de Geografia são ferramentas de igual importância para se compreender o espaço, assim, deve estar conectado aos conteúdos trabalhados em salas de aulas. Vivemos em constante transformação, isso se aplica a todos os sentidos de nossas vidas, com isso, surgem cada vez mais as diversidades sejam tecnológicas, de Ensino e humanas que são as abordagens que trouxemos aqui.

A Educação inclusiva trabalha com o objetivo de valorização e respeito às diferenças dos seres humanos não só em salas de aula, mas na prática diariamente. No Ensino de Geografia, tem ganhado repercussão para a sociedade novas possibilidades de atualização, como as Geotecnologias.

> Para acompanhar as mudanças que ocorrendo no mundo atual, com o advento das tecnologias, a escola deve se adequar e utilizá-las de forma que possam contribuir para o aprendizado dos discentes, fazendo menção ao que diz a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96) pela qual a compreensão das tecnologias faz parte da formação básica do cidadão. (MACÊDO *et. al.*, 2012, p. 141).

Dessa forma, os professores devem trazer em suas práticas de Ensino métodos atuais que servem como recursos metodológicos, atrelado a essa reflexão, mecanismos específicos na prática da inclusão de alunos com deficiências na Educação inclusiva. Nesse sentido, destacamos a cartografia digital como uma forma de aplicação de técnica assistiva como exemplo a ser utilizado em sala de aula, especialmente no Ensino de Geografia como subsídios intermediador para os conteúdos que atribuem informações espaciais para educandos com deficiência visual, cegueira e baixa visão.

Através da impressão em 3D, que são modelos desenvolvidos a partir de Softwares de edição 3D, podendo serem impressos como finalidade de produto a inclusão de pessoas com deficiência visual, por exemplo as formas de relevos, bacias hidrográficas que podem ser tratadas por alunos que possuem visão parcial (baixa visão) ou não possuem a visão.

> A tecnologia da impressão em 3D é uma ferramenta que poderá romper com as limitações de um deficiente visual, como também auxiliar e ensinar através de modelos didáticos alunos videntes e de baixa visão, desse modo, espera-se que a área educacional se expanda com a utilização desta tecnologia, para que assim se possa ter uma sociedade inclusa e que contribua significativamente na produção do conhecimento. PINHO, (S/N).

A tecnologia da impressão em 3D para fins de aprendizado escolar, está diretamente ligada a aprendizagem ativa de alunos, destacamos as deficiências visuais, visto que traz para a realidade diferentes produtos com formas que podem ser tratados, uma vez que sentidos como o toque são mais ativos. Dessa forma, os conteúdos em salas de aulas, especialmente os conteúdos de Geografia, podem ser transmitidos e compreendidos com melhor qualidade e acessibilidade.

A educação escolar, que tem o Ensino como forma de trabalhar os conteúdos precisa de estudos e práticas ativas, evolutivas e específicas no âmbito da Educação inclusiva e nas possibilidades de trabalhar com as Geotecnologias, pois é notório a ausência de estudos das especificidades de pessoas com deficiência, para tanto gerar novas possibilidades ao acesso a inclusão, com respostas as possíveis formas didáticas mediadoras de conteúdo com as tecnologias assistivas.

Os resultados desse trabalho, a partir das leituras e discussões realizadas com o estudo bibliográfico referenciado pode-se destacar que são notórias as transformações que perpassam o Ensino da Geografia. São dilemas que vão além da formação dos professores que estão em pleno exercício e que exigem deste profissional, maior e melhor desenvoltura para lidar com os impasses em sala de aula, dentre esses está a Educação inclusiva.

Com os avanços tecnológicos, as inserções das tecnologias em salas de aulas precisam estar presentes, visando a realidade atual dos alunos, pois as pessoas estão cada vez mais conectadas com meios tecnológicos. Para o Ensino de Geografia é indispensável o uso de mapas, visto que são representações cartográficas do espaço que é objeto de estudo da Geografia, o que os torna inseparáveis independente da finalidade do seu processo ou produto.

Junto aos avanços tecnológicos é possível identificar alternativas que podem contribuir significativamente no processo de Ensino da Geografia, assim, se destacam as ferramentas computacionais de processamento de informações mais precisas, as Geotecnologias. No Ensino da Educação Inclusiva, as Geotecnologias podem ser utilizadas como ferramentas didáticas metodológicas

na contribuição para a promoção da inclusão de alunos com deficiências, respeitando suas limitações específicas.

As Geotecnologias como ferramentas para o Ensino de Geografia se constituem na relação entre teoria e prática. Por tanto, o professor deve estar atento às diversidades específicas na sala de aula, para que possíveis adaptações possam ser feitas com o intuito de melhor compreensão dos conteúdos na perspectiva da Educação inclusiva.

CONCLUSÃO

Com a discussão apresentada, compreende-se que as possibilidades da utilização das Geotecnologias no Ensino de Geografia em sala de aula, especialmente na Educação inclusiva contribuem de forma significativa para o Ensino na compreensão do espaço e que na prática metodológica dos professores, é de fundamental importância para a promoção da inclusão, visto que se trata também no atento a especificidades de pessoas com deficiência.

Compreende-se que os professores de Geografia devem buscar capacitação para trabalhar com alunos que possuem limitações como as deficiências, capacitação computacional para se adaptar às realidades atuais como as Geotecnologias, dessa forma se posicionar com suas reflexões a respeito da prática do Ensino e as formas de aplicações de novos métodos que possam servir ao Ensino de Geografia e a Educação inclusiva.

Para tanto, as Geotecnologias são ferramentas que devem ser inseridas na prática educativa como subsídio metodológico, auxiliando na compreensão dos conteúdos e gerando melhores resultados no Ensino, garantindo o comprometimento do professor com a Educação inclusiva, pois cabe ao professor a reflexão a respeito de sua prática de Ensino, analisar e buscar desenvolver o uso de ferramentas da Geotecnologias como forma de melhor desenvolver seus alunos a compreender o mundo.

Entre tanto, precisamos ressaltar que essas são responsabilidades enormes para os professores, que por sua vez já dão conta de inúmeras encargos e fragilidades na profissão, como a falta de preparo específico, uma vez que a inclusão em sala de aula depende da prática do Ensino, porém, sabe-se que é difícil lidar com várias diversidades específicas dentro de uma sala de aula.

Para melhorar esse quadro, não é responsabilidade única do professor, mas deve ser um direito de profissão o acesso adequado de professores a cursos de capacitações especializadas, com acesso a métodos de Ensino atualizados, recursos didáticos no ambiente de trabalho para que o Ensino tenha condições favoráveis para seu desenvolvimento com qualidade, promovendo resultados relevantes na Educação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei número 9.394, 20 de dezembrode1996.Disponívelem:http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site. Acesso em: 14/10/2023.

BRASIL. **Lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência**. (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Lei n° 13.146 de 6 de julho de 2015. Edições câmera dos deputados. Brasília. 2015. Disponível em: https://www.cnmp.mp.br/portal/lei_brasileira_inclusão_pessoa_deficiencia. Acesso em: 28/09/23.

JUNIOR, Robson Lopes de Freitas; COSTA, Vivian Castilho da. Geotecnologias como subsidio a práticas de Ensino em Geografia para alunos de baixa visão do Ensino Fundamental do Instituto Benjamin Constant (IBC). **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v21. 2017. n° 2, p.135-145.

KIMURA, Shoko. **Geografia no ensino básico**: Questões e propostas. 2° Ed. São Paulo. Contexto. 2010.

MACÊDO, Helenize Carlos de. et. al. OFICINA PEDAGOGICA: Uso de Geotecnologias no Ensino de Geografia e as transformações na sociedade e reflexos na escola. **Geografia**. Londrina, Vol. 21, n° 2, p. 137-149. Mai/Ago. 2012.

MENEZES, Rodrigo da Silva; AMORIM, Rita de Cássia. **Geografia e educação inclusiva**: estudo de caso sobre a proposta de inclusão na Escola Estadual Senador Leite Neto.2008. Tiradentes. Disponívelem:https://openrit.grupotiradentes.com/xmlui/handle/set/5837. Acesso em: 15/10/2023.

PINHO, Francisco Victor Alves de. A utilização da impressão 3D na educação de alunos portadores de deficiência visual. **E-BOOK VII CONEDU** (Conedu em casa). Educação com (re) existência: mudanças, conscientização e conhecimento. Vol. 02. UFC. Ceará. Disponível em: https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/74167. Acesso em: 18/10/2023.

SAMPAIO, Vilomar Sandes. Et al. O ensino de geografia na perspectiva da educação inclusiva. vol. 04. N° 3. pág. 2010-226. **GEOPAUTA**. Vitória da Conquista.

APLICATIVOS E METODOLOGIAS ATIVAS COMO SUPORTE A GEOGRAFIA: UMA PROPOSTA DO KAHOOT NO ENSINO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Jadson Freire da Silva[(a)], Sidney Henrique Campelo de Santana[(b)], Camila Gardenea de Almeida Bandim [(c)], Joélia Natália Bezerra da Silva [(d)], Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva[(e)]

[(a)]Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Instituto Federal do Maranhão, jadsonfreiresilva@gmail.com
[(b)]Doutor em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, sidneyhcsantana@gmail.com
[(c)]Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, camila.bandim@ufpe.br
[(d)]Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, joelia.silva@ufpe.br
[(e)]Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Instituto Federal do Maranhão, elisabeth.silva@ifma.edu.br

Resumo: O Kahoot! é uma plataforma de aprendizado baseada em jogos que oferece uma abordagem inovadora e envolvente para a educação. Seus benefícios são vastos, tornando-o popular entre educadores e alunos. destaca-se por sua abordagem inovadora, promovendo a interatividade, o engajamento e a eficácia no processo de ensino-aprendizagem. Sendo assim, essa pesquisa tem como objetivo propor ou apresentar uma proposta metodológica para o ensino da Geografia sobre o tema "Bacias Hidrográficas" utilizando como mecanismo de interação e interatividade a plataforma Kahoot! Utilizando dez questões norteadoras sobre o tema, apresenta-se o Kahoot! para o tema em questão. Diante as possibilidades, nota-se que a plataforma pode trazer para o ambiente escolar uma oportunidade de dinamização da aula, no qual, é possível obter informações positivas por parte dos estudantes e sabendo dos pontos negativos que possam emergir, que haja o respeito e inclusão daqueles que não desejarem participar ou aplicar modificações de modo a trazer mitigações nas percepções negativas do jogo caso surja. Visando os pontos positivos e negativos, recomenda-se que haja o pensamento prévio e planejamento para uma boa implementação em ambiente escolar.

Palavras-chave: metodologias ativas; geografia, aplicativos educacionais; aplicações geográficas

Abstract: Kahoot! is a game-based learning platform that offers an innovative and engaging approach to education. Its benefits are vast, making it popular among educators and students. It stands out for its innovative approach, promoting interactivity, engagement, and effectiveness in the teaching-learning process. Therefore, this research aims to propose or present a methodological proposal for teaching Geography about "Watersheds" using the Kahoot! platform as a mechanism for interaction and interactivity. Using ten guiding questions on the subject, Kahoot! is presented for the subject in question. In view of the possibilities, it can be seen that the platform can provide the school environment with an opportunity to make lessons more dynamic, in which it is possible to obtain positive information from the students and, knowing the negative points that may emerge, to respect and include those who do not wish to participate or to apply modifications in order to mitigate the negative perceptions of the game if they arise. With the positive and negative points in mind, it is recommended that prior thought and planning be put into a good implementation in a school environment.

Keywords: active methodologies; geography, educational applications; geographic applications

INTRODUÇÃO

Observa-se atualmente que os discentes vêm sendo influenciados por estímulos externos que podem tergiversar a sua atenção na sala como também os fazer não se interessar a assuntos que serão relevantes a sua formação enquanto cidadão devido a metas estipuladas pelos mesmos derivando de jogos ou de outras informações não relacionadas aos temas escolares. São os desafios da educação frente aos jogos digitais e as mídias sociais dentro do ambiente escolar.

Mesmo observando na pesquisa de Drummond e Sauer (2014) que os jogos digitais não influenciam ou influenciam pouco nos resultados estudantis sobre a matemática ou da leitura dos discentes, os novos escritos tendem a apontam os jogos digitais e as redes sociais como um dos maiores responsáveis pela mudança de hábitos das crianças e jovens e suas reverberações na sociabilidade e no aprendizado.

Sumiyana et al. (2022) demonstraram que o excesso de jogos pode ter um impacto negativo no desempenho acadêmico, no qual, os mesmos apresentaram em um estudo realizado no Japão que o número de estudantes que apresentavam sinais de dependência da Internet aumentou de 7,9% para 11,6% durante a pandemia. A pesquisa promovida por Eisenstein et al. (2019) por intermédio da Sociedade Brasileira de Pediatria além de apresentar os descritores e níveis dos jogos *on-line* e *off-line* também demonstraram que o abuso destes, dentro ou fora de casa, pode acarretar problemas que podem sugerir a falta de controle, mudanças de hábitos (como a presença em rotinas da casa em família), mudanças de comportamento (tristeza, raiva/agressividade, depressão) e compulsões (por compras, ou em manter-se *on-line* independentemente do local, por exemplo).

Enquanto as mídias sociais, Zancan e Tono (2018) observaram as percepções de alunos (336) em escolhas brasileiras sobre esse tema e tiveram resultados equilibrados quando se refere a influência positiva e negativa dos mesmos nas vidas e sobre os estudos. Mesmo coletando informações que apontam a maioria dos entrevistados não mantém interferência na qualidade de aprendizado, o fato de haver percentuais (15%; n=51) de estudantes que demostraram influência negativa na performance escolar devido a essas redes preocupa. Esse resultado levanta pontos de atenção para acompanhamento e supervisão de como evitar ou mitigar esses efeitos, como também trazer esses estudantes para a atração de disciplinas em momento escolar.

No entanto, é importante notar que nem todos os estudantes que jogam jogos digitais são viciados neles (Drummond & Sauer 2014). Além disso, sabe-se que os jogos podem ser utilizados como uma ferramenta de ensino eficaz quando utilizados de forma adequada (Smiderle et al., 2020). As tecnologias ativas se incluem a isso, onde as mesmas se amparam em softwares para reter a atenção dos estudantes e envolverem com atividades que mesclam os conceitos de interesse do docente com as novas dinâmicas demandadas pelos discentes.

No geral, pode-se definir as Metodologias Ativas como as abordagens de ensino que buscam envolver os alunos de forma mais ativa e participativa em seu próprio processo de aprendizagem. Em contraste com métodos mais tradicionais, onde "o professor desempenha um papel central na transmissão de conhecimento, as metodologias ativas incentivam os alunos a serem mais ativos" (Santos, 2023, p.37), ou reflexivos e autônomos em sua aprendizagem. A Gamificação é um dos pontos presentes na Metodologia Ativa e mantém uma integração dos elementos de jogos no processo de aprendizagem para motivar os alunos, promover a competição saudável e engajar os estudantes (Lovato et al., 2018).

Deste modo, pode-se incluir como uma das formas de metodologias ativas a plataforma Kahoot! (https://kahoot.it/). A referida é conhecida pela experiência interativa de jogos online, especialmente para quizzes e atividades baseadas em perguntas e respostas. Essa plataforma é frequentemente utilizada em contextos educacionais, treinamentos corporativos ou mesmo em eventos sociais nos quais os participantes podem se envolver em jogos de conhecimento e competição (Tan et al., 2018).

Sua apresentação tende a modificar ou dinamizar a aula e é latente em diferentes períodos e séries dos ensinos fundamental, médio e/ou superior. Sendo assim, essa pesquisa tem como objetivo propor ou apresentar uma proposta metodológica para o ensino da Geografia sobre o tema "Bacias Hidrográficas" utilizando como mecanismo de interação e interatividade o aplicativo/plataforma Kahoot!

MATERIAL E MÉTODO

CONCEITUAÇÃO E ESTRUTURA METODOLÓGICA

Uma proposta metodológica é um plano que descreve os métodos e procedimentos que serão utilizados para realizar uma investigação ou resolver um problema. É uma parte fundamental de um projeto de investigação ou uma pesquisa, pois explica como a investigação será conduzida e que medidas serão tomadas para garantir que os resultados são válidos e fiáveis (Foladori, 2005).

Pesquisas como as de Maldonado et al. (2016) apresentaram propostas metodológicas voltadas a educação em si, nas quais foram desenvolvidas em plataforma virtual processos para o ensino da matemática, auxiliando e amparando os docentes no ensinar e no manejo da disciplina.

Por mais que a proposta metodológica se volte a exposição de informações que possam auxiliar a vida docente ou a aplicação de disciplinas, esse tipo de metodologia se ampara para desenvolvimento de informações de cunho científico nas bases bibliográficas ou na revisão bibliográfica em si (Gerhardt, & Silveira, 2009). Deste modo, as apresentações de informações expostas devem estar alinhadas as boas práticas acadêmicas sendo comprovadas pelas discussões pretéritas publicadas sem a exposição de juízos de valores ou opiniões, por exemplo.

Frente a isso, a pesquisa expõe recomendações para se dinamizar uma aula de geografia através dos conceitos a serem abordados ao longo da vida estudantil. Nota-se que como uma proposição enquanto cerne, ela entrega ao pesquisador-leitor a oportunidade de replicá-la ou modificá-la enquanto aplicação caso este deseje. A referida proposição de metodologia ativa para dinamização de aula se direcionará para o ensino de estudantes do 6° (Sexto) ano do fundamental.

BASE TEÓRICA PARA PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA: BACIAS HIDROGRÁFICAS

Uma bacia hidrográfica é uma área de terra que drena todos os cursos de água e a precipitação para uma saída comum, como a foz de um rio ou qualquer ponto ao longo de um canal de um curso de água. As bacias hidrográficas variam de tamanhos e de hierarquias, no entanto, sua definição mesmo em tamanhos distintos continua a mesma (NOAA, 2023). A palavra "bacia hidrográfica" é por vezes utilizada indistintamente com bacia de drenagem ou bacia de captação, nas quais os cumes e colinas que separam duas bacias hidrográficas são designados por divisor de águas. A bacia hidrográfica é constituída por águas superficiais - lagos, ribeiros, reservatórios e zonas húmidas (USGS, 2019).

As bacias hidrográficas mantêm seu status de relevantes uma vez que essas são necessárias para suportar o habitat de plantas e animais, fornecendo água potável às pessoas e à vida selvagem. As bacias hidrográficas conservadas enquanto mata ciliar e permanente não só ajudam a proteger a qualidade da água, como também proporcionam maiores benefícios do que as bacias hidrográficas degradadas e às pessoas que nelas vivem (He & James, 2021). Além disso, serviços ecossistêmicos das bacias hidrográficas podem ser observados no que tange a melhoria da qualidade da água, oportunidades de armazenamento de carbono, controle das inundações e o próprio abastecimento humano e da agricultura (Wang et al., 2016).

A aplicação do assunto pode ser observada inicialmente no Ensino Fundamental II (6º ao 9º ano), nos quais, durante esses anos, os alunos geralmente estudam temas mais específicos em geografia. O conceito de bacias hidrográficas, incluindo como funcionam e sua importância, pode ser introduzido de maneira mais aprofundada. Os estudantes podem aprender sobre a relação entre as bacias hidrográficas, o ciclo da água e a influência humana nesses sistemas. Após isso, observa-se o aprofundamento dos conceitos junto a outros no ensino médio.

Na BNCC – Base Nacional Comum Curricular, a implementação do conceito de bacias hidrográficas se dá no 6° (Sexto) ano do fundamental onde “(EF06GE12) Identificar o consumo dos recursos hídricos e o uso das principais bacias hidrográficas no Brasil e no mundo, enfatizando as transformações nos ambientes urbanos”. Podendo estender-se e conectar-se a outros assuntos ao longo dos anos e do amadurecimento do discente enquanto conhecimento adquirido. No ensino médio, diversas habilidades (EM13CHS103), (EM13CHS206), (EM13CHS306) trazem à tona o conceito de bacia hidrográfica e de hidrologia e suas relações com a sociedade e indivíduos (BRASIL, 2018).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Frente ao conteúdo programático e conceituações da hidrologia e das bacias hidrográficas apresentadas no sexto ano do fundamental segundo diretrizes da BNCC, orientou-se 10 (dez) questões que auxiliarão na fixação dos levantamentos e reflexões discutidas (Quadro 1).

Quadro 1 – Roteiro de perguntas para construção do Quiz-Kahoot!

1. O que é uma bacia hidrográfica?
a) Uma cadeia montanhosa
b) Uma área de captação de água (Correto)
c) Uma cidade litorânea
d) Uma floresta tropical
2. Qual é a principal função de uma bacia hidrográfica?
a) Produção de energia solar
b) Distribuição de correntes de ar
c) Captura e drenagem de água (Correto)
d) Armazenamento de minerais
3. Onde ocorre a convergência das águas em uma bacia hidrográfica?
a) Nas áreas urbanas
b) Nos oceanos
c) Nos rios principais (Correto)
d) Nas montanhas
4. Qual fator influencia a delimitação de uma bacia hidrográfica?
a) Altitude das montanhas (Correto)
b) Densidade populacional
c) Localização geográfica
d) Velocidade do vento
5. Quais são os principais usos sustentáveis da água em uma bacia hidrográfica?
a) Produção de resíduos industriais
b) Agricultura e irrigação (Correto)
c) Desmatamento indiscriminado
d) Extração descontrolada de minérios
6. O que caracteriza a divisão de águas em uma bacia hidrográfica?
a) A altitude das montanhas (verdadeiro)
7. Como as atividades humanas podem impactar negativamente uma bacia hidrográfica?
a) Reforçando a biodiversidade
b) Reduzindo a erosão do solo
c) Causando poluição da água (Correto)
d) Promovendo a recarga de aquíferos
8. Um rio ou córrego pode se considerado como curso d'Água?
a) Verdadeiro (Correto)
b) Falso
9. Qual é o papel das nascentes em uma bacia hidrográfica?

a) Armazenar água da chuva
b) Funcionar como reservatórios artificiais
c) Ser o ponto de origem de um curso d’água (Correto)
d) Fornecer água potável diretamente
10. O que são planícies de inundação e qual é sua importância em uma bacia hidrográfica?
a) Áreas urbanas propensas a enchentes
b) Terrenos elevados nas margens dos rios
c) Áreas que alagam durante cheias, favorecendo a fertilidade do solo (Correto)
d) Regiões com baixo índice de precipitação pluviométrica

Nota-se através dos questionamentos presentes no Quadro 1 que pontos como conceituação e função principal, destinação das águas, fatores de delimitação da bacia hidrográfica, prática e usos sustentáveis, conceitos secundários e importância do território e correlações são observados, o que acompanha as recomendações do ano para a Geografia e ampara na construção da metodologia ativa em si, que necessita de questionamentos e respostas curtas. É importante apontar que a versão gratuita compreende apenas aos formatos quiz e ao verdadeiro/falso (Figuras 1 e 2).

Figura 1- Momentos dos Quiz-Kahoot! Sobre bacias hidrográficas

Fonte: Autores via Kahoot! (2023).

Observando a Figura 1, percebe-se que a interface do Kahoot! Mantém cores vibrantes, buscando a atenção dos estudantes frente aos quatro questionamentos que são direcionados a uma pergunta base. Ademais, é possível estabelecer tempos de respostas para que haja competitividade entre interessados, favorecendo as relações sociais na sala de aula a deixando mais lúdica quando comparada a aplicações tradicionais (quadro e piloto).

É importante frisar que o aplicativo pode ser utilizado via *smartphone* ou computador, ou seja, caso haja um laboratório de informática na escola, é possível deixar a aula muito mais atraente pela saída dos discentes da sala e pela proposta em ambiente diferenciado. Além do quiz, presente na Figura 1, é possível criar na versão gratuita a modalidade de verdadeiro ou falso (Figura 2).

Figura 2 – Momentos dos Verdadeiro ou Falso - Kahoot! Sobre bacias hidrográficas

Fonte: Autores via Kahoot! (2023).

Na Figura 2 é possível notar a construção das questões em verdadeiro ou falso; no qual a pergunta principal se torna um pouco mais complexa quando comparada ao quiz (Figura 1) uma vez que a mesma tende a afirmar ou a recusar algo na sua premissa inicial. Pontos positivos da plataforma estão na acessibilidade, uma vez que é possível acionar recursos sonoros que poderão reproduzir uma narração de cada pergunta principal e questionamentos, dando a possibilidade da aplicação na Educação Inclusiva; na replicabilidade, na repetição e na modificação, uma vez que é possível trazer novos pontos para o aplicativo mediante apresentação de novos conteúdos, sempre respeitando o tempo do estudante para maturação dos mesmos e na *gameficação* e dinamização da aula, devido a interação entre sala e exposição de pontuação e quadro de vencedores, a retenção da atenção e o incentivo a leitura sobre o assunto é aparente, de modo a auxiliar na fixação de conceitos que poderão vir em momento posterior devido a possibilidade da plataforma aparecer novamente.

O controle de tempo deve ser trabalhado uma vez que é opção do docente apresentar inicialmente os conceitos sobre o tema e em segundo momento trabalhar com a plataforma, ou manter uma aula apenas para conceitos e reflexões e outra aula para dinamização da sala mediante Kahoot!. Nestes dois casos é necessário que haja um pensamento prévio de quantas questões devem ser aplicadas e apresentadas para a sala, levando em consideração a quantidade da mesma, nível de aprendizado, disposição a participar e acesso a equipamentos eletrônicos e internet.

Gazotti-Vallim et al. (2017) aplicaram o aplicativo para o ensino do inglês, recebendo muitos comentários positivos sobre a implementação da atividade. Na mesma premissa, Silva et al., (2018) no curso de Química aplicaram *Quizzes* e receberam comentários tais como proposições de "*regras claras, diversão, inclusão do erro, prazer e motivação*" como pontos benéficos. Wang & Tahir (2020) estudando via revisão bibliográfica 93 artigos que trouxeram as contribuições do Kahoot! observando características que irão incentivar os discentes em competir entre si e fomentar a o ensino e a pesquisa. O estudo também traz considerações relevantes antagônicas, nos quais a plataforma não trouxe ou não trouxe com grande quantidade, benefícios para a sala. Nessa revisão foi trazida não somente os pontos positivos supracitados anteriormente, mas também pontos negativos e desafios foram coletados e estão relacionados com a competitividade e o medo de perder, as respostas e a velocidade vinculada a pontuação, a possibilidade de acertar e vencer a atividade escolhendo aleatoriamente as alternativas, a dificuldade em recuperar-se de pontuação frente aos colegas ao errar e nessa mesma premissa, a pressão relacionada em acertar em menor tempo.

Diante as possibilidades, nota-se que a plataforma pode trazer para o ambiente escolar uma oportunidade de dinamização da aula, no qual, é possível obter informações positivas por parte dos estudantes e sabendo dos pontos negativos que possam emergir, respeitar e incluir aqueles que não desejarem participar ou aplicar modificações de modo a trazer mitigações nas percepções negativas do jogo caso surja. Visando os pontos positivos e negativos, recomenda-se que haja o pensamento prévio e planejamento para uma boa implementação em ambiente escolar.

CONCLUSÃO

O Kahoot! é frequentemente utilizado como uma ferramenta em metodologias ativas de ensino. Sabendo que as Metodologias Ativas são abordagens pedagógicas que envolvem ativamente os alunos no processo de aprendizagem, promovendo a participação, a colaboração e o pensamento crítico, o Kahoot! se encaixa nesse contexto ao transformar a sala de aula em um ambiente interativo e dinâmico.

Ao criar jogos educativos, questionários e desafios no Kahoot!, os educadores podem envolver os alunos de maneira ativa, estimulando a competição amigável, o pensamento rápido e a participação ativa. Os alunos utilizam dispositivos móveis para responder às perguntas em tempo real, o que cria uma experiência de aprendizagem mais envolvente. Além disso, o Kahoot! pode ser adaptado para diferentes estilos de ensino e disciplinas, tornando-o uma ferramenta versátil para a implementação de metodologias ativas. Respeitando as dificuldades e desafios presentes na escola e na sala de aula, é recomendável e é possível propor para o ensino da hidrologia – bacia hidrográficas a utilização da plataforma supracitada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a FAPEMA – Fundação de Amparo a Pesquisa do Maranhão pela bolsa concedida ao primeiro autor. Ao Instituto Federal do Maranhão e ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Pernambuco pela estrutura e acesso a pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ensino Médio. Brasília: MEC. Versão entregue ao CNE em 03 de abril de 2018 2018. Disponível em: Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf Acesso em: 13/11/2023.

Da Silva, J. B., Andrade, M. H., de Oliveira, R. R., Sales, G. L., & Alves, F. R. V. (2018). Tecnologias digitais e metodologias ativas na escola: o contributo do Kahoot para gamificar a sala de aula. **Revista Thema**, 15(2), 780-791.

Drummond A, Sauer JD (2014) Video-Games Do Not Negatively Impact Adolescent Academic Performance in Science, Mathematics or Reading. **PLoS ONE** 9(4): e87943. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087943

Eisenstein, E.; Pfeiffer, L.; Gama, M.C.; Estefenon, S.; Cavalcanti, S.S. Dependência virtual – um problema crescente #MENOS VÍDEOS #MAIS SAÚDE. Grupo de Trabalho Saúde na Era Digital (2019-2021), **Sociedade Brasileira de Pediatria.**

Foladori, G. (2005). A methodological proposal for environmental education. Canadian Journal of **Environmental Education**, 10.

Gazotti-Vallim, M. A., Gomes, S. T., & Fischer, C. R. (2017). Vivenciando inglês com Kahoot. **The ESPecialist**, 38(1).

Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). **Métodos de pesquisa**. Plageder.

He, C., James, L.A. (2021). Watershed science: Linking hydrological science with sustainable management of river basins. Sci. **China Earth Sci**. 64, 677–690. https://doi.org/10.1007/s11430-020-9723-4

Lovato, F. L., Michelotti, A., & da Silva Loreto, E. L. (2018). Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**, 20(2).

Maldonado, J. J., Bermeo, J. L., & Pacheco, G. (2016). Assessing a Methodological Proposal for the Design, Creation and Evaluation of Learning Objects Oriented to Educators with Diverse Educational and Technological Competencies. **CLEI Electronic Journal**, 19(1), 3-3.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. **About watershed.** 2023. Disponível em: < https://oceanservice.noaa.gov/facts/watershed.html >. Acesso em 13/11/2023.

Santos, F. B. (2023). **O uso de situações cotidianas para o ensino de matemática**. Instituto Federal da Paraíba - Campus Campina Grande. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: < https://repositorio.ifpb.edu.br/jspui/bitstream/177683/2984/1/Franklin%20Benicio%20dos%20Santos%20-%20TCC.pdf >. Acesso em: 13/11/2023.

Smiderle, R., Rigo, S.J., Marques, L.B. et al. (2020). The impact of gamification on students' learning, engagement and behavior based on their personality traits. **Smart Learn. Environ**. 7, 3 https://doi.org/10.1186/s40561-019-0098-x

Sumiyana S, Pratiwi IDE, Hadi C, Utami ER and Saputra MA (2022) Students' game addiction caused by multi-constructs and multi-dimensions: Self-controls, cognitive biases and opportunistic behaviours. **Front. Educ**. 7:966079.

Tan Ai Lin, D., Ganapathy, M., & Kaur, M. (2018). Kahoot! It: Gamification in higher education. **Pertanika Journal of Social Sciences & Humanities**, 26(1).

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos. **Watershed and drainage basins.** 2023. Disponível em: < https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/watersheds-and-drainage-basins >. Acesso em 13/11/2023.

Wang, A. I., & Tahir, R. (2020). The effect of using Kahoot! for learning–A literature review. **Computers & Education**, 149, 103818.

Wang, G., Mang, S., Cai, H. et al (2016). Integrated watershed management: evolution, development and emerging trends. **J. For. Res**. 27, 967–994. https://doi.org/10.1007/s11676-016-0293-3

Zancan, C. R. B., & Tono, C. C. P. (2018). Hábitos dos adolescentes quanto ao uso das mídias digitais. **EDUCA - Revista Multidisciplinar Em Educação**, 5(11), 98–119. https://doi.org/10.26568/2359-2087.2018.2647

A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE UNIDADE HIDROLÓGICA DE PERNAMBUCO COMO RECURSO TECNOLÓGICO PARA AULA DE GEOGRAFIA URBANA

Jesse James Silva[(a)], Gisely Francelina Do Vale Silva[(b)], Maria Jaqueline Oliveira da Silva[(c)], Stheffany Beatriz Gonçalves Ferreira[(d)] , Vitor Alfredo de Santana Silva[(e)]

[(a)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, jesse.jamesilva@ufpe.br
[(b)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, gisely.francelina@ufpe.br
[(c)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, jaqueline.osilva2@ufpe.br
[(d)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, stheffany.ferreira@ufpe.br
[(e)]Programa de Pós Graduação em Biociências,, Universidade Federal de Pernambuco, vitor.alfredo@ufpe.br

Resumo: A utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) na Educação tem se consolidado como uma poderosa metodologia ativa, proporcionando um ambiente de aprendizado interativo e prático. Nesse contexto, alinhado com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o 6º ano do ensino fundamental anos finais e a competência de Geografia Urbana, foram explorados o uso do SIG, sendo o Sistema de Unidade Hidrológica de Pernambuco como uma estratégia para o ensino em escolas que atendem às comunidades ribeirinhas do Recife. Para isso, o presente trabalho tem como objetivo investigar e mapear rios, córregos, e áreas suscetíveis a inundações dessas comunidades para que assim os discentes possam desenvolver uma compreensão aprofundada das características geográficas e ambientais das áreas em que vivem, com foco, portanto, em questões hidrológicas e climáticas. Nesta perspectiva, o estudo realizou-se através de uma pesquisa exploratória, na qual se fundamentou em artigos, obras e compreensão do recurso tecnológico supracitado, para que auxilie na dinâmica entre o uso didático e tecnológico.

Palavras-chave: Geografia Urbana; Metodologias Ativas; SUPER.

Abstract: The use of Geographic Information Systems (GIS) in education has been consolidated as a powerful active methodology, providing an interactive and practical learning environment. In this context, in line with the National Common Core Curriculum (BNCC) for the 6th year of elementary school and the Urban Geography competency, the use of GIS was explored, with the Pernambuco Hydrological Unit System as a strategy for teaching in schools that serve Recife's riverside communities. To this end, this work aims to investigate and map rivers, streams and areas susceptible to flooding in these communities so that students can develop an in-depth understanding of the geographical and environmental characteristics of the areas in which they live, with a focus on hydrological and climatic issues. In this perspective, the study was carried out through exploratory research, based on articles, works and understanding of the aforementioned technological resource, so that it helps in the dynamics between didactic and technological use.

Keywords: Urban Geography; Active Methodologies; SUPER.

INTRODUÇÃO

A tecnologia digital é um recurso indispensável para a atual dinâmica da sociedade do século XXI bem como em suas relativas necessidades, sendo assim, na educação não é diferente, o uso de aparatos que se apoiem no conteúdo didático e que levem o estudante a uma realidade mais imersiva, está se tornando consideravelmente direcionado ao digital, tendo em vista as inúmeras possibilidades que tal recurso permite proporcionar. Na ciência Geográfica, os Sistemas de Informações Geográficas-SIG 's estão tornando-se cada vez mais comuns em sala de aula. Isso porque os SIG´ s são um bom exemplo de uma ferramenta de análise espacial aplicada à Geografia, dadas as múltiplas possibilidades de análise dos dados georreferenciados. Conceitos como autocorrelação espacial, buffering (áreas de influência) ou overlay (sobreposição de diferentes coberturas geográficas, criando novas coberturas) são

operações características dos SIG e elementares para a Geografia. Com tantas inter relações, os SIG´ s tornam-se indispensáveis ao ensino de Geografia e de outras disciplinas, gerando vantagens no abrangente e transdisciplinar processo educativo. (Pazini et al., 2005).

O objetivo desta pesquisa é explorar e destacar o papel fundamental da tecnologia digital na educação contemporânea, com ênfase no uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) como ferramenta pedagógica na disciplina de Geografia. A crescente digitalização da sociedade do século XXI demanda abordagens inovadoras no ensino, e a integração de SIGs proporciona aos estudantes uma experiência imersiva, permitindo análises espaciais avançadas de dados georreferenciados. A pesquisa busca evidenciar como os SIGs facilitam a compreensão de conceitos geográficos, como autocorrelação espacial e overlay, e enfatiza as vantagens dessa abordagem no contexto educativo, promovendo uma visão abrangente e transdisciplinar no processo de ensino. A análise proposta visa fornecer insights valiosos sobre o impacto positivo dessas tecnologias no aprendizado, destacando sua relevância para a formação dos estudantes no âmbito da Geografia e de disciplinas correlatas. O objetivo desta pesquisa é explorar e destacar o papel fundamental da tecnologia digital na educação contemporânea, com ênfase no uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) como ferramenta pedagógica na disciplina de Geografia. A crescente digitalização da sociedade do século XXI demanda abordagens inovadoras no ensino, e a integração de SIGs proporciona aos estudantes uma experiência imersiva, permitindo análises espaciais avançadas de dados georreferenciados. A pesquisa busca evidenciar como os SIGs facilitam a compreensão de conceitos geográficos, como autocorrelação espacial e overlay, e enfatiza as vantagens dessa abordagem no contexto educativo, promovendo uma visão abrangente e transdisciplinar no processo de ensino. A análise proposta visa fornecer insights valiosos sobre o impacto positivo dessas tecnologias no aprendizado, destacando sua relevância para a formação dos estudantes no âmbito da Geografia e de disciplinas correlatas.

Além disso, os próprios Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são uma estratégia para aprimorar o ensino, especialmente quando integrados ao conteúdo da sala de aula e à realidade dos alunos. Ao utilizá-los, os alunos não apenas absorvem o conteúdo exigido, mas também desenvolvem habilidades técnicas ao interagir com as ferramentas do sistema, como é o caso do Super. Conforme observado por Silva et al. (1996), o SIG facilita o desenvolvimento de análise, síntese e raciocínio lógico-matemático à medida que os usuários exploram novas possibilidades de resposta, analisando e sintetizando informações com base nas questões colocadas. Quando utilizados como suporte ao ensino de geografia, oferecem diversas vantagens, entre elas a capacidade de realizar rapidamente análises, correlações e sínteses, graças à eficiência do sistema no processamento de grandes quantidades de informações

É neste sentido que o presente trabalho aborda a utilização do Sistema de Unidade Hidrológica de Pernambuco- SUPER como um meio de desenvolver as temáticas de Geografia Urbana e Hidrogeografia com estudantes das comunidades ribeirinhas do Recife-PE. Para isso considerou-se a problemática que os estudantes ribeirinhos enfrentam em diversos âmbitos, mas nesse caso de estudo com o acesso à internet, tendo em vista as condições precarizadas tanto em suas residências quanto nas escolas públicas ou municipais que estes frequentam. Sendo assim, foi necessário criar uma possibilidade simples, acessível, mas com potencial educativo, o SUPER, portanto, foi a ferramenta de escolhida pois o seu acesso pode acontecer através de celulares, computadores ou tablets, ou seja, o seu funcionamento de execução é amplo, podendo atender escolas que não possuem computadores, mas que tenham pelo menos um celular em sala de aula, podendo ser até mesmo do professor ou do aluno. Neste sentido, Kenski, 2007 afirma:

> A tecnologia digital rompe com as narrativas circulares e repetidas da oralidade e com o encaminhamento contínuo e sequencial da escrita e se apresenta como um fenômeno descontínuo, fragmentado e, ao mesmo tempo, dinâmico, aberto e veloz. Deixa de lado a estrutura serial e hierárquica na articulação dos conhecimentos e se abre para o estabelecimento de novas relações entre os conteúdos, espaços, tempos e pessoas diferentes.

Nesta perspectiva, alinhado a BNCC sob a temática “Natureza, ambientes e qualidade de vida” e a Habilidade “(EF06GE12) - Identificar o consumo dos recursos hídricos e o uso das principais bacias hidrográficas no Brasil e no mundo, enfatizando as transformações nos espaços Urbanos”, buscou

alcançar parâmetros diferentes dos tradicionais, nos quais os alunos não são colocados, muitas vezes, como protagonistas do seu processo de aprendizagem. A partir deste recurso digital, considerado como um SIG, se pode articular os conhecimentos teóricos obtidos pelo professor com o conhecimento de vivência do aluno atrelado ao SIG escolhido para visualizar dados hidrológicos e climáticos, podendo manualmente executar seus próprios projetos e promover um conhecimento mais sólido.

MATERIAL E MÉTODO.

Para realizar esta pesquisa exploratória em escolas públicas das comunidades ribeirinhas do Recife, adotaremos uma metodologia composta por três etapas sequenciais. Na primeira aula, concentraremos nossos esforços na transmissão de conhecimento teórico, utilizando o quadro como suporte para apresentar a habilidade EF06GE12 da BNCC. Nosso objetivo é estabelecer uma base sólida de compreensão do espaço geográfico, contextualizando-o dentro da realidade específica dessas comunidades.

Na segunda aula, aprofundaremos a exploração teórica, com ênfase na habilidade EF06GE13 da BNCC. Esta etapa visa aprofundar a compreensão dos alunos sobre as interações entre sociedade e ambiente, promovendo uma visão mais ampla das questões geográficas locais.

A terceira aula consistirá na aplicação prática dos conhecimentos adquiridos. Utilizaremos celulares equipados com o Sistema Pernambucano de Unidades Hidrológicas (SUPER) para permitir que os alunos explorem o funcionamento do sistema. Essa abordagem visa familiarizá-los com a tecnologia e incentivar a geração de pesquisas envolvendo recursos hídricos e fatores climáticos presentes em seu entorno.

Esperamos que esta metodologia proporcione não apenas um entendimento aprofundado dos fatores geofísicos, mas também habilite os alunos a articular soluções para as problemáticas hídricas identificadas. A integração entre teoria e prática busca promover um aprendizado significativo e uma compreensão mais holística da dinâmica das comunidades ribeirinhas. A metodologia será implementada em quatro escolas, totalizando três aulas por instituição. Durante esse processo, a coleta de feedbacks dos alunos e educadores será fundamental para ajustes contínuos na abordagem, garantindo sua eficácia e adaptabilidade em diferentes contextos educacionais. O objetivo final é não apenas transmitir conhecimento, mas também capacitar os alunos a se tornarem agentes ativos na compreensão e resolução das questões geográficas locais.

RESULTADO E DISCUSSÃO

O artigo enfoca a relevância do uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na educação, com o objetivo específico de aprofundar o entendimento em geografia urbana e hidrogeografia. Nesse contexto, propõe-se a implementação do Sistema Pernambucano de Unidades Hidrológicas (SUPER) como ferramenta educacional em escolas situadas nas comunidades ribeirinhas do Recife. A discussão central abordará tópicos fundamentais, como a integração contextual na educação, a sinergia entre tecnologia e aprendizado, e os benefícios do SUPER para proporcionar uma compreensão prática e visual dos fenômenos geográficos locais. O estudo não apenas busca transmitir conhecimento teórico, mas também visa envolver os alunos ativamente em sua realidade geográfica, promovendo o desenvolvimento de habilidades tecnológicas e uma consciência mais profunda das questões socioambientais específicas dessas comunidades ribeirinhas (Figura 1).

A primeira questão a considerar é a acessibilidade da tecnologia. Embora o SUPER seja considerado uma ferramenta de acessibilidade que pode ser usada em dispositivos como celulares, computadores ou tablets, é fundamental abordar a disponibilidade desses dispositivos nas escolas e o acesso dos alunos a eles. Garantir que todos os alunos tenham oportunidades iguais de participar nessas atividades é um desafio integração curricular é um aspecto fundamental que precisa ser discutido. O artigo menciona a conexão entre o conteúdo teórico e as experiências que os alunos adquirem por meio do SIG. A discussão pode aprofundar a forma como esta abordagem pode ser aplicada a diferentes disciplinas além da geografia para enriquecer a aprendizagem interdisciplinar.

O estudo centra-se na utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta de ensino educacional, fornecendo resultados esperados abrangentes que abordam todos os aspectos do impacto desta abordagem no ensino de geografia urbana e hidrogeografia, particularmente nas escolas, para serviços residenciais.

Figura 1- Comunidade ribeirinha em Recife (PE)

Fonte: JC Negócios(2022).

Em primeiro lugar, espera-se que esta abordagem promova uma melhor compreensão da geografia entre os estudantes. O SIG fornece uma forma interativa e prática de explorar e analisar dados georreferenciados, o que pode proporcionar às pessoas uma compreensão mais profunda das características geográficas e ambientais das áreas onde vivem, com ênfase em questões hidrológicas e climáticas. Esta compreensão profunda é fundamental para o desenvolvimento de cidadãos geograficamente conscientes. educação vem passando por quebras de paradigmas (Souza, Brito & Melo, 2010), e Bretherick (2010) concorda quando cita que, para Pierre Lévy, a popularização do acesso ao ciberespaço, através das tecnologias da inteligência e da cibercultura, pode resultar num espaço onde as inteligências coletivas produzam um saber democrático, num processo de cooperação e produção de saberes, possível a todos os seres humanos, e onde as fronteiras geográficas inexistem. Segundo a autora, Lévy apresenta uma descentralização do saber e uma desterritorialização do conhecimento, não mais restrito aos muros e a poucas pessoas:

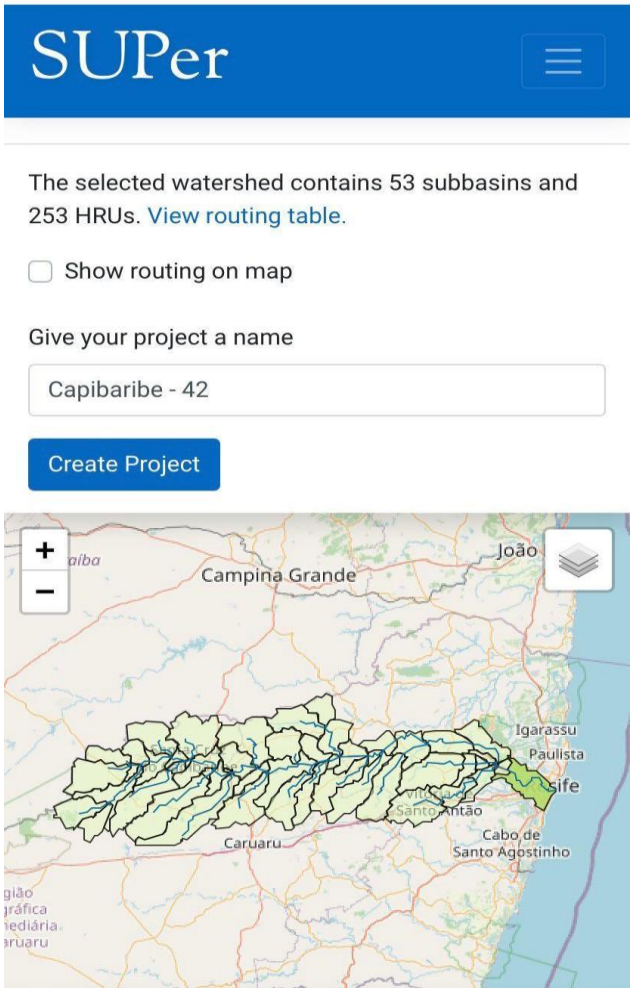
> Trata-se de uma abordagem do conhecimento onde o sujeito não é ignorado, diferente da concepção cartesiana, onde o objeto do conhecimento está à frente do sujeito. É uma relação fundada no sujeito/objeto do conhecimento, que rompe o processo poder/conhecimento (Bretherick, 2010: 188).

A avaliação e os resultados da aprendizagem também são críticos. Como avaliar atividades baseadas em SIG? O que foi ganho em termos de compreensão conceitual e habilidades práticas? Esta discussão é fundamental para medir o impacto efetivo desta abordagem inovadora na aprendizagem dos alunos.

Além disso, a investigação prevê que a utilização de SIG facilitará o desenvolvimento das competências tecnológicas dos alunos. Essas habilidades incluem a capacidade de utilizar ferramentas GIS, coletar e analisar dados geográficos e visualizar informações geográficas de maneira eficaz. Num mundo cada vez mais impulsionado pela tecnologia, estas competências são inestimáveis e preparam os estudantes para as suas futuras carreiras. Outro resultado esperado é o aumento do envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem. A natureza prática e interativa do SIG pode tornar a aprendizagem

mais envolvente, pois os alunos têm a oportunidade de aplicar conceitos geográficos no mundo real e explorar o seu ambiente com a ajuda da tecnologia (Figura 2).

Figura 2 – Utilização do SUPER



Fonte: Autores (2023).

O estudo também mostra que a qualidade da educação melhorou. A integração de tecnologias como o SIG na educação pode tornar a educação mais moderna, relevante e capaz de responder às necessidades da sociedade atual. Isso é importante para garantir que os alunos estejam prontos para enfrentar os desafios do mundo real. Além disso, este estudo explora o potencial de aprendizagem interdisciplinar, onde os alunos podem utilizar conceitos geográficos em conjunto com outras áreas do conhecimento. Pode enriquecer sua compreensão de problemas complexos e promover uma abordagem mais holística para resolver problemas do mundo real. Por último, espera-se que a autonomia dos alunos seja melhorada através da utilização de SIG. Ao incentivar os alunos a explorarem e analisar dados geográficos por conta própria, você pode promover uma aprendizagem mais independente e capacitar os alunos a aprenderem de forma mais autônoma.

Esses resultados esperados refletem a importância dessa pesquisa e como a utilização de SIGs na educação pode revolucionar a maneira como os alunos aprendem sobre Geografia Urbana e Hidrogeografia, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico e interativo. No entanto, é crucial abordar os desafios, como a acessibilidade tecnológica, a capacitação de professores e a avaliação de resultados, para garantir o sucesso dessa abordagem inovadora.

CONCLUSÃO

Ao longo desta pesquisa, foi evidente que o conhecimento sobre Sistemas de Informação Geográfica (SIG), em particular o SUPER, proporciona aos indivíduos não apenas autonomia no pensamento, mas também na ação, permitindo que os alunos explorem e compreendam as questões que os cercam. O uso desses SIGs como suporte e ferramenta para os conteúdos didáticos em ciências geográficas no 6º ano do ensino fundamental não só contribui para a aprendizagem, mas também abre oportunidades para a exploração do âmbito social.

Ao conscientizar os alunos sobre a relevância do estudo geográfico e da preservação dos recursos naturais, bem como dos espaços urbanos que cada vez mais se integram à natureza, a pesquisa destaca a capacidade dos SIGs de transcenderem a sala de aula, conectando o conhecimento teórico à realidade prática. Essa abordagem não apenas enriquece a experiência de aprendizado, mas também capacita os alunos a se tornarem agentes ativos na compreensão e preservação do ambiente ao seu redor. Portanto, o estudo reforça não apenas a importância dos SIGs na educação, mas também o potencial transformador dessas ferramentas no desenvolvimento de uma consciência ambiental e social entre os alunos.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Pernambuco, ao MapGeo Jr. por promover o evento IV Simpósio de Geotecnologias no Nordeste & VI GISDAY, no qual é de suma importância para comunidade universitária e produção bibliográfica no âmbito educacional e geográfico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: lei n. 9394/96**. 5. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, 2010.

Bretherick, G. G. S. (2010). **Desterritorialização do conhecimento e descentralização do saber na obra de Pierre Lévy**. Revista Múltiplas Leituras, v. 3, nº 1, 184-196.

Castilho, F. **Mapa da Nova Pobreza constrange Governo de Pernambuco e obriga fome a entrar na agenda dos candidatos**. 2022. Disponível em: https://jc.ne10.uol.com.br/colunas/jc-negocios/2022/06/amp/15034942-mapa-da-nova-pobreza-constrange-governo-de-pernambuco-e-obriga-fome-a-entrar-na-agenda-dos-candidatos.html. Acesso em: 1 nov. 2023.

Levy, P. (1993). **As tecnologias da inteligência: O futuro do pensamento na era da informática.** São Paulo: Editora 34.

Levy, P. (1999). **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34.

PAZINI, Dulce Leia Garcia; MONTANHA, Enaldo Pires. Geoprocessamento no ensino fundamental: utilizando SIG no ensino de geografia para alunos de 5. aa 8. a série. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia**, p. 1329-1336, 2005.

SILVA, R., ANTUNES, P., PAINHO, M. Utilizando os Sistemas de Informação Geográfica no Ensino de Geografia ao Nível de Ensino Básico e Secundário. In: **I Simpósio sobre Investigação e Desenvolvimento de Software Educativo.** Costa da Caparica. Portugal, 1996.

Souza, E. P., Brito, E. M., & Melo, N. M. F. S. (2010). Hipertexto como possibilidade para a construção de uma educação à distância desterritorializada. **3° Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação: Redes sociais e aprendizagem**. Recife, PE.

SUPER, **Sistema de Unidade de Resposta Hidrológica para Pernambuco**. Disponível em: https://super.hawqs.tamu.edu/#/projects/create. Acesso em 27 oct. 2023.

BACIAS HIDROGRÁFICAS NA SALA DE AULA: RECURSOS METODOLÓGICOS APLICADOS AO ENSINO DE GEOGRAFIA

Shayene Shayner de Lima Pereira [(a)], Guilherme Mendes de Farias [(b)], Islan Vinícius Pereira Gonçalves da Silva [(c)], Julia Beatriz Carvalho Fonseca [(d)], Kayque Antônio Faustino dos Santos [(e)]

[(a)]Graduada em Geografia Licenciatura, Universidade Federal de Pernambuco, shayene.shayner@ufpe.br
[(b)]Discente do Instituto Santa Maria, gui113938@gmail.com
[(c)]Discente do Instituto Santa Maria, islanvinicius22@gmail.com
[(d)]Discente do Instituto Santa Maria, juliabiacf@gmail.com
[(e)]Discente do Instituto Santa Maria, kayqueafp47@gmail.com

Resumo: Nas últimas décadas, a bacia hidrográfica tem sido amplamente utilizada como recorte espacial para estudos no campo da geografia. A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei Federal 9.433/97, legítima como bacia hidrográfica os espaços limitados a partir de critérios naturais e sociais em escalas diversas. O estudo dinâmico acerca das bacias hidrográficas dentro das aulas de geografia, viabiliza o emprego e assimilação de múltiplas representações do espaço geográfico partindo de uma perspectiva integrada. Esse trabalho teve por objetivo trazer propostas metodológicas integradas para o auxílio no desenvolvimento da percepção do espaço geográfico, utilizando dos conceitos inerentes à bacias hidrográficas e a relação sociedade e natureza presentes na temática. Para este trabalho, foram selecionados três procedimentos metodológicos distintos, são eles: produção de maquetes; utilização da couve geográfica, e emprego da plataforma MapBiomas durante as aulas de geografia física. Como resultado dessa pesquisa, os estudantes do 6° e 7° ano participaram de atividades práticas envolvendo o ensino sobre bacias hidrográficas, sendo confeccionados modelos tridimensionais, atividades com folha de couve e aplicação do SIG em sala de aula gerando impactos positivos no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes.

Palavras-chave: Folha de Couve, Maquetes, MapBiomas, Metodologias Ativas, Redes Hidrográficas.

Abstract: In recent decades, the river basin has been widely used as a spatial cut-off for studies in the field of Geography. The National Water Resources Policy (PNRH), Federal Law 9.433/97, legitimizes watersheds as spaces limited by natural and social criteria at different scales. The dynamic study of river basins in geography classes enables the use and assimilation of multiple representations of geographical space from an integrated perspective. The aim of this work was to provide integrated methodological proposals to help develop the perception of geographical space, using the concepts inherent in watersheds and the relationship between society and nature. For this work, three different methodological procedures were selected: the production of scale models; the use of geographic cabbage; and the use of the MapBiomas platform during physical geography lessons. As a result of this research, 6th and 7th grade students took part in practical activities involving teaching about watersheds, making three-dimensional models, activities with cabbage leaves and applying the GIS in the classroom, generating positive impacts on the students' teaching-learning process.

Keywords: Cabbage Leaf, Models, MapBiomas, Active Methodologies, Hydrographic Networks**.**

INTRODUÇÃO

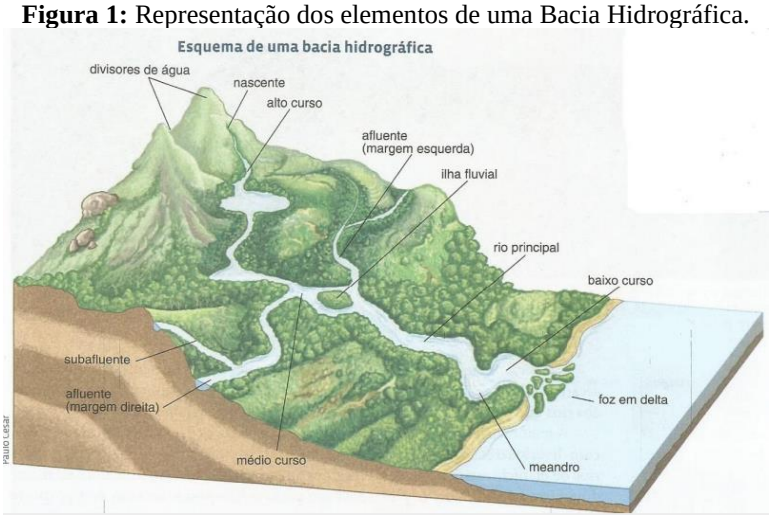
Nas últimas décadas, a unidade territorial de bacia hidrográfica tem sido amplamente utilizada como recorte espacial para estudos no campo das ciências geográficas. A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei Federal 9.433/97, legitima como bacia hidrográfica os espaços limitados a partir de critérios naturais e sociais em escalas diversas (Ferreira, 2006). Atrelado a isto, Lima (2005) emprega o termo em questão como uma superfície geográfica que integra informações referentes à geomorfologia, hidrografia, fatores bióticos e socioeconômicos de um espaço natural ou antropizado previamente delimitado (Andreozzi, 2005).

Além disso, a bacia hidrográfica (Figura 1) pode ser definida através do conjunto de drenagem que converge todo o fluido precipitado até o ponto de menor altitude do relevo denominado como foz.

A formação e limite entre as bacias ocorre por intermédio dos divisores de água (relevo), sendo, o leito principal a maior linha de fluxo hídrico constituída por um conjunto de rios e lagos estabelecendo uma ligação da nascente até o seu exutório, passando a integrar outra bacia hidrográfica mais abrangente ou oceano. As drenagens secundárias por sua vez, identificadas como afluentes e subafluentes direcionam a água para o leito principal com o objetivo de drenar toda a rede hidrográfica (Tucci, 1993; Braga et al., 2005; Cruz; Tavares, 2009; Azevedo; Barbosa, 2011).

De acordo com (Tucci, 2007), as águas pluviais interceptadas no leito do rio durante o período de cheia tende a extrapolar para às margens mais rebaixadas e planas ao longo do baixo curso da bacia, por caracterizar-se como uma área de várzea naturalmente suscetível a fenômenos de natureza hidrológica e climática. Desse modo, além do depósito, transporte e acúmulo de sedimentos a água cumpre um papel fundamental na modelagem do relevo e direcionamento do seu curso podendo apresentar características meandras ou sinuosas.

Figura 1: Representação dos elementos de uma Bacia Hidrográfica.



Fonte: Costa (2016).

Nesse sentido faz-se necessário a elaboração de propostas para o estudo dinâmico acerca das bacias hidrográficas dentro das aulas de geografia, promovendo o emprego e assimilação de múltiplas representações do espaço geográfico partindo de uma perspectiva integrada. Por meio desta unidade espacial, torna-se exequível a abordagem de inúmeros conteúdos pragmáticos dispostos nos Parâmetros Curriculares da Educação de Básica de Pernambuco, dentre eles, pode-se destacar: o ciclo hidrológico, classificação do relevo terrestre, estrutura fluvial, uso e ocupação do solo, bem como, os impactos socioambientais fomentados por meio das ações antrópicas no meio físico potencializando a ocorrência de alagamentos, enchentes, inundações e movimentos de massa (SEDUCPE, 2013).

MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho foram selecionados três procedimentos metodológicos distintos, são eles: (i) produção de modelos tridimensionais; (ii) utilização da couve geográfica, e (iii) emprego da plataforma MapBiomas Brasil durante as aulas de geografia física. Tais recursos didáticos, foram aplicados nas turmas do 6° e 7° ano do Instituto Santa Maria, uma rede privada de ensino localizada no Município de Jaboatão dos Guararapes (PE), com o objetivo de ampliar e diversificar o estudo acerca das bacias hidrográficas.

Na primeira etapa do trabalho, foi-se discutido sobre os conceitos-chaves relacionados às bacias hidrográficas como: Nascente, foz, afluentes, subafluentes, leito principal, fundo de vale e entre outros, por meio de uma aula expositiva dialogada de 50 minutos com as turmas do 6°ano, na qual, os estudantes tiveram a oportunidade de interagir sanando dúvidas referentes a temática com o apoio do livro didático.

Atrelado a isto, percebendo o ensino de geografia como um leque de oportunidades para o uso das mais diversas formas de expressão, linguagem e instrumentos cartográficos, a segunda etapa do trabalho contou com a elaboração e apresentação individual dos modelos tridimensionais das bacias

hidrográficas confeccionadas pelos próprios estudantes (Figura 4, 5 e 6) com o auxílio de materiais diversos (papelão, caixa, isopor, papel e afins).

Figura 2 - Representação da Bacia Hidrográfica na Couve.

Fonte: Adaptado de ALVES (2023).

Na segunda etapa da pesquisa, foi-se elaborado previamente uma atividade lúdica (Figura 2 e 3), na plataforma do *Canva* versão gratuita, como forma de revisão dos conceitos básicos concernentes as bacias hidrográficas outrora estudados no 6° ano. Para isto, foi-se proposto em parceria com a coordenação pedagógica que os alunos levassem uma folha de couve, bem como, materiais simples e de fácil acesso como tesoura e cola branca para a realização de uma aula prática de geografia.

Figura 3 – Atividade sobre Bacias Hidrográficas desenvolvida para os estudantes do 7° ano.

Fonte: Autores (2023).

Neste contexto, a folha de couve como ilustrado na imagem 2, foi utilizada para fins pedagógicos com o objetivo de retratar a área de uma bacia, tal como, sua rede fluvial explorando diferentes campos sensoriais.

Durante a terceira etapa metodológica, foi-se utilizado o SIG (Sistema de Informação Global), por meio da plataforma do MapBiomas, com a finalidade de fomentar o estudo no tocante ao uso e cobertura das terras do Brasil, por meio das Geotecnologias dando enfoque as redes hidrográficas e sua distribuição espacial no território brasileiro. Na plataforma, estão disponíveis mapas interativos, dados

e mapeamentos diversos, podendo ser ou não combinados possibilitando inúmeras análises, além de recortes espaciais e temporais favoráveis ao estudo da geografia e das demais áreas do conhecimento.

Para a realização dessa atividade os discentes foram agrupados em pequenos grupos, de modo que pudessem compartilhar *tablets* e *Smartphones* contando como suporte a rede de acesso à internet da escola para análise, manipulação e estudo dos mapas disponibilizados gratuitamente na plataforma, nas camadas correspondentes à **"Bacias Hidrográficas**" e **"Regiões Hidrográficas"**. Além disso, por intermédio do uso da ferramenta **"Água"**, torna-se possível visualizar gráficos e tabelas dos aspectos físicos de uma bacia de acordo com a sua localização, nesta interface é possível obter informações estatísticas sobre os biomas nas quais estão inseridas as bacias, assim como, o tipo de uso dos recursos (naturais, reservatórios, hidrelétricas, mineração e entre outros).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No mundo globalizado a busca por novos métodos de ensino inovadores que venham a contribuir com o processo de ensino-aprendizagem de jovens e crianças tem sido constante. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o desenvolvimento de competências e habilidades deve ocorrer por meio da inserção de novas estratégias educacionais, tornando o uso de metodologias ativas indispensáveis dentro das aulas de geografia (BRASIL, 2017). No que se concerne a alfabetização geográfica, devem ser amplamente difundidas estratégias pedagógicas que despertem e estimulem os estudantes a desenvolverem inteligência emocional,
formando cidadãos autônomos e críticos capazes de argumentar e propor soluções para as problemáticas de uma sociedade. A seguir, serão difundidos alguns procedimentos pedagógicos que podem ser utilizados em diferentes níveis de ensino para o estudo das bacias hidrográficas.

A maquete é um recurso didático que reproduz o objeto em estudo, estimulando o estudante a transformar os modelos bidimensionais disponíveis nos livros didáticos convencionais em representações tridimensionais. Por meio dela, torna-se possível a representação de múltiplos aspectos do espaço geográfico, contribuindo para compreensão dos conteúdos estudados de forma prática partindo da realidade de cada sujeito. Atrelado a isto, o desenvolvimento de maquetes favorece o aprimoramento da cognição, percepção e coordenação motora fina auxiliando no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes em parceria com os professores (Luz & Briski, 2009).

Figura 4 – Produção de Modelos Tridimensionais, turma do 6° ano.

Fonte: Autores (2023).

Nesse viés, como ilustrado na (Figura 4, 5 e 6) ao vivenciarem os conteúdos sobre "Hidrosfera e Meio Ambiente", os alunos do 6° ano trabalharam quatro unidades hidrológicas básicas, sendo estas:

(I) Ciclo Hidrológico, (II) Águas Superficiais, (III) Águas Subterrâneas e (IV) Hidrosfera e Sociedade. Após a assimilação teórica e abstrata dos conteúdos, os estudantes foram instigados a escolherem e produzirem bacias hidrográficas com características geomorfológicas distintas, contendo em sua composição rios de planície, planalto e depressão. Além disso, puderam optar por representar em sua maquete o tipo de bacia escolhida (Endorreica, exorreica, arreica ou criptorréica), inserida no espaço natural ou urbano.

Figura 5 – Produção de Modelos Tridimensionais, turma do 6° ano.

Fonte: Autores (2023).

Como critério avaliativo, os discentes deveriam apresentar e saber distinguir noções básicas acerca dos componentes de uma bacia hidrográfica (leito principal, margem direita e esquerda, nascente, foz, afluentes, subafluentes, áreas do baixo e alto curso da bacia, fundo de vale, divisor de água e entre outros). Para isto, os alunos tiveram a oportunidade de exibir a sua maquete em sala de aula, explicando de forma colaborativa os elementos escolhidos para serem representados (relevo, vegetação, hidrografia, ações antrópicas no meio natural e afins), promovendo o engajamento da aula e o protagonismo estudantil (Figura 4).

Figura 6 –Elaboração de Modelos Tridimensionais sobre Bacias Hidrográficas.

Fonte: Autores (2023).

Após isso, a turma conseguiu solucionar dúvidas e abordar com propriedade e clareza sobre as temáticas envolvendo os aspectos físicos de uma bacia hidrográfica, bem como, a relação hídrica entre sociedade e natureza sendo possível dimensionar os processos ressignificando a aprendizagem tornando a aula mais produtiva (Figura 6 e 7).

Ao confeccionar e explanar as maquetes, foi constatado por intermédio da tridimensionalidade que a disposição do relevo terrestre (divisores de água), interfere significativamente na delimitação das bacias hidrográficas. Tornando-se explícito, a importância da inserção desse tipo de recurso dentro das aulas de geografia, afinal, o ensino não deve basear-se apenas na leitura e interpretação de textos, cópias desconexas de mapas e aulas tradicionais de maneira expositiva.

Figura 6 –Apresentação dos modelos tridimensionais sobre bacias hidrográficas

Fonte: Autores (2023).

Além disso, ao reutilizar jornal, isopor, papelão e caixas os alunos ressignificaram materiais que seriam descartados na natureza, criando recursos metodológicos de baixo custo. Tal método, também pode ser utilizado em aulas adaptadas para deficientes visuais, desde que ajustados e compreendidos através do tato, tornando os conteúdos de geografia física mais acessíveis a todos. Por fim, levando em consideração a criatividade e experiência do docente torna-se possível abordar inúmeras temáticas por meio das maquetes produzidas, fazendo uma conexão entre as diversas áreas dos saberes, uma vez que, a geografia é dinâmica e os aspectos físicos e sociais devem ser vistos de forma integrada.

Por outro lado, como forma de revisão dos conceitos estudados anteriormente para as turmas do 7° ano, foi-se proposto a utilização da folha de couve como recurso metodológico capaz de esclarecer e elucidar as noções básicas a respeito das bacias hidrográficas com o apoio do livro didático é uma atividade de recorte e colagem (Figura 3) confeccionada especialmente para esta aula. No primeiro momento, os estudantes examinaram a proposta de atividade com um certo tipo de estranheza, fazendo indagações acerca do tipo de familiaridade existente entre uma folha de couve e a projeção de bacia hidrográfica presente nos paradidáticos. Porém, ao ouvir a explicação e assistir à ilustração prática das semelhanças entre ambos, os alunos passaram a trazer ao imaginário a dinâmica hidrológica presente na folha de couve (Figura 8).

As folhas de couve possuem um formato irregular, fazendo menção aos diversificados tipos de conjunturas existentes. Como pode ser visualizado na imagem 3, contudo, todas possuem uma característica universal: Presença de caules primários, secundários e terciários, fazendo alusão a rede hidrográfica presente no perímetro da bacia. Sabendo disso, os estudantes de forma tátil e visual puderam classificar pontos na folha de acordo com suas características, sendo elas: **(1)** Nascente, **(2)** Afluente e Subafluente, **(3)** Leito Principal **(4)** Margem Direita e Esquerda, **(4)** Foz, **(5)** Alto Curso e Baixo Curso e **(6)** Divisores de Água. A partir dos conhecimentos prévios adquiridos em sala de aula e do material de apoio, os estudantes conseguiram apresentar de forma individual um modelo exclusivo de bacia hidrográfica.

Figura 8– Registros da aplicação da atividade – Couve Geográfica: Possibilitando o ensino sobre Bacias Hidrográficas.

Fonte: Autores (2023).

A implementação da “couve geográfica” dentro do ensino de geografia, possibilita a abertura de um leque de possibilidades metodológicas criativas e inovadoras para o campo das ciências geográficas, podendo ser uma metodologia facilmente aplicável por se tratar de um recurso de origem natural e de fácil acesso, capaz de dinamizar e favorecer o processo de ensino aprendizagem.

Além disso, como ponto positivo pode-se destacar o trabalho manual de recorte e colagem desenvolvido pelos estudantes (Figura 9), deixando um pouco de lado a imersão da tecnologia e favorecendo um resgate da utilização dos elementos da natureza em prol da alfabetização cartográfica. Sem dúvidas, este tipo de atividade estimula no mínimo o emprego de quatro sentidos (visão, paladar, olfato e tato), enriquecendo a experiência do estudo de geografia.

Figura 9 – Resultado final da aplicação da couve geográfica como recurso didático para o ensino sobre Bacias Hidrográficas.

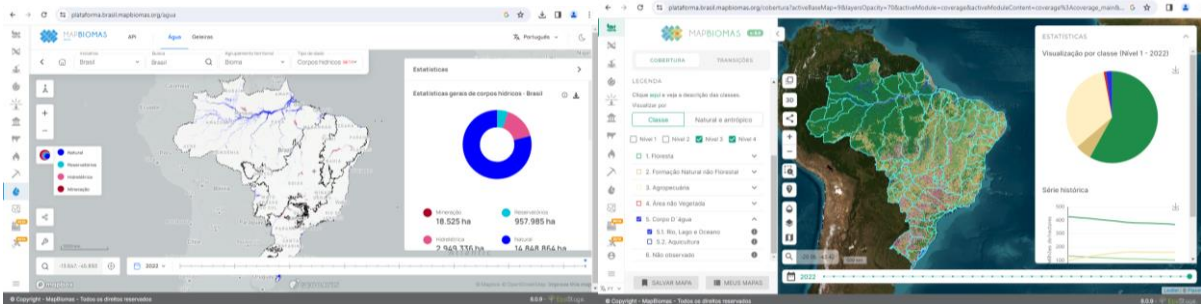
Fonte: Autores (2023).

Por fim, foi-se utilizado a plataforma do MapBiomas (Figura 10) para o estudo acerca das bacias hidrográficas brasileiras com as turmas do 7° ano. Com base nos dados fornecidos no livro didático, os estudantes puderam validar as informações no aplicativo de forma mais efetiva. Onde, foi possível constatar a rede hidrográfica que abrange todo brasileiro por meio de uma cobertura histórica realizada entre os anos de 1985 a 2023.

Figura 10 – Uso da Plataforma MapBiomas para o Ensino de Geografia.

Fonte: Autores (2023).

Figura 11 – Interfaces da Plataforma do MapBiomas.



Fonte: Plataforma do MapBiomas, acessado em: 12/11/2023.

A interface conta com inúmeros mapas e gráficos interativos, permitindo a visualização dos dados com alto potencial para o ensino de geografia, possibilitando uma melhor compreensão da distribuição hídrica por meio dos recortes municipais, estaduais e federais com os seus respectivos biomas. Este tipo de ferramenta, (Figura 11) possibilita que o docente trabalhe os conceitos de forma integrada aproximando os estudantes das geotecnologias. Além disso, viabiliza o estudo a respeito das interferências antrópicas no espaço natural, de modo, que seja evidenciado as problemáticas socioambientais que atingem o conjunto de bacias hidrográficas brasileiras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, é válido destacar que o leque de recursos metodológicos implementados pelo professor de geografia na sala de aula, pode gerar impactos significativos na aprendizagem dos estudantes da rede pública ou privada. Independente do recurso ser uma maquete, uma folha de couve ou uma plataforma digital. Afinal o educador cumpre a importante função de incentivar e estimular os seus discentes, buscando sempre se reinventar trazendo para o contexto escolar atividades lúdicas e cativantes, fomentando o interesse desses alunos pela disciplina de geografia gerando resultados surpreendentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andreozzi, S. L. (2005). **Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas: uma abordagem pelos caminhos da sustentabilidade sistêmica.** 2005. Tese. Doutorado em Geografia. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Rio Claro, Rio Claro (SP).

Azevedo, H. A. M. A.; Barbosa, R. P. (2011). **Gestão de recursos hídricos no Distrito Federal uma análise da gestão dos Comitês de Bacia Hidrográfica.** Ateliê Geográfico, Goiânia, v. 5, n. 13, p. 162-182,

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** (2017). Educação é a base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME

Braga, B. (2005) **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318p

Cruz, R. C.; Tavares, I. S. (2009). **Bacia hidrográfica: aspectos conceituais e práticos.** In: RIGHES, A. A. (Org.); BURIOL, G. A. (Org.); BOER, N. (Org.). Água e educação: princípios e estratégias de uso e conservação. Santa Maria, RS: Centro Universitário Franciscano, cap. 3.

Costa, J. (2016) **Material didático da disciplina de Geografia do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, IFRN.** Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/jordanacosta/disciplinas/caico-1deg-ano/hidrologia-brasil. Acessado em 12/10/2023.

Ferreira, G. L. B. V.; Ferreira, Natália B. V. (2006). **Fundamentos da política nacional de recursos hídricos.** XIII SIMPEP–Bauru, SP, Brasil, v. 6,

Lima, A. G. (2005). A bacia hidrográfica como recorte de estudos em Geografia humana. **Revista Geografia.** Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências. v. 14, n. 2, jul./dez. p. 173-183.

Luz. R. M. D.; Briski. S. J. (2009). **Aplicação didática para o ensino da geografia física através da construção e utilização de maquetes interativas.** Periódicos do 10° Encontro Nacional de Prática de Ensino em Geografia, Porto Alegre,

SEDUCPE, **Parâmetros Curriculares da Educação Básica de Pernambuco.** (2013) Disponível em: <https://portal.educacao.pe.gov.br/wp-content/uploads/2023/08/Organizador_Curricular_FBG_Geografia.pdf> Acesso em: 12 de mai. 2023.

Tucci, C. E. M. (1993). **Controle de Enchentes.** In: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre, RS: ABRH-Edusp, cap. 4.

Tucci, C. E. M. (2007). **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/Rhama, v. 11.

IV SIGNE
& VI GISday

GEOGRAFIA FÍSICA & SIG

2º EIXO

ANÁLISE TEMPORAL NA COMUNIDADE NOVA MORADA – ESTUDO DE CASO DA AMPLIAÇÃO URBANA EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL NO BAIRRO DA CAXANGÁ EM RECIFE-PE

Samuel Jonas A. Moes[(a)], Mona Grimouth Bittar[(b)], Antônio de Pádua C.M. da Silva[(c)]

[(a)]Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco, moes.samuel@gmail.com
[(b)] Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco, monagbittar@gmail.com
[(c)] Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco, antonio.moes@ufpe.br

Resumo: A urbanização é um processo da modernidade e consequentemente traz à população adaptações de outros lugares de modo a cumprir o papel de agregar a infraestrutura necessária para atender o desenvolvimento. No Recife, o déficit habitacional gera ocupações irregulares em áreas de risco geo-hidrológico ou em áreas de preservação ambiental, como é retratado neste estudo. Segundo o levantamento da ONU-Habitat, das 10 metas estabelecidas pela ODS 11, apenas duas estão nas faixas de 50% e 75% com progresso alcançado. Esta pesquisa foi realizada sob fundamentação de consultas de artigos científicos, periódicos, legislação estadual e federal. O objetivo deste estudo é analisar as alterações de uma área de proteção ambiental devido às interferências antrópicas. A comunidade Nova Morada está localizada no bairro da Caxangá, o qual faz parte da Região Político Administrativa IV (RPA). A comunidade está inserida em uma Macrozona de Ambiente Natural e Cultura (MANC), observe na figura 1 que ela está próxima da área de proteção ambiental denominada APA das Capivaras e possui uma área de 107,81 ha. Ao longo de 10 anos houve modificação no aspecto urbano decorrente a interferência antrópica, alguns fatores associados à economia e renda auxiliaram na transformação local entre 2008 e 2012. O que retratamos neste estudo foi demonstrar que havendo legislação que norteie os princípios delimitadores para o município, neste caso sobre construções em áreas de proteção ambiental, as necessidades pessoais sobre o bem-estar estarão como princípio fundamental da sobrevivência de pessoas em condições de vulnerabilidade.

Palavras-chave: Vulnerabilidade; Habitação; Proteção ambiental.

Abstract: Urbanization is a process of modernity and consequently brings adaptations to the population from other places in order to fulfill the role of adding the necessary infrastructure to support development. In Recife, the housing deficit generates irregular occupations in areas of geo-hydrological risk or in areas of environmental preservation, as portrayed in this study. According to the UN-Habitat survey, of the 10 goals established by SDG 11, only two are in the ranges of 50% and 75% with progress achieved. This research was carried out based on consultations with scientific articles, periodicals, state and federal legislation. The objective of this study is to analyze changes in an environmental protection area due to anthropogenic interference. The Nova Morada community is located in the Caxangá neighborhood, which is part of the Administrative Political Region IV (RPA). The community is inserted in a Macrozone of Natural Environment and Culture (MANC), note in figure (1) that it is close to the environmental protection area called APA das Capivaras and has an area of 107.81 ha. Over the course of 10 years there was a change in the urban aspect due to human interference, some factors associated with the economy and income helped in the local transformation between 2008 and 2012. What we portrayed in this study was to demonstrate that if there is legislation that guides the delimiting principles for the municipality, in this case regarding constructions in environmental protection areas, personal needs regarding well-being will be a fundamental principle of the survival of people in vulnerable conditions.

Keywords: Vulnerability; Housing; Environmental protection.

INTRODUÇÃO

O efeito da interferência antrópica ao longo dos anos mudou a paisagem e o cotidiano das pessoas nos grandes centros urbanos ou nos bairros mais afastados do centro, seja no aspecto visual ou físico. A urbanização é um processo da modernidade e consequentemente traz à população adaptações de outros lugares de modo a cumprir o papel de agregar a infraestrutura necessária para atender o desenvolvimento. Entretanto, esse papel pode ter designação através do Plano Diretor do município, cujo propósito é estabelecer parâmetros multivariados definindo seu aspecto e suas atribuições.

Os planejamentos territoriais podem ser complexos, porém necessários para integrar o planejamento físico, social, ambiental, político e econômico. Cabral e Cândido (2019) destacam que a visão de crescimento e desenvolvimento são muitas vezes confundidos no campo do meio ambiente e economia, embora possuam a mesma vertente. Neste aspecto, Moreira (2021) destaca que é muito importante que gestores municipais e profissionais da arquitetura e do urbanismo tenham conhecimento desta ferramenta. A interferência no uso da ferramenta desaponta quando as diretrizes comumente conhecidas deixam de serem aplicadas por interferência política, por desconhecimento do agente público ou por omissão e negligência. No Recife, o déficit habitacional gera ocupações irregulares em áreas de risco geo-hidrológico ou em áreas de preservação ambiental, como é retratado neste estudo. De acordo com o relatório da ONU (2023), 2,8 bilhões de pessoas vivem de alguma forma sob habitações inadequadas, e nos últimos 20 anos mais de 165 milhões de pessoas passaram a viver em favelas.

Segundo o levantamento da ONU-Habitat, das 10 metas estabelecidas pela ODS 11 apenas duas estão nas faixas de 50% e 75% com progresso alcançado. De acordo com a organização Habitat para a Humanidade, 11,5% da população reside em domicílios próprios, mas sem documentos que comprovem a posse da propriedade.

MATERIAL E MÉTODO

Esta pesquisa foi realizada sob fundamentação de consultas de artigos científicos, periódicos e legislação estadual e federal. O objetivo deste estudo é analisar as alterações de uma área de proteção ambiental devido às interferências antrópicas. Foram utilizados dados matriciais do *Google Earth Pro* para visualização territorial e espacial, pois a ferramenta possui fácil acesso à manipulação do histórico de imagens usando a escala temporal entre 2011, 2013, 2021 e 2023. Para quantificar a população foram usados os dados censitários do IBGE (2021). As precipitações e temperatura foram obtidas pela Agência Pernambucana de Água e Clima – APAC, e o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foi extraído através do *Sentinel Hub Playground* da Agência Espacial Europeia.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A comunidade Nova Morada está localizada no bairro da Caxangá, o qual faz parte da Região Político Administrativa IV (RPA), integram nesta região outros bairros como: Cordeiro; Ilha do Retiro; Iputinga; Madalena; Prado; Torre; Zumbi; Engenho do Meio; Torrões; Caxangá; Cidade Universitária; Várzea. A comunidade está inserida em uma Macrozona de Ambiente Natural e Cultura (MANC), observe na figura 1 que ela está próxima da área de proteção ambiental denominada APA das Capivaras e possui uma área de 107,81 ha.

Figura 1 – Área de Proteção Ambiental, mapa gerado pelo SIG do município de Recife-PE

Fonte: ESIG. Adaptado pelos autores (2023).

O clima na região não possui as quatro estações definidas, onde são observadas maiores precipitações entre os meses de junho a agosto. Quanto a vegetação e classificação dos solos, há maior predominância de áreas construídas no entorno das zonas de proteção ambiental, consequência da expansão urbana desordenada, cuja população mais vulnerável procura construir em áreas de risco como encostas e zonas ribeirinhas, assim como também há especulação imobiliária promovendo residenciais e conjuntos habitacionais.

A vegetação local é classificada como área de Mata Atlântica. A área de proteção ambiental foi instituída pelo decreto Estadual n° 33.675 de 20 de maio de 2020. A população do bairro da Caxangá segundo o IBGE (2010) era de 9.634 pessoas. Ao longo de 10 anos houve modificação no aspecto urbano decorrente à interferência antrópica, alguns fatores associados à economia e renda auxiliaram na transformação local entre 2008 e 2012. Após esse período a estagnação perdurou e ocorreu uma perda geral na economia, isso implica, entre outras coisas, nas perdas financeiras pessoais da classe trabalhadora que tiveram que se adaptar à situação.

No Recife o déficit habitacional é estimado em mais de 370 mil unidades, esse número a cada ano é superado pela dificuldade do Estado e do município de Recife conseguirem recursos financeiros para conseguir diminuir esse déficit, um impacto social como a falta de emprego gera uma nova ampliação de habitações irregulares em áreas de risco. Nas figuras 2 e 3 podemos observar o impacto na área de preservação da natureza causado pela ocupação irregular.

Figuras 2 e 3 – Ocupação na área de Nova Morada no Bairro da Caxangá

Bairro da Caxangá (2011) – Área de mata nativa ainda preservada.

Bairro da Caxangá (2020) – Ampliação das ocupações ao longo dos seguintes.

Fonte: Autores (2023).

Com o crescimento populacional desordenado em áreas densamente urbanas, a população de baixa renda buscou se adaptar em áreas diversas, sendo assim, o ambiente construído de forma irregular trará consequências adversas para a humanidade. Uma situação bastante comum na Região Nordeste são as construções em áreas ribeirinhas. As mudanças climáticas também afetam a sociedade, é uma realidade crítica, na qual os governos de todos os países precisam de engajamento para reduzir as emissões de poluentes e mudarem os hábitos de forma consciente e racional. O município de Recife possui sistema de informações geográficas (SIG) cujo acesso é de domínio público e de fácil acessibilidade, esta ferramenta é útil e através dela podemos averiguar quais áreas estão sob proteção ambiental e seus diversos zoneamentos.

As habitações irregulares impactam no aumento da carga de esgoto nos cursos d'água, causando aumento de doenças por bactérias e outros vetores. Segundo o Habitat para a Humanidade (2023), as construções precárias ou aquelas em situação irregular são um problema que reflete a falta de infraestrutura, pois o crescimento urbano requer dos agentes públicos uma ampliação dos recursos para manutenção de toda uma cadeia de recursos que favorecem a sociedade, como saneamento, energia, hospitais, transporte público etc.

Quando se trata de políticas públicas, este assunto é pautado em todas as esferas, entretanto quando determinadas pautas geram conflitos, é a sociedade que aguarda com toda a dificuldade o desenvolvimento das mesmas e espera que sejam definidos os atores para que as tomadas de ação prossigam. Neste aspecto, Secchi (2010) conceitua que a omissão ou negligência de um ator

governamental ou não, que decide não agir para intervir diante de uma política pública, não se trata de omissão ou negligência, como exemplo, dado uma região que possui seca severa e o governo não atua sobre o mesmo, trata-se de uma falta de política pública para combater a seca.

Mas quando tudo é tratado como omissão ou negligência de política pública, na sua visão, seria impossível visualizar o que seria de fato política pública. Entretanto, esse conceito pode refletir numa condição negativa aos atos inertes dos agentes públicos, quando a população busca soluções daqueles que possuem as ferramentas necessárias para extinguir ou diminuir o impacto das dificuldades sofridas em um determinado momento. A área delimitada na comunidade Nova Morada é de 36,94 ha. Em 2021, houve uma nova expansão nas ocupações na comunidade Nova Morada, as quais são observadas na figura 4 e estão localizadas nas coordenadas -8.025791 S, -34.944083 W.

Figura 4 – Ampliação da ocupação em 2021 (vermelho)

Fonte: Google Earth. Adaptado pelos autores (2023).

Essa nova ampliação reduziu a área de Mata Atlântica em 7,82 ha, essa área delimitada em vermelho, incluindo o terreno da antiga olaria, serviu de canteiro de obras para o projeto Rios da Gente, cujo projeto pretendia usar o Rio Capibaribe como alternativa complementar para a mobilidade urbana e está parado desde 2014, a área em amarelo era também canteiro de obras utilizado para fabricação das balsas usadas na remoção de sedimentos, note que estas obras estão localizadas em áreas de preservação ambiental, denominada APA das Capivaras. Na tabela 1, observamos as áreas totais compreendidas, as quais perderam espaço para as construções das habitações.

Tabela 1 – Modificações correspondentes às áreas de interesse

Denominação	Área (ha)	Ano
Nova Morada – Zona de interesse 1	22,59	2013
Nova Morada – Zona de interesse 2	7,82	2021
Nova Morada – Zona original	36,94	2011
Zona de Mata Atlântica residual	6,53	2023

Fonte: Autores (2023).

Na figura 5, podemos observar a área ainda intocada até dezembro de 2011, da mesma forma a zona de interesse n° 2.

Figura (5) – Delimitação das áreas onde ocorreram a expansão na IPAV48

Área de mata atlântica ainda remanescente, imagem de 2011.

Área completamente alterada após as construções em 2013 e 2021.

Fonte: Autores (2023).

A demanda por habitação popular aumentou após 2012, conforme citado anteriormente, e o déficit habitacional em Pernambuco continua distante na resolução deste problema. O exposto reflete numa série de necessidades de modo que sua resolução, neste estágio de envolvimento, torna qualquer tentativa de ordenação urbana neste momento impossível, visto que implicaria numa ação do município em arcar com as indenizações e nem sempre é possível, visto que altos valores para esta finalidade estejam no planejamento orçamentário do município.

Para as obras de habitação no município foram disponibilizados recursos que são demonstrados na tabela 2, estes dados foram obtidos no Portal Transparência da gestão municipal e correspondem ao período de 2011, 2015, 2019, 2020 e 2022. Código de referência 37.01 – Secretaria de Habitação – Administração direta.

Tabela 2 – Recurso aplicado em obras de habitação

Obras e instalações	Ano	Valor (R$) empenhado
	2011	11.543.000,00
	2015	21.500.000,00
Habitação	2019	25.000,00
	2020	15.000.000,00
	2022	24.020.000,00
Total		72.088.000,00

Fonte: Autores (2023).

Para visualizarmos o ambiente urbano no meio da zona de proteção ambiental, utilizamos o *Sentinel Playground* (plataforma) devido à facilidade de acesso às imagens disponíveis pela Agência Espacial Europeia (ESA). Segundo a EMBRAPA, o sensor SAR (*SYNTHETIC APERTURE SATELLITE*) está presente nos satélites 1A, 1B, 2A e 2B. O radar tem suporte para polarização de HH+HV, VV+VH e HH com uma resolução espacial de 5 metros e resolução radiométrica de 10 bits. Na tabela 3 estão as configurações do equipamento utilizado para visualização dos índices NDVI (SAR).

Tabela (3) – Configuração do *Sentinel*

Satélite	Sentinel 2-A	Sentinel 2-B
Lançamento	23/06/2015	07/03/2017
Situação atual	Ativo	Ativo
Órbita	polar, heliossíncrona	polar, heliossíncrona
Altitude	786 km	705 km
Tempo de duração de órbita	97,2 min	s.d.

Fonte: Autores (2023).

Nos últimos anos surgiram novas plataformas de visualização de imagens de satélites, a princípio os melhores sistemas eram de empresas privativas, e nem sempre era viável economicamente as aquisições de determinadas imagens, entretanto novas tecnologias estão disponíveis e acessíveis, com muitos recursos para manipulação de imagens. A plataforma do *Sentinel Hub Playground* apresenta uma proposta neste sentido, onde pesquisadores podem averiguar as imagens alternando os índices espectrais e caso necessite manipular os índices, na própria plataforma pode migrar para o Sentinel Browser.

Na plataforma do *Sentinel Browser* é possível fazer aquisições de imagens com diversos sensores, na tabela 4 estão listados os equipamentos disponíveis:

Tabela (4) – Equipamento e resolução

Equipamento	Resolução espacial (m)	Disponibilidade de dados
Sentinel 1	10-40	Desde outubro de 2014
Sentinel 2	10-20-60	Desde 2015 e cobertura total desde 2017
Sentinel 3A-3B	300	fevereiro de 2016 e abril de 2018
Sentinel 5P	7 x 3,5 km	Desde abril de 2018
Landsat 1-5 MSS L1	60	Julho de 1972 a janeiro de 2013
Landsat 4-5 TM	30	Agosto de 1982 a maio de 2012
Landsat 7 ETM+	15-30	Desde abril de 1999
Landsat 8-9	15-30	Desde fevereiro de 2012
Harmonized Landsat Sentinel	30	Desde abril de 2013
MODIS	250-500-1000	De janeiro de 2013 a fevereiro de 2023
DEM	-	Globalmente
Copernicus service	-	-
Proba-V	100-333-1000	De outubro de 2013 a fevereiro de 2021
GIBS	-	30 anos
Planet NICFI	5	A partir de 2015

Fonte: Copernicus. Adaptado pelos autores (2023).

Com esses equipamentos é possível visualizar imagens da atmosfera, poluição do ar, agricultura, geologia, inundações e secas, oceanos e corpos d'água, neve, geleiras, áreas urbanas, vegetação e silvicultura, vulcões e incêndios florestais, detecção de alterações ao longo do tempo e monitoramento da terra.

Através da plataforma do *Sentinel Browser*, utilizamos as imagens do *Sentinel* 2, pois o equipamento fornece uma série de imagens multiespectrais com 13 bandas que incluem o infravermelho próximo até o infravermelho de ondas curtas. Na figura 6 estão caracterizados os comprimentos de onda em relação a cada tipo de banda.

Figura (6) – Resolução espacial de 10 m do *Sentinel* 2

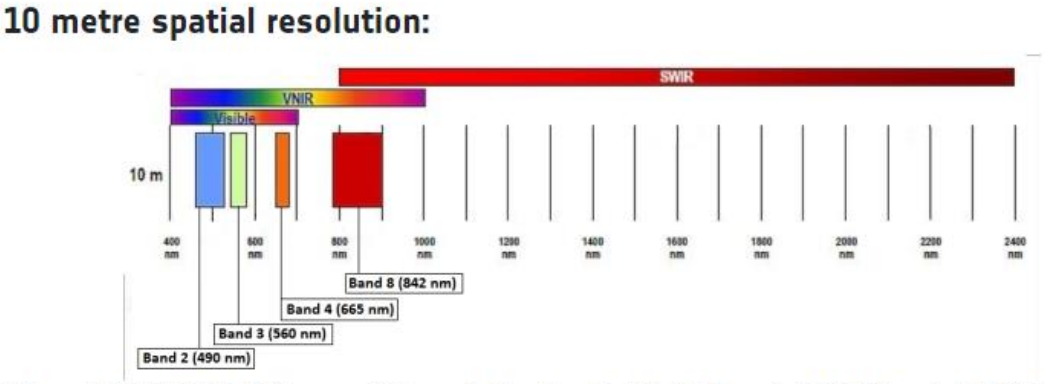
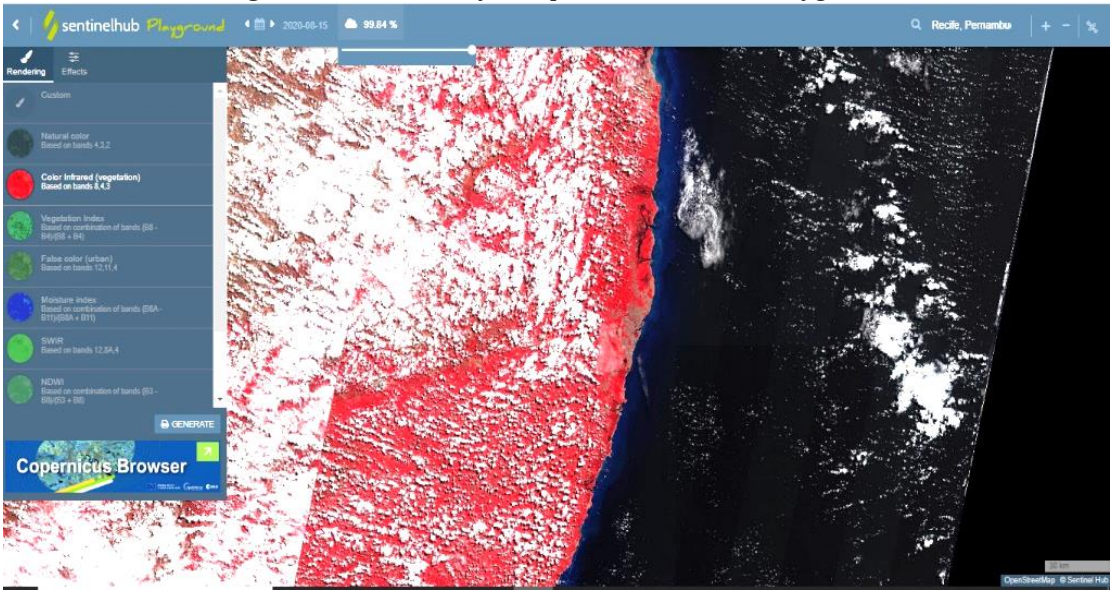


Figure 1: SENTINEL-2 10 m spatial resolution bands: B2 (490 nm), B3 (560 nm), B4 (665 nm) and B8 (842 nm)

Fonte: European Space Agency (2023).

Ao entrarmos no *site* da plataforma do *Sentinel Playground*, observamos na tela alguns comandos básicos, como escolha dos índices espectrais, que geralmente estão disponíveis nas opções de cor natural baseada nas bandas 4,3,2, infravermelho (8,4,3), de vegetação (B8-B4)/(B8+B4), falsa cor urbana (12,11,4), de umidade (B8A-B11)/(B8A+B11), SWIR (12,8A,4), NDWI (B3-B8)/(B3+B8), NDSI (B3-B11)/(B3+B11) e classificação de cena. Observe na figura 7 a tela principal do *Sentinel Playground* e os comandos básicos de seleção.

Figura 7 – Tela de seleção da plataforma Sentinel Playground



Fonte: Sentinel Hub Playground (2023).

Para demonstração da plataforma, escolhemos duas datas: a primeira 15/08/2015 e a outra 09/10/2023, com o índice infravermelho próximo e com 99,84% de nuvens no campo de imagem, tendo como alvo a área da comunidade de Nova Morada, com isso pretende-se observar as modificações locais. Os resultados são apresentados nas figuras 8 e 9.

Figuras (8) e (9) – Imagem do Infravermelho próximo do Sentinel Hub.

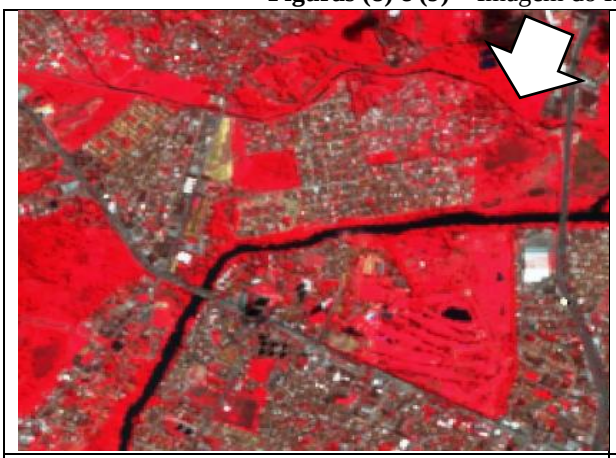


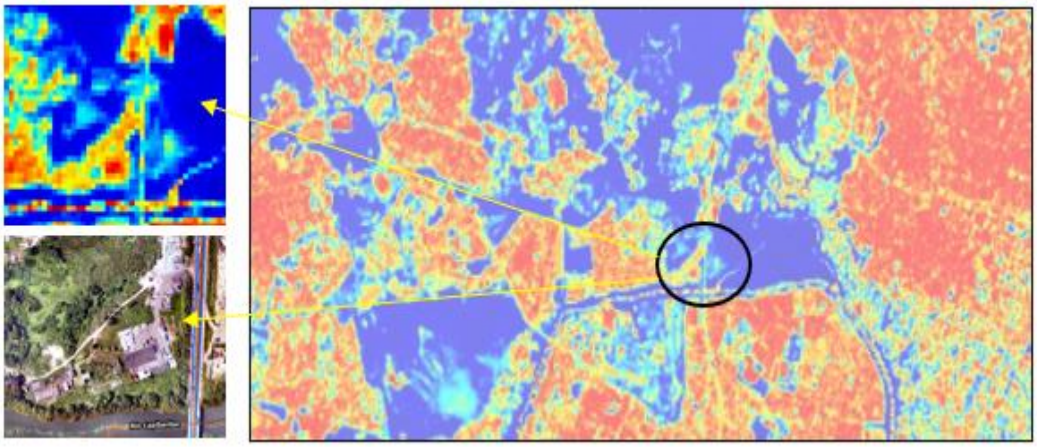
Figura (8) NIR-2015 – (8,4,3)

Figura (9) NIR-2023 – (8,4,3)

Fonte: Autores (2023).

A partir das referidas imagens, embora tenham nuvens no campo de visão, foi possível fazer as observações, pois as nuvens estavam mais carregadas na Zona da Mata. A verificação de anomalias com o uso dos índices espectrais tem auxiliado diversas autarquias, instituições e governos a monitorarem eventos de origem antrópica ou não. Para monitoramento da umidade, as bandas SWIR + NIR são utilizadas. A banda SWIR reflete o conteúdo de água na vegetação, assim como a presença de água nas copas das vegetações. Podemos também observar que estruturas construtivas de formas aglomeradas são visualizadas como termais, observe na figura 10 a concentração do meio urbano, neste caso, podemos observar o desenvolvimento de habitações irregulares na APA, conforme mencionado na figura 5 da área 2.

Figura 10 – Visualização de umidade



Fonte: Autores (2023).

Este índice tem colaborado para analisar e monitorar a região Nordeste do Brasil, que de acordo com Inocêncio, Neto e Souza (2020), a seca tem castigado severamente a região do semiárido pernambucano. No estudo, os autores destacam que, para não haver interrupção da produção agrícola, o solo devidamente úmido é importante para a continuidade da produção.

Conforme citado anteriormente, a visualização do solo úmido na plataforma do *Sentinel playground* pode detectar aglomerações urbanas, como exemplificadas na figura 9. Outro índice muito aplicado para averiguar a saúde da vegetação é o NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, segundo Cereda Junior (2020), talvez seja o índice mais utilizado desde sua introdução na década de 1970. Aplicamos este índice para observar a redução da mata nativa da área ocupada próxima às margens da BR-101, sentido litoral sul, que pode ser observada na figura 11.

Figura 11 – Aplicação do índice NDVI na área da comunidade Nova Morada

Fonte: Autores (2023).

Podemos observar na imagem acima que o índice aplicado apresenta uma redução da área verde na ocupação próximo à BR-101, e a área delimitada permaneceu a mesma. Uma hipótese do favorecimento das ocupações é que elas são próximas à antiga olaria, pois esta área servia de canteiro de obras para o projeto Rios da Gente e como o terreno estava plano não havia impedimento, uma vez que a obra foi interrompida.

Conforme observações descritas, a modificação de uma área natural com vegetação nativa, neste caso a Mata Atlântica, desenvolve outras transformações no ambiente, como aumento da temperatura, a redução da absorção da água pelo solo e a exposição do risco de inundação e a erosão das margens dos rios.

Esta comunidade está localizada próxima ao Rio Capibaribe, onde foram relatados pelos moradores ocorrência de alagamentos e inundações. Além dos problemas mencionados e havendo um planejamento urbano nesta localidade no futuro, haverá dificuldades a serem enfrentadas devido ao avanço construtivo de habitações que não seguem as delimitações urbanísticas, conforme demonstram as figuras 12,13,14,15,16 e 17 na página 10.

Figuras 12, 13, 14, 15, 16 e 17 – Construções sem planejamento urbano

Fonte: Autores (2023).

Conforme acima mencionado, as construções de casas e comércio local na área de proteção ambiental surgiram e houve ampliação sem restrições dos órgãos competentes, o município possui ferramentas de monitoramento como o ESIG – Informações do Recife, cuja aplicação é possível visualizar as informações geográficas e cartográficas do Recife, também é possível visualizar o zoneamento do plano diretor aprovado pela Lei Complementar n° 2 de 24/04/2021 e da Lei n° 17.511 de 29/12/2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O bem-estar social pode ter muitos conceitos e significados pessoais ou mesmo de interesse amplo para uma comunidade ou uma classe social. O que retratamos neste estudo foi demonstrar, que havendo legislação que norteie os princípios delimitadores para o município, neste caso sobre construções em áreas de proteção ambiental, as necessidades pessoais sobre o bem-estar estarão como princípio fundamental da sobrevivência de pessoas em condições de vulnerabilidade. Como o Estado e o município não avançam na resolução das habitações sociais, as pessoas irão procurar se estabeleceram onde forem convenientes às suas condições sociais, mesmo cometendo infrações municipais ou estaduais.

Em 10 anos, as invasões na comunidade Nova Morada reduziram a vegetação nativa do bioma de Mata Atlântica e se estabeleceram até os limites das margens do Rio Capibaribe. Em 2008, o município, através da Lei n° 17.511, caracterizou aquela área como imóvel de proteção de áreas verdes, entretanto, desde 2010 aquela área deu espaço para residências de forma irregular sem condições mínimas de saneamento e urbanismo, o que contraria o art. 31 da referida lei, no que compete a Política Sociais sobre universalizar o acesso à moradia com condições adequadas de habitabilidade, priorizando os segmentos sociais vulneráveis, mediante instrumentos e ações de regulação normativa, urbanística, jurídico-fundiária e de provisão.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos organizadores do evento pela oportunidade de participarmos e contribuirmos para o desenvolvimento de novos estudos e pesquisas relacionadas ao nosso ambiente, humano por definição e carente de necessidades diversas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRAL, L. N.; CÂNDIDO, G. A. (2019). Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 11, e20180063. Disponível em: https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.AO08.

Copernicus Browser. Disponível em: <https://dataspace.copernicus.eu/browser/>. Acesso em: 18 out. 2023.

DIGITAL, O. **Um em cada cinco brasileiros vive em habitação precária**. Disponível em: <https://habitatbrasil.org.br/brasileiros-vivem-em-habitacao-precaria/#:~:text=Falta%20de%20documenta%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20o>. Acesso em: 20 out. 2023.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Satélites de Monitoramento**. Campinas, 2018. Disponível em: < https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento >. Acesso em: 25 set. 2023

ESIG. Disponível em: <https://esigportal2.recife.pe.gov.br/portal/apps/sites/#/esig>. Acesso em: 18 out. 2023.

HABITAÇÃO PARA A HUMANIDADE. **Problemas do déficit habitacional na sociedade**. Disponível em: https://habitatbrasil.org.br/problemas-do-deficit-habitacional/?utm_source=google&utm_medium=cpc&gclid=Cj0KCQjwvL-oBhCxARIsAHkOiu1amsAvbbQfJZva16s9EJ2NWo_ASuwHK3XvFrm1VOk_PZjdXWx7dDMaAhq3EALw_wcB. Acesso em 20 set. 2023.

IBGE. **Panorama do Censo 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>.

INOCÊNCIO, T. DE M.; RIBEIRO NETO, A.; SOUZA, A. G. S. S. Soil moisture obtained through remote sensing to assess drought events. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 9, p. 575–580, set. 2020.

JUNIOR, A. C. **Tudo o que você precisa saber sobre o NDVI: Perguntas & Respostas para a Agricultura 4.0 - parte 1** - Geografia das Coisas. Disponível em: <https://geografiadascoisas.com.br/artigos/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-ndvi-parte-1/>. Acesso em: 19 out. 2023.

MOREIRA, Suzanna. **O que é um Plano Diretor? Educação e Território**. Espaço Público. Gestão Pública. 2021. Disponível em: https://educacaoeterritorio.org.br/reportagens/o-que-e-um-plano-diretor/. Acesso em: 21 set. 2023.

SECCHI, Leonardo. **Políticas Públicas. Conceitos, Esquema de Análise, Casos Práticos**. São Paulo. Cengage Learning, 2012. Pág 05.

CARTOGRAFIA E URBANIZAÇÃO: MEIO AMBIENTE CONSTRUÍDO E CENTRALIDADE URBANO-REGIONAL DE UNIÃO DOS PALMARES (AL)

***Antônio Lopes da Silva Neto*[(a)], *Silmara Lopes de Souza*[(b)]**

[(a)] *Graduado em Licenciatura Plena em Geografia pela Universidade Estadual de Alagoas, Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Alagoas e Doutorando em Geografia no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, netto-loppes@hotmail.com*
[(b)] *Graduada em Licenciatura Plena em Geografia pela Universidade Estadual de Alagoas e Mestra em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, silmara.ls@hotmail.com*

Resumo: A cartografia, caracterizada como a ciência da representação do espaço, ocupa importante papel na interpretação de fenômenos sociais, de modo particular nos estudos de geografia humana. Leituras geográficas por meio de recursos cartográficos podem fornecer-nos entendimentos relativos à relação dessas ciências. Este trabalho tem por objetivo elucidar o processo de expansão do meio ambiente construído e a consolidação da centralidade urbano-regional de União dos Palmares (AL) a partir da utilização de mapas disponibilizados em trabalhos de dissertação e tese de geografia humana. Para tal, realizou-se levantamento bibliográfico em periódicos online para a construção da articulação conceitual, e consultas aos repositórios de dissertações e teses da UFAL, UFRN e UNICAMP para seleção dos trabalhos e mapas analisados, além da utilização de dados secundários disponíveis no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. Assim, entende-se que a dinâmica de expansão do meio ambiente construído se deu em decorrência do crescimento populacional e do desenvolvimento econômico, contribuindo substancialmente para a consolidação da centralidade urbano-regional de União dos Palmares.

Palavras-chave: Mapas; Geografia Humana; Urbanização; União dos Palmares.

Abstract: Cartography, characterized as the science of representing space, plays an important role in the interpretation of social phenomena, particularly in human geography studies. Geographic readings through cartographic resources can provide us with understandings regarding the relationship between these sciences. This work aims to elucidate the process of expansion of the built environment and the consolidation of the urban-regional centrality of União dos Palmares (AL) through the use of maps made available in human geography dissertation and thesis works. To this end, a bibliographical survey was carried out in online journals to build the conceptual articulation, and consultations were made to the repositories of dissertations and theses from UFAL, UFRN and UNICAMP to select the works and maps analyzed, in addition to the use of secondary data available on the website of the Brazilian Institute of Geography and Statistics-IBGE. Thus, it is understood that the dynamics of expansion of the built environment occurred as a result of population growth and economic development, contributing substantially to the consolidation of the urban-regional centrality of União dos Palmares.

Keywords: Maps; Human Geography; Urbanization; União dos Palmares.

INTRODUÇÃO

Os mapas estão em todo lugar. Ao acessarmos qualquer site de notícia buscando informações sobre as atuais guerras da Rússia x Ucrânia e de Israel x Palestina, ou sobre o último deslizamento de terra ocorrido no estado do Amazonas, os encontraremos. Ademais, nos smartphones dos entregadores por aplicativo, nos veículos que utilizam o GPS (G*lobal Positioning System*), no panfleto da loja que divulga sua localização e na parede da estação de metrô que fixa aos passageiros seu sistema de linhas, uma multiplicidade de mapas auxilia as ações da dinâmica societária.

A cartografia, ciência da representação espacial, ocupa um importante lugar na interpretação de fenômenos sociais, sobremaneira nos estudos de geografia humana. As representações cartográficas são encontradas abundantemente em trabalhos de geografia humana, no entanto, é razoável a constatação de que a sua importância, nessa área geográfica, não seja devidamente problematizada.

Se temos nos despertado tardiamente para os mapas, isso é um fato, não obstante, estudantes e profissionais das mais diversas áreas, principalmente das ciências humanas, pelos motivos que vimos anteriormente, têm se interessado pela temática da cartografia. Foi o eminente Yves Lacoste (1988), em

"*A geografia – isso serve em primeiro lugar, para fazer a guerra"*, que chamou atenção para "a necessidade de saber ler uma carta", e ainda demonstrou preocupação de estarem os mapas reservados aos grupos hegemônicos minoritários.

Nesse sentido, compreender teórica e metodologicamente as aproximações possíveis entre a ciência cartografia e as temáticas da geografia humana – mais precisamente relativas à urbanização –, bem como o estabelecimento de leituras geográficas por meio de recursos cartográficos, poderá fornecer-nos entendimentos e aprofundamentos acerca do papel da cartografia como ferramenta geográfica.

Buscamos com este trabalho, por meio de uma proposta teórico-analítica, elucidar o processo de expansão do meio ambiente construído e a consolidação da centralidade urbano-regional de União dos Palmares (AL) a partir da utilização de mapas disponibilizados em trabalhos de dissertação e tese de geografia humana. Analisar os respectivos mapas, por suas abordagens em termos de urbanização, é também evidenciar os esforços feitos pelos pesquisadores.

Quanto à metodologia, realizou-se levantamento bibliográfico em periódicos online de geografia para a elaboração das articulações conceituais, e consulta aos repositórios de dissertações e teses da Universidade Federal de Alagoas-UFAL, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN e da Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, além da utilização de dados secundários disponíveis no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. A seleção dos três trabalhos (duas dissertações e uma tese) ocorreu pautada, primeiramente, no aspecto de configurarem pesquisas de pós-graduação de nível *stricto sensu* e no fato de abordarem a dinâmica do espaço urbano de União dos Palmares. Nos respectivos repositórios, a busca das dissertações e da tese foi realizada com base na palavras-chave "União dos Palmares", "urbanização" e "economia urbana". No que concerne à escolha dos mapas, baseamo-nos na abordagem do material cartográfico em relação ao contexto da urbanização palmarina e da articulação de União dos Palmares com as cidades circunvizinhas.

O presente artigo se encontra dividido, além da introdução, por quatro partes. A primeira aborda as aproximações teóricas sobre a cartografia e a geografia humana. Em seguida, uma reflexão acerca das contribuições da cartografia para os estudos urbanos é apresentada. Na terceira parte, analisamos a expansão do meio ambiente construído e a posição urbana de União dos Palmares. As considerações finais apresentam algumas das conclusões a que chegamos, retomando algumas das principais ideias desenvolvidas ao longo do texto.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Cartografia e geografia humana: articulações conceituais

"Vivemos em espaços que não são vazios nem homogêneos", disseram Prado Filho e Teti (2013, p. 54), "e sim, formados por relações, carregados de qualidades heterogêneas, que se comunicam e se ligam entre si". Nesse direcionamento, compreendemos a importância de apreender e representar o espaço, sobremaneira em termos qualitativos.

A cartografia é o ramo científico e técnico do saber responsável, entre outros aspectos, pela representação do espaço geográfico. Um de seus principais produtos – o mapa – é utilizado amplamente tanto em setores da sociedade quanto nos estudos geográficos. Principalmente na geografia humana, subárea onde a utilização dos recursos cartográficos é imprescindível às análises da dimensão espacial de fenômenos sociais, políticos, econômicos e culturais.

Definida como ciência da representação, a cartografia sistematiza de forma gráfica determinadas feições do real, de modo particular, do espaço concreto. Nesse sentido, concordamos que

> Cartografia é a ciência da representação e do estudo da distribuição espacial dos fenômenos naturais e sociais, suas relações e suas transformações ao longo do tempo, por meio de representações cartográficas – modelos icônicos – que reproduzem este ou aquele aspecto da realidade de forma gráfica e generalizada (SALICHTCHEV, 1973 apud MARTINELLI, 2006, p. 22).

Algumas ciências evoluem concomitantemente. Esse pode ser, muito precisamente, o caso da geografia, enquanto saber científico, em relação ao aprimoramento da cartografia. A esse respeito, Marcelo Martinelli (sem ano, p. 3) assevera que "o aprimoramento da cartografia, além de outros pressupostos, teve forte participação na consolidação da Geografia". Na verdade, disse o autor em outro momento, "[...] os mapas sempre surgem como representações simbólicas da geografia" (MARTINELLI, 2006, p. 7), e em muitos casos e períodos históricos, geografizar era também produzir mapas.

As representações cartográficas sintetizam elaborações mentais decorrentes de estudos e apreensões científicas. A partir da realização de pesquisas e da coleta de dados, as informações são dispostas no mapa como indicação da espacialidade do fenômeno representado. Esse seria o caso dos mapas temáticos, pois esse tipo de produção cartográfica "[...] devem exprimir um saber científico coerente, isto é, devem restituir categorias mentalmente e não visualmente organizadas" (MARTINELLI, sem ano, p. 4)

Sobre a cartografia temática, o autor prossegue afirmando que

> No final do século XIX, a cartografia temática já munida de um consistente leque de métodos de representação extravasa uma restrita aplicação científica e técnica para tornar-se progressivamente um meio de educação e de informação geral. Ela passa a ser utilizada nos atlas geográficos, nos livros texto de geografia, e até mesmo na imprensa, engendrando uma verdadeira revolução cartográfica. (MARTINELLI, sem ano, p. 7)

É importante salientar, que a cartografia não apenas associa-se à produção técnica dos mapas. Mas, devido à sua importância histórica ao entendimento do espaço, essa ciência também se insere no universo do simbólico. Destaca-se por criar signos, que podem ser selecionados técnica, científica e/ou ideologicamente. Essa simbologia repercute intencionalmente no entendimento e nas interpretações do espaço. Conforme apontaram Albuquerque e Oliveira,

> [...] o mapa deve então ser enxergado como um elemento culturalmente situado e permeado pelos elementos ideológicos que compõem a sociedade. Não deve haver dessa forma uma ênfase meramente artística ou quantitativa no processo de análise dos mapas, mas sim, uma busca de desvendamento de contextos (ALBUQUERQUE; OLIVEIRA, 2012, p. 367).

Refletir sobre o papel da cartografia para a geografia humana, requer apontamentos acerca da potencialidade de análises sociais por meio da utilização de mapas. Nesse sentido, importa falar de uma cartografia social.

Conforme vimos, a cartografia sempre esteve ligada à geografia num processo mútuo de evolução científica. A sua vertente tradicional, buscando formulações precisas, se encontra fundada, de acordo com Prado Filho e Teti (2013), "em bases matemáticas, estatísticas contando com instrumentos e técnicas sofisticadas", tendo por intuito a elaboração de mapas que representam "territórios, regiões e suas fronteiras demarcações, sua topografia, acidentes geográficos, [...] distribuição de uma população em um espaço, mostrando suas características étnicas, sociais, econômicas, de sua saúde, educação, alimentação, entre outros" (PRADO FILHO; TETI, 2013, p. 47).

Não obstante, a cartografia social "trata de movimentos, relações, jogos de poder, enfrentamentos entre forças, lutas, jogos de verdade, enunciações, modos de objetivação, de subjetivação, de estetização de si mesmo, práticas de resistências e de liberdade" (PRADO FILHO; TETI, 2013, p. 47). Nesse viés cartográfico, os mapas cumprem papel não apenas de representação, mas de compreender processos e de análise do dinamismo social. Esse é, certamente, o caso dos mapas urbanos.

Contribuições da cartografia aos estudos urbanos

"Mapas são instrumentos de descoberta e de visualização de cidades, mesmo das que já não existem mais", disse Nunes (2016, p. 102). A afirmativa nos coloca diante da ideia de que os mapas

podem ser utilizados antes do surgimento de uma cidade ou de alterações no espaço urbano, esse seria o caso do planejamento. Não obstante, os mapas também poderão servir ao registro e à memória urbana de cidades antigas.

Nesses termos, a autora prossegue justificando que os "mapas que antecedem cidades são aqueles mapas elaborados a partir de um projeto de cidade; por sua vez, os mapas que registram são aqueles elaborados para determinada finalidade" (NUNES, 2016, p. 102-103).

Na dinâmica dos estudos e elaboração de mapas urbanos, não se pode perder de vista o contexto político, econômico, cultural e social que, de certa maneira, moldou e condicionou a situação geográfica representada. Importa lembrar que a cartografia, além da produção de representações espaciais, é um importante instrumento à compreensão das relações sociais. Ressaltamos, aqui, o seu papel para o entendimento dos processos urbanos[1], pois sua utilização é fundamental pelo fato de que

> A necessidade da discussão sobre a cartografia em trabalhos acadêmicos e na prática profissional deve-se principalmente ao fato de que o objeto dos estudos urbanos deve ser analisado por meio da representação gráfica – plantas de loteamentos, plantas antigas, a própria cartografia digital –, sem a qual não seriam possíveis as análises (NUNES, 2016, p. 97).

E mais, se a "norma e cartografia se entrelaçam na produção do espaço e da paisagem" (NUNES, 2016, p. 97), as normativas urbanísticas poderão, certamente, criar mapas ou serem representadas por através deles. Assim, é possível dizer que, no âmbito da relação entre cartografia e urbanização, existem mapas que produzem espaço e mapas que são produzidos pelo espaço. Compreender essa distinção é imprescindível aos estudos cartográficos urbanos.

Quando a cartografia e a geografia se fundem no desvendamento de processos e análises espaciais, mais precisamente do espaço urbano, podemos tratar, segundo Nascimento, Motta e Sobrinho (2023, p. 237), da "Cartografia Geográfica", que "viabiliza a visualização e reconhecimento espacial das regiões de influência, permitindo identificar com maior precisão sua abrangência territorial e a rede de relações estabelecida".

De acordo com essa abordagem, a cartografia geográfica pode ainda desempenhar outras funções. Essa outra contribuição

> [...] reside na possibilidade de contextualizar geograficamente os centros urbanos e a rede de cidades a partir de outros elementos constituintes do território, como, por exemplo, as distâncias entre os centros hierárquicos e os internos à hinterlândia, diferenciais de densidade do conjunto de cidades, a disposição da malha viária e aspectos fisiográficos, como rios e linhas de costa. (NASCIMENTO; MOTTA; SOBRINHO, 2023, p. 237)

Após compreender o papel e a importância da cartografia nos estudos urbanos, assim como da geografia humana, vejamos a dinâmica do meio ambiente construído e a consolidação da centralidade urbano-regional da cidade de União dos Palmares (AL).

Meio ambiente construído e centralidade regional de União dos Palmares (AL): apontamentos com base em mapas selecionados

O município de União dos Palmares está localizado na região norte do estado de Alagoas, na chamada Zona da Mata Alagoana, mais precisamente na Região Canavieira do estado. A cidade integra a Região Imediata de mesmo nome, configurando o principal centro urbano da região conformada pelos municípios de seu entorno, a saber: São José da Laje, Ibateguara, Branquinha, Santana do Mundaú e Murici.

[1]"Alcançamos, neste século, a urbanização da sociedade e a urbanização do território, depois de longo período de urbanização social e territorialmente seletiva" (SANTOS, 2013, p. 6).

Em termos populacionais, União dos Palmares possui, de acordo com o censo demográfico de 2022, uma população absoluta de 59.280 habitantes. Embora tenha ocorrido a diminuição da população total em 1960, com a emancipação dos municípios de Santana do Mundaú e de Branquinha, a partir da década seguinte o crescimento populacional se dá de modo constante.

A população urbana de União dos Palmares corresponde à maior parcela do contingente populacional. Entre as décadas de 1950 e 1970 mais que dobrou de 8.269 para 16.753 habitantes, um acréscimo de 8.483 habitantes, e continuou a crescer nas décadas seguintes. De 1970 a 1991 dobrou mais uma vez, totalizando 34.040 habitantes. Em 2010, 47.651 habitantes estavam concentrados nas áreas urbanas, o que correspondia a 76,4% da população total, enquanto apenas 14.707 viviam na área rural. Evidentemente, a dinâmica social e política de União dos Palmares ocorre predominantemente no contexto urbano.

O meio ambiente construído é a síntese da formação da cidade. Compreender sua dinâmica de crescimento é, pois, lançar luz à constituição do território urbano. Concordamos com Harvey, ao afirmar que

> [...] o ambiente construído pode ser dividido em elementos de capital fixo a serem utilizados na produção (fábricas, rodovias, ferrovias, etc) e em elementos de fundo de consumo a serem utilizados no consumo (casas, ruas, parques, passeios etc). Alguns elementos, tais como ruas e o sistema de esgoto, podem funcionar quer como capital fixo, quer como parte de fundo de consumo, dependendo de seu uso. (HARVEY, sem ano, p. 7)

Em sua dissertação, intitulada "*Uso do território na cidade de União dos Palmares – AL: o circuito inferior em suas áreas central e periférica*", que buscou compreender o dinamismo da economia urbana palmarina a partir das pequenas atividades concentradas nas áreas centrais e nas áreas periféricas, Silva (2018) apresenta, por meio de um mapa de cores, o processo de expansão do meio ambiente construído de União dos Palmares.

De acordo com a figura 1, das áreas de pigmentação vermelha às verdes claras, é possível observar o momento de formação do primeiro bairro [o centro], no século XVIII, e o movimento de crescimento da cidade a partir de 1940 até os dias atuais, quando foram criados os dois últimos bairros. Os conjuntos habitacionais Nova Esperança e Conjunto Newton Pereira foram construídos após a enchente de 2010, para abrigar a parcela da população cujas casas foram afetadas pelas águas.

Assim, a cidade de União dos Palmares é formada por 18 bairros: Centro; Presidente Kennedy; Alto do Cruzeiro; Presidente Costa e Silva, Nossa Senhora de Fátima, COHAB, Abolição, Santa Maria Madalena I e II, Nossa Senhora das Dores (Vaquejada), Várzea Grande, Santa Fé, Sagrada Família (Mutirão), Padre Donald, Demócrito Gracindo (Taquari), Francisco Correia Vianna (Jatobá)[2], Roberto Correia de Araújo, Newton Pereira e Nova esperança.

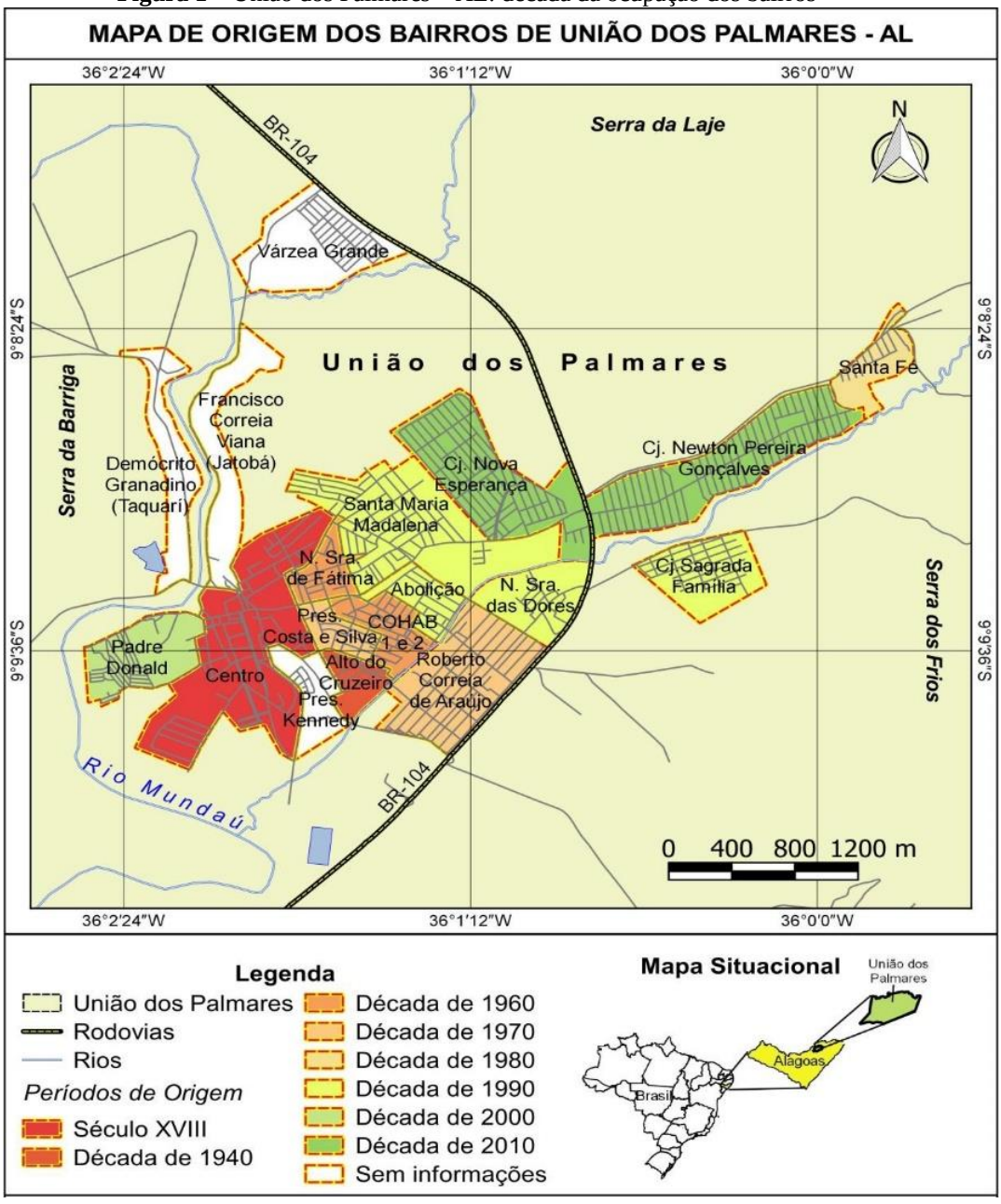
Nesse sentido, importa lançar olhar sobre o processo histórico de ocupação dos bairros, visto que tais formas de ocupação, com as peculiaridades de cada período, revelam a apropriação e uso do território da cidade. Em 1940, conforme nos aponta Silva (2018), as formas de ocupação ocorreram por meio de doações e vendas de terrenos que pretenciam à Igreja Católica. Duas décadas após [1960], áreas foram concedidas pelo poder público para a construção de casas dos bairros COHAB I e II e o Nossa Senhora de Fátima pela Companhia de Habitação Popular de Alagoas – COHAB e pela Fundação Alagoana de Serviços Assistenciais, respectivamente.

Na década seguinte, de 1970, o bairro Presidente Costa e Silva surgiu da venda de terrenos por particulares e doação da prefeitura, e os bairros Roberto Correia de Araújo, Santa Fé, Nossa Senhora das Dores, Santa Maria Madalena e o Conjunto Sagrada Família surgiram com base em doações de terrenos por parte de políticos, prefeitura e igreja, vendas de terrenos por particulares e algumas ocupações (SILVA, 2017 e SOUZA, 2016 *apud* SILVA, 2018).

[2] É importante mencionar que com a enchente de 2010, os bairros Demócrito Gracindo (Taquari) e Francisco Correia Vianna (Jatobá) foram parcialmente destruídos.

Na dinâmica de regiões menores, como ocorre nos casos das Regiões Imediatas[3]. Determinados centros urbanos, pelos eventos conformarão a formação socioespacial, desenvolverão as condições de primazia, isto é, de destaque em relação às demais cidades do seu entorno. Para Milton Santos (2010, p. 122), uma característica que parecer ser própria dos países subdesenvolvidas consiste no "monopólio exercido por uma cidade sobre os processos essenciais de crescimento urbano e a amplificação desse movimento a um ritmo cada vez mais acelerado".

Figura 1 – União dos Palmares – AL: década da ocupação dos bairros

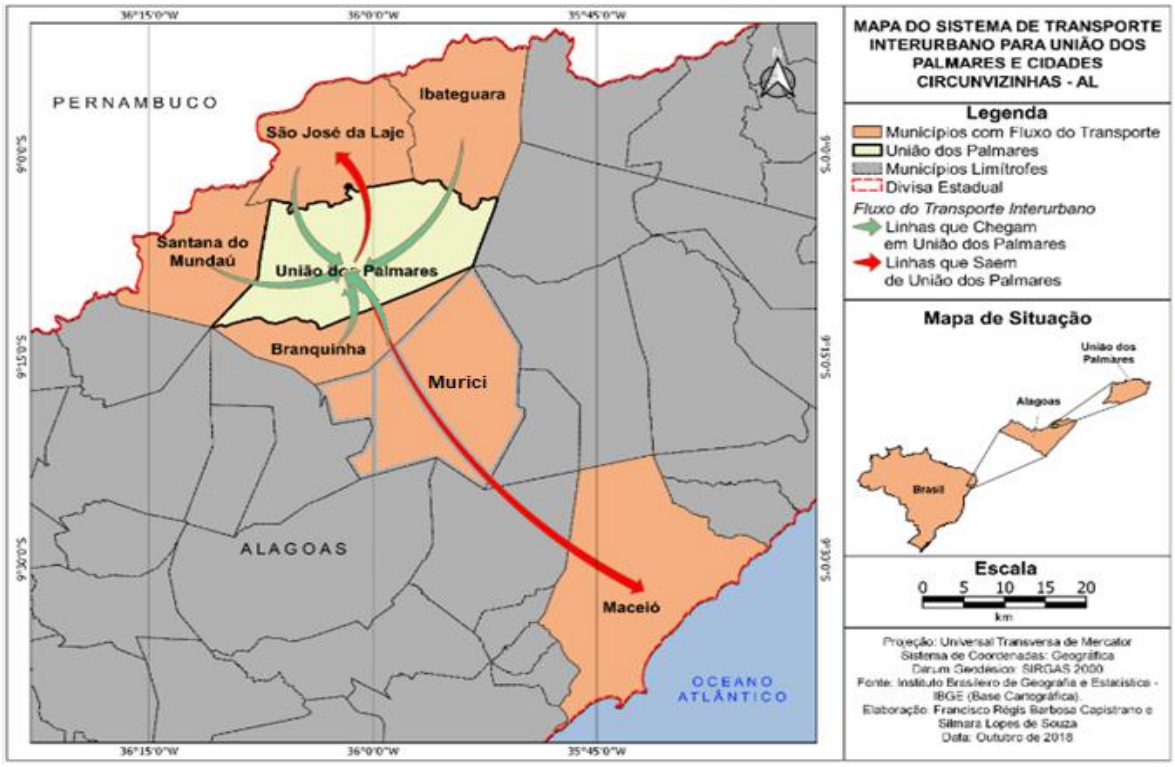


Fonte: SILVA (2018); adaptado pelos autores.

[3] As Regiões Geográficas Intermediárias organizam o território, articulando as Regiões Geográficas Imediatas por meio de um polo de hierarquia superior diferenciado a partir de fluxos de gestão privado e público e da existência de funções urbanas de maior complexidade (IBGE, 2017). As principais referências para a criação da regionalização ora vigente foram o estudo das Regiões de Influência das Cidades – REGIC (2007), Divisão Urbano-Regional (2013), Gestão do Território (2014), Logística dos Transportes do Brasil (2014) e Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil (2016) e portanto, os dados de fluxos municipais de gestão pública e gestão empresarial, de deslocamentos para trabalho e estudo e das regiões de influências das cidades compreendem as variáveis consideradas para a composição das Regiões Imediatas e Intermediárias.

A figura 2, a seguir, traz um mapa de fluxo com setas e cores organizado e apresentado por Souza (2019) na dissertação *"O comércio de confecções em União dos Palmares-AL: à luz da teoria dos circuitos da economia urbana"*. O trabalho acadêmico se destaca por apreender o crescimento e a importância do comércio de confecções e vestuário para a vida urbana de União dos Palmares. Bem como para o reforço de sua posição central na Região Imediata de União dos Palmares. A representação cartográfica, portanto, revela a centralidade regional de União dos Palmares em relação às cidades de seu entorno a partir do sistema de transporte interurbano.

Figura 2: Mapa do sistema de transporte interurbano entre União dos Palmares e cidades circunvizinhas



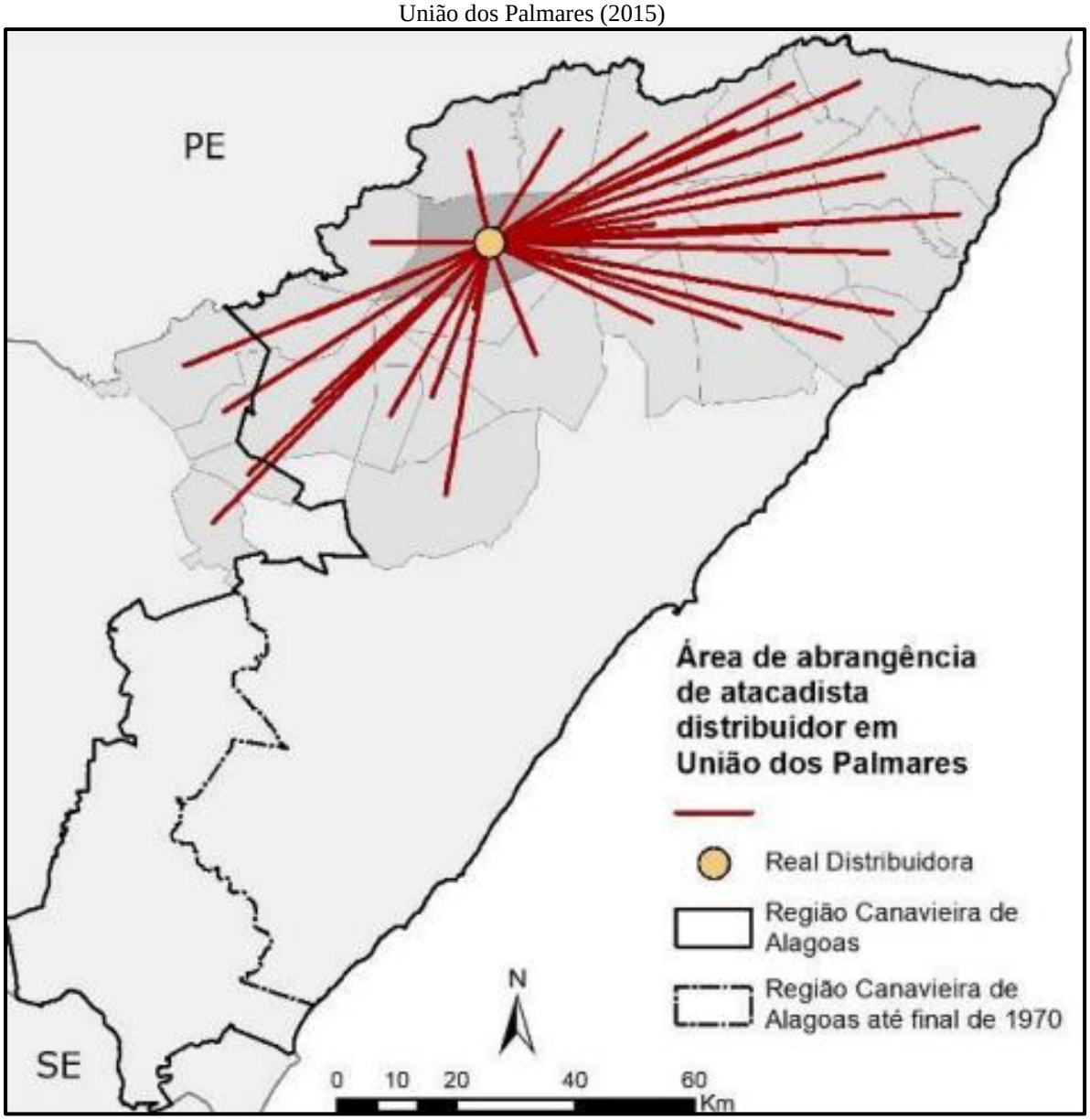
Fonte: SOUZA (2019); adaptado pelos autores.

Inicialmente, este aparato possibilitou uma nova forma de escoamento da produção açucareira, pois as rodovias BR – 101 e BR – 104 (sendo que o traçado dessa última se deu próximo ao perímetro urbano de União dos Palmares) cortaram a Região norte de Alagoas fazendo a ligação dessa área com o sul do país. Foram as rodovias que beneficiaram os pontos mais importantes da Região Canavieira de Alagoas, e, assim "novas racionalidades terminariam por se impor ao meio geográfico regional" (SILVA, 2017, p. 68).

Segundo a autora, "a criação de um sistema de transporte interurbano interligando União dos Palmares e cidades circunvizinhas foi possível após a construção da BR – 104" (SOUZA, 2019, p. 54). O sistema de transporte, por sua vez, tem um papel preponderante na consolidação da centralidade regional de União dos Palmares em detrimento das cidades do seu entorno.

Na figura 3, trazemos um mapa do alcance territorial da empresa Real Distribuidora. O mapa em questão, disponível na tese de doutoramento de Fernando Silva, intitulada "*A pobreza na Região Canavieira de Alagoas no século XXI: do programa bolsa família à dinâmica dos circuitos da economia urbana"* apresenta a abrangência do maior atacadista que atua na Região Imediata de União dos Palmares.

Figura 3 – Região Canavieira de Alagoas: Cidades em que atuam as empresas atacadistas distribuidoras de União dos Palmares (2015)



Fonte: SILVA (2017); adaptado pelos autores.

De acordo com Silva (2017, p. 286), a empresa iniciou as atividades na região em 2013, e dispõe de "[...] uma frota de 3 (três) caminhões, um total de 20 (vinte) funcionários e um prédio localizado às margens da BR – 104". Tamanho é o alcance da empresa que essa consegue realizar entregas para além dos limites territoriais da Região Imediata, abrange, na verdade, 30 (trinta) cidades da Região Norte do estado de Alagoas.

Empresas desse tipo, pelo grau de técnica, capital e capacidade logística, atuam em porções específicas do território alagoano e acabam por reforçar o nível de centralidade de certas cidades, como ocorre, em nosso caso, com União dos Palmares. "Não deixam, contudo, de subordinar pequenos comércios do circuito inferior da economia urbana, especialmente aqueles localizados nas cidades locais" (SILVA, 2017, p. 289).

CONCLUSÃO

A cartografia, conforme apontamos, é recurso imprescindível aos estudos de geografia humana. Este ramo da ciência geográfica utiliza abundantemente a produção cartográfica em suas análises e

leituras espaciais. À medida que percebemos o espaço geográfico como o espaço real das sociedades, identifica-se que a cartografia possui o potencial de direcionar a construção ou alteração de espaços concretos, isto é, os

> [...] espaços outros, novos mundos, novas paisagens, novas relações, também novas formas de existência e de subjetividade, novos modos de relação do sujeito consigo mesmo que possibilitem exercício de liberdade, não liberdade como ideal abstrato, posto *a priori*, *mas* como prática concreta, como linha de fuga (PRADO FILHO; TETI, 2013, p. 57).

Esse entendimento nos permite pensar a cartografia como ferramenta e análise e interpretação social, pois a cartografia social não se restringe ou se refere à regras e protocolos, à procedimentos quantitativos, mas servirá "estratégia de análise crítica e ação política, olhar crítico que acompanha e descreve relações, trajetórias, formações rizomáticas, a composição de dispositivos, apontando linhas de fuga, ruptura e resistência" (PRADO FILHO; TETI, 2013, p. 47).

Nesse sentido, como buscamos demonstrar, com base nos mapas apresentados, a dinâmica de expansão do meio ambiente construído de União dos Palmares se deu em decorrência do crescimento populacional e do desenvolvimento econômico que marcou os usos do território da cidade. Contribuindo substancialmente para a consolidação da centralidade regional desse centro urbano, através do dinamismo do comércio e dos serviços, bem como do funcionamento do sistema de transporte interurbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, M. A. M.; OLIVEIRA, A. G. (2012). Os mapas da geografia e a geografia dos mapas: alguns recortes para análise. **Ensino Em Re-Vista**, v. 19, n. 2, p. 362-374.

BRASIL. (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2022.** Alagoas. Rio de Janeiro: IBGE.

_____ (2017). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias.** Disponível em: www.biblioteca.ibge.gov. Acesso em: 10 de setembro de 2022.

_____ (2010) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2010.** Alagoas. Rio de Janeiro: IBGE.

_____ (1991) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 1991.** Alagoas. Rio de Janeiro: IBGE.

_____ (1960) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 1960.** Alagoas. Rio de Janeiro: IBGE.

_____ (1955) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 1950.** Estado de Alagoas. Vol. XVIII, tomo 1. Rio de Janeiro: IBGE.

HARVEY, D. (Sem ano). **O trabalho, o capital, e o conflito de classes em torno do ambiente construído nas sociedades capitalistas avançadas**. p. 6-55.

LACOSTE, Y. (1988). **A Geografia: isso serve, em primeiro lugar para fazer guerra.** Tradução Maria Cecília França. Campinas, SP: Papirus.

MARTINELLI, M. (2006) **Mapas da geografia e cartografia temática**. 3ª ed. São Paulo: Editora Contexto.

_____ (sem ano) **Os mapas da geografia.** São Paulo, SP: Universidade de São Paulo. Disponível em: https://docs.fct.unesp.br/docentes/geo/raul/cartografia_tematica/leitura%202/1-MAPAS%20DA%20GEOGRAFIA.pdf. Acesso em: 10 de outubro de 2023.

NASCIMENTO, E.; MOTTA, D. M.; SOBRINHO, F. L. A. (2023). Cartografia do sistema urbano das cidades médias brasileiras. **Geosul**, v. 38, n. 87, p. 233-271.

NUNES, M. B. (2016). Cartografia e paisagem: o mapa como objeto de estudo. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, n. 65, p. 96-119.

SANTOS, M. (2013). **A urbanização brasileira.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

_____ (2010). **A urbanização desigual.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

SILVA, A. L. da. (2018) **O uso do território na cidade de União dos Palmares – AL: o circuito inferior nas suas áreas central e periférica**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

SILVA, F. A. (2017). **A pobreza na Região Canavieira de Alagoas no século XXI: do Programa Bolsa Família à dinâmica dos circuitos da economia urbana.** Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, SP, Brasil.

SOUZA, S. L. de. (2019). **O comércio de confecções em União dos Palmares-AL á luz da teoria dos circuitos da economia urbana.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO USO E OCUPAÇÃO DA SOLO NA COMUNIDADE DO TOMÉ EM LIMOEIRO DO NORTE, CEARÁ

Vitor Aluizio Cavalcante de Oliveira Lima[(a)], Veríssimo Ribeiro Pinheiro Neto[(b)], Silas Lima da Silva[(c)], Glória Vitória Santana de Oliveira[(d)], Yohanna Victória Souza Leão de Siqueira[(e)]

[(a))]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, vitor.aluizio@ufpe.br
[(b)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, verissimo.pinheiro@ufpe.br
[(c)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, silas.lima@ufpe.br
[(d)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, gloria.vitoria@ufpe.br
[(e)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, yohanna.leao@ufpe.br

Resumo: O sensoriamento remoto é definido como a aquisição de dados e informações de algum corpo ou objeto que não esteja em contato direto com o dispositivo de registro, coletando informações eletromagnéticas dos alvos. Dessa forma, tal tecnologia é utilizada para o estudo e resolução de diversas problemáticas na sociedade devido à sua capacidade de captar informações em grandes áreas. Um dos principais usos da ferramenta são as análises ambientais voltadas para o uso produtivo da terra, principalmente no setor da agropecuária. Nesse viés, vale ressaltar que o Brasil é um dos principais produtores de gêneros agrícolas mundiais. Assim, surgiram diversas plataformas com o objetivo de monitorar as condições do território brasileiro, uma delas é o MapBiomas Brasil. Assim, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise temporal de imagens de satélite, seguindo a classificação do MapBiomas. Dessa maneira, pretende-se avaliar índices de uso e ocupação do solo na região da comunidade de Tomé, no Baixo Jaguaribe. Foram utilizadas imagens de satélite do Landsat, do Serviço Geológico dos Estados Unidos, em um intervalo histórico de 15 anos, também foram analisadas diversas bibliografias com a finalidade de enriquecer a pesquisa. Portanto, espera-se contribuir com o estudo do sensoriamento remoto e do geoprocessamento na resolução de questões agrárias, assim, aprimorando as pesquisas sobre o tema.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Questão Agrária; Geografia.

Abstract: Remote sensing is defined as the acquisition of data and information from a body or object that is not in direct contact with the recording device, collecting electromagnetic information from targets. This technology is used to study and solve various problems in society due to its ability to capture information over large areas. One of the main uses of this tool is for environmental analysis aimed at the productive use of land, especially in the agricultural sector. Brazil is one of the world's leading producers of agricultural products. As a result, various platforms have emerged with the aim of monitoring the conditions of the Brazilian territory, one of which is MapBiomas Brasil. The aim of this work is to carry out a temporal analysis of satellite images, following the MapBiomas classification. The aim is to evaluate land use and occupation indices in the Tomé community, in the Lower Jaguaribe region. Landsat satellite images from the United States Geological Survey were used over a historical period of 15 years, and various bibliographies were also analyzed in order to enrich the research. We therefore hope to contribute to the study of remote sensing and geoprocessing in the resolution of agrarian issues, thus improving research on the subject.

Keywords: Remote Sensing; Agrarian Issue; Geography.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é definido como a aquisição de dados e informações de algum corpo ou objeto que não esteja em contato direto com o dispositivo de registro, coletando informações eletromagnéticas dos alvos. Os principais aparelhos utilizados são os satélites, radares, aerofotogrametria, entre outros. Outra forma de coleta de dados utilizado para captar informações, é a coleta *in situ*, ou seja, dados coletados diretamente em campo (Jensen, 2007). Dessa forma, o sensoriamento remoto é utilizado para o estudo e resolução de diversas problemáticas na sociedade

devido à sua capacidade de captar informações em grandes áreas. Um dos principais usos da ferramenta são as análises ambientais que avaliam diversos índices, por exemplo, uso e ocupação do solo, índices de áreas foliares, índices de vigor de vegetação, entre outros.

Diante desse pressuposto, uma das problemáticas atuais, que mostram a relevância do uso do sensoriamento remoto, são os danos ambientais causados pela expansão da fronteira agrícola em decorrência da globalização da agricultura. Sobre esse viés, vale ressaltar que o Brasil é um dos principais produtores de gêneros agrícolas mundiais, tendo como característica a monopolização dos territórios e das produções, decorrente de uma herança colonialista (Oliveira, 2012).

Nessa perspectiva, uma das principais regiões afetadas pela expansão do agronegócio é o Baixo Jaguaribe, no estado do Ceará. O Baixo Jaguaribe se caracteriza por ser uma região de diversidade produtiva, contando com a presença de assentamentos, comunidades de pescadores e, principalmente, empresas multinacionais do ramo da fruticultura, além da presença de parques eólicos (Cavalcante, 2021).

Assim, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise temporal de imagens de satélite, avaliando índices de uso e ocupação do solo na região da comunidade de Tomé, no Baixo Jaguaribe. Tendo como finalidade, debater sobre a expansão do agronegócio na região e suas implicações na sociedade local.

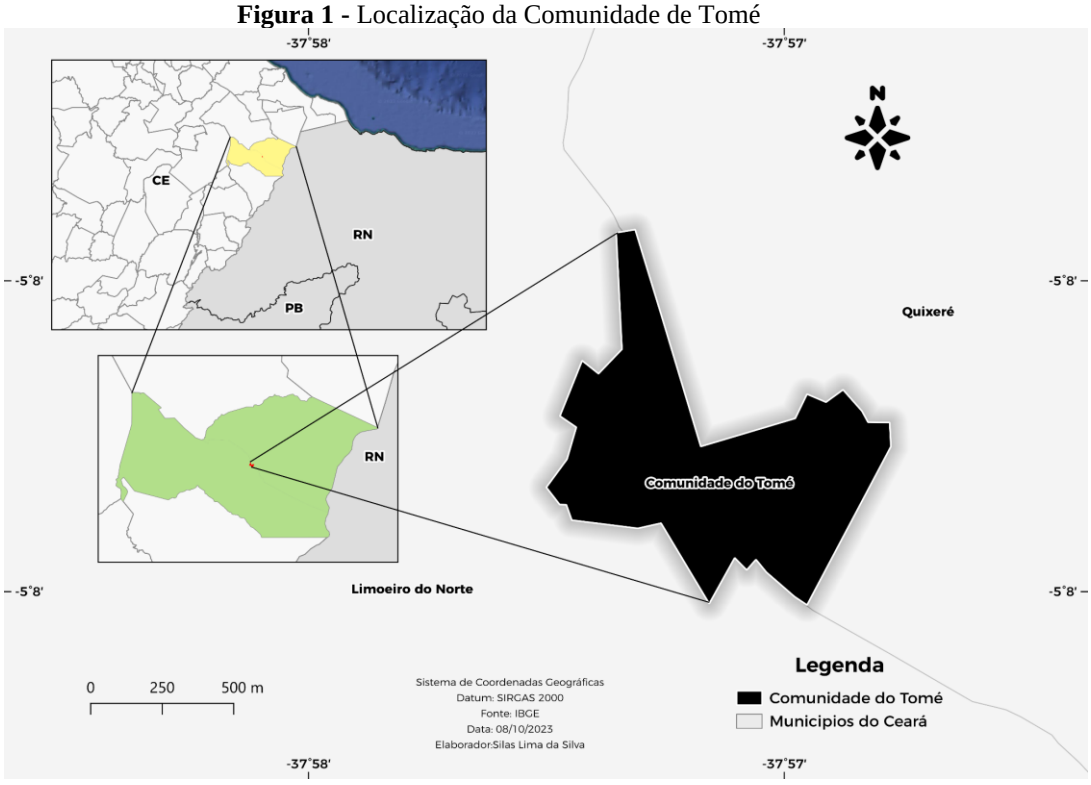
MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo, a Comunidade de Tomé, está situada no município de Limoeiro do Norte, no estado do Ceará, no Vale do Jaguaribe. Limoeiro do Norte é a cidade-sede da Diocese de mesmo nome e é considerada um polo na Região Jaguaribana.

A comunidade de Tomé abrange uma extensão de aproximadamente 656.803 m² e pode ser classificada como uma comunidade camponesa ou um aglomerado rural. Ela está localizada na fronteira entre os municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré, embora, do ponto de vista político, esteja efetivamente situada em Limoeiro do Norte.

Figura 1 - Localização da Comunidade de Tomé



Fonte: IBGE (2023).

Aquisição e Processamento de Dados

O desenvolvimento desse estudo envolveu uma metodologia detalhada que se baseou na coleta e no processamento de dados secundários de diversas fontes oficiais, além disso de artigos e outras referências bibliográficas sobre a região. O objetivo foi obter informações atualizadas e confiáveis sobre a área de estudo, que abrange o município de Limoeiro do Norte e a cidade vizinha de Quixeré, no estado do Ceará. Para realizar essa tarefa, foram adotados os seguintes passos metodológicos:

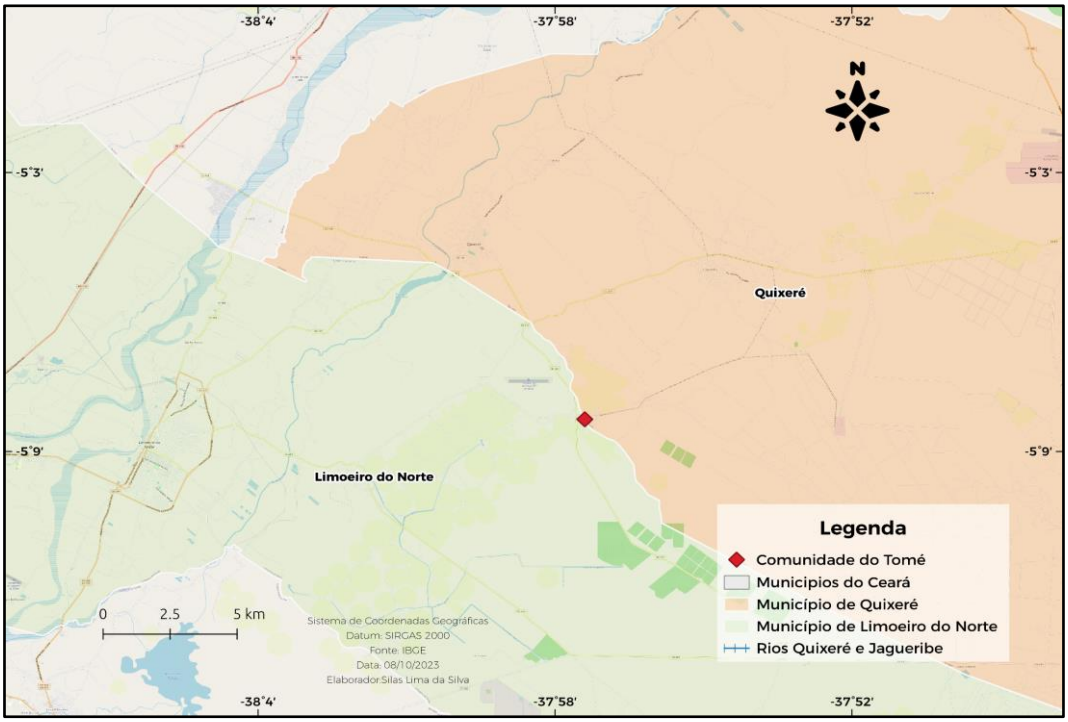
a. Coleta de Dados Secundários: O ponto de partida da metodologia foi a coleta de dados secundários de fontes reconhecidas e confiáveis. Foram utilizadas informações de instituições respeitadas, incluindo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o projeto MAPBIOMAS e a Agência Nacional de Águas (ANA). Essas fontes forneceram dados essenciais sobre a geografia, a hidrografia, uso e ocupação e outros aspectos relevantes da área de estudo.
b. Processamento de Dados: Para manipular e analisar os dados coletados, foi utilizado o software QGIS. O QGIS é um programa de Sistema de Informações Geográficas (SIG) que possibilita a visualização, o processamento e a representação de dados geoespaciais. Com a ajuda do software, os dados brutos foram transformados em informações úteis, como mapas, tabelas e análises estatísticas.
c. Análise e Interpretação: Após o processamento dos dados, realizou-se uma análise abrangente das informações obtidas. Isso incluiu a criação de mapas temáticos, que permitiram uma compreensão aprofundada da geografia, da hidrografia, uso e ocupação da terra e de outros aspectos da área de estudo. Essa análise foi fundamental para atender aos objetivos do estudo, que envolviam a compreensão da região onde se encontra a Comunidade de Tomé.

Hidrografia Local

A principal referência em termos de hidrografia nessa região é o Rio Jaguaribe, que atravessa Limoeiro do Norte e Quixeré, fornecendo água para consumo, agricultura e atividades econômicas locais. Além disso, a área abriga o Rio Quixeré, que é um afluente do Jaguaribe. Esses rios desempenham um papel vital na paisagem e no sustento das comunidades, especialmente em uma região caracterizada pelo clima semiárido e pela irregularidade das chuvas.

A água desses rios é fundamental para a agricultura, permitindo o cultivo de culturas variadas, desde grãos até frutas e legumes, contribuindo para a economia local e a subsistência das famílias. A pesca também é uma atividade relevante na região, aproveitando a presença dos rios.

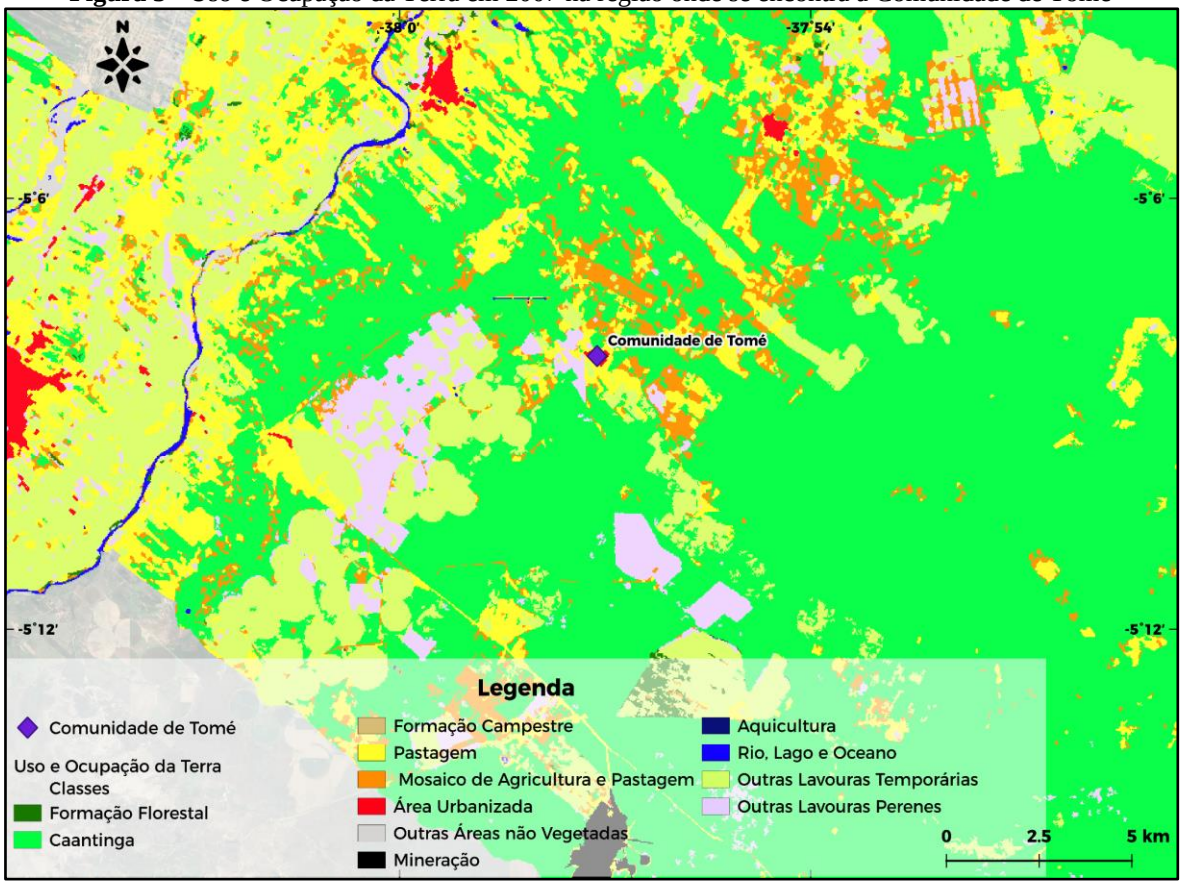
Figura 2 - Rio Jaguaribe e Quixeré no lado esquerdo do mapa



Fonte: IBGE (2023).

Uso e Ocupação

Figura 3 - Uso e Ocupação da Terra em 2007 na região onde se encontra a Comunidade de Tomé



Fonte: MapBiomas (2022).

Tabela 1 - Uso e Ocupação da Terra - Agroindustrial (2007) - Limoeiro do Norte-CE

Classe de Uso	Área (Km²)	% do Total
Outras Lavouras Temporárias	167.48994	22.41%
Outras Lavouras Perenes	39.90007	5.34%

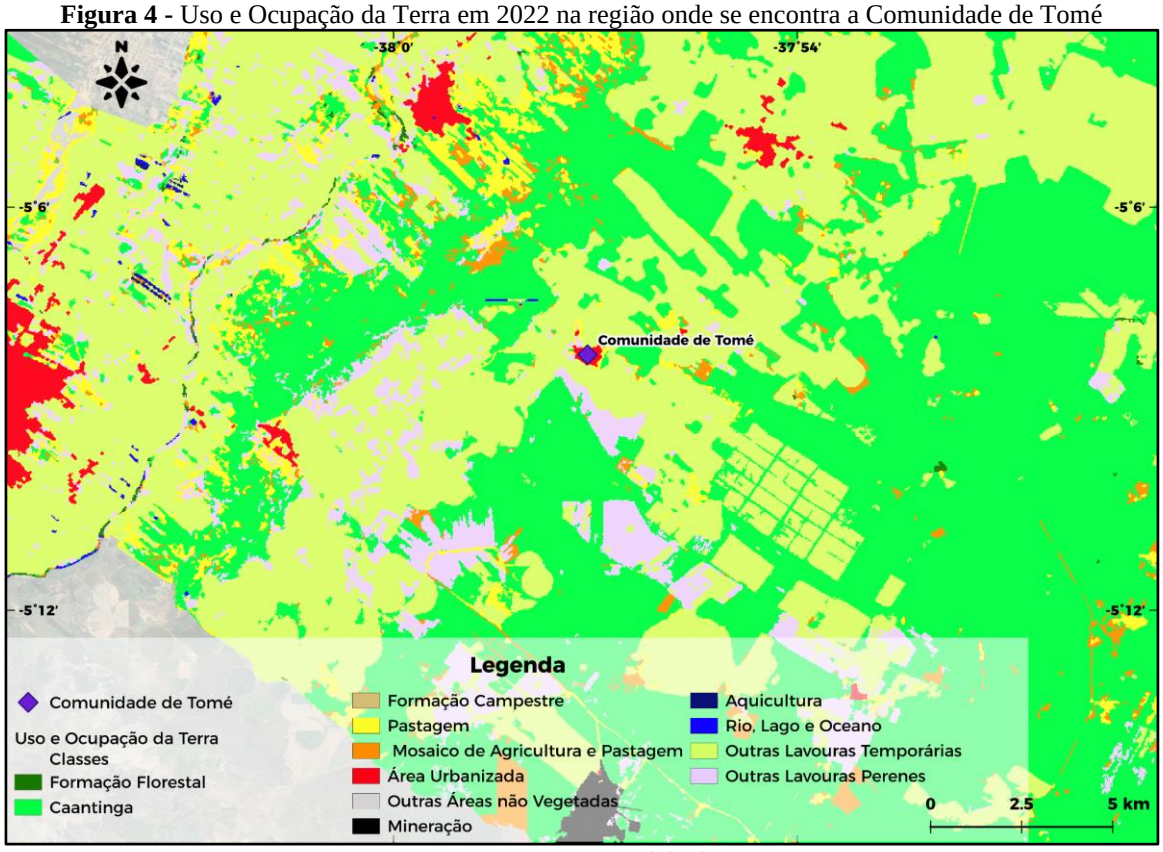
Fonte: Organizado pelos dos autores (2023).

Tabela 2 - Uso e Ocupação da Terra - Agroindustrial (2007) - Quixeré-CE

Classe de Uso	Área (Km²)	% do Total
Outras Lavouras Temporárias	46.8424	7.61%
Outras Lavouras Perenes	5.35501	0.87%

Fonte: Organizado pelos dos autores (2023).

Figura 4 - Uso e Ocupação da Terra em 2022 na região onde se encontra a Comunidade de Tomé



Fonte: MapBiomas (2022).

Tabela 3 - Uso e Ocupação da Terra - Agroindustrial (2022) - Limoeiro do Norte-CE

Classe de Uso	Área (Km²)	% do Total

Outras Lavouras Temporárias	249.08285	33.33%
Outras Lavouras Perenes	55.80931	7.47%

Fonte: Organizado pelos dos autores (2023).

Tabela 2 - Uso e Ocupação da Terra - Agroindustrial (2022) - Quixeré-CE

Classe de Uso	Área (Km²)	% do Total
Outras Lavouras Temporárias	179.2871	29.14%
Outras Lavouras Perenes	9.29588	1.51%

Fonte: Organizado pelos dos autores (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

> O projeto de mecanização da agricultura no país, nos termos propostos pela Comissão Brasil-Estados Unidos, teria de resultar no fortalecimento das grandes fazendas, na criação de novas e na ampliação das já existentes, à custa do desaparecimento de muitas pequenas propriedades. A crescente utilização do trator exigiria outras práticas "modernizadoras", como o uso de sementes selecionadas e de fertilizantes químicos. Tratores, sementes selecionadas e fertilizantes químicos são insumos que, além de estarem apenas ao alcance dos agricultores ricos, só seriam obtidos via importações. E as importações precisariam de financiamentos estrangeiros. Depois das importações, viria a substituição das importações, naturalmente com a instalação no país de indústrias subsidiárias dos grandes grupos internacionais, donas de tecnologias avançadas, as quais, para aqui se instalarem, tiveram de ser favorecidas por uma série de concessões e incentivos (Guimarães, 1976).

O alagoano Alberto Passos Guimarães faz importante observação sobre o desenvolvimento da agroindústria no Brasil. Importante ressaltar que sua previsão, hoje concreta, estabelece um panorama fundamental para compreensão do fenômeno de acumulação, e consequente concentração, de terras observado no entorno da comunidade do Tomé. A história recente da comunidade, como relatado pela população local durante a realização da atividade de campo, revela uma mudança bastante sensível, especialmente tratando-se da saúde e segurança da população. E como atesta Bernardete Maria Coêlho Freitas,

> Apesar das mudanças, com a implantação do Projeto Jaguaribe-Apodi, permaneceram antigos problemas, a exemplo do acesso à água, que continuou sendo
> o calcanhar de aquiles das comunidades. Na última década, a configuração espacial foi bastante modificada, com a expansão das empresas no entorno das comunidades,
> mesmo àquelas externas ao projeto (Freitas, 2010).

O objetivo do trabalho, portanto, é atualizar os dados de uso e cobertura do solo no entorno da comunidade do Tomé e por meio dessa informação, no recorte histórico de 15 anos, analisar quais os fatores que foram determinantes para a mudança que se observou. Para realização da pesquisa, o reconhecimento da área e a coleta de informações foi de máxima importância a experiência da atividade de campo feita na região do Baixo Jaguaribe, de 7 de agosto de 2023 até o dia 11 de agosto do mesmo

ano, pela disciplina de Geografia Agrária, ministrada pelo professor Cláudio Ubiratan Gonçalves, cujo auxílio à pesquisa foi imprescindível.

O Tomé faz parte das comunidades que estão inseridas no Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi, um projeto de irrigação que tinha como objetivo o desenvolvimento da agricultura familiar na região por meio da garantia do acesso à água, indicado pela sua jurisdição que é de responsabilidade do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS). A administração do Perímetro Irrigado é feita pela Federação das Associações do Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi (FAPIJA), associação privada sem fins lucrativos e vinculada ao DNOCS, que tem amplo reconhecimento das bases políticas do agronegócio nacional, relação essa explicitada pela visita do ex-candidato à presidência Sérgio Moro e pelas notícias que exaltam a produção de sementes de milho, dentro área do Perímetro Irrigado, veiculadas no portal do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional.

Historicamente as grandes obras contra a seca no Nordeste foram o que o Estado julgou como a forma mais eficaz de combate aos efeitos da seca e das condições de relativa miséria observadas nas áreas de clima semiárido no Brasil. Sobre a criação do DNOCS, indica Tatiana Ribeiro Velloso:

> Desde o seu início, o DNOCS teve sua atuação marcada por uma concepção de gestão dos recursos hídricos eminentemente *tecnicista*. As atividades desenvolvidas pela agência tiveram sempre sua atenção voltada para as dimensões físicas e de infra-estrutura, desconsiderando as condições sociais e institucionais de operação dos sistemas de provisão de água construídos (Velloso, 2000).

Não é, portanto, surpreendente observar que a desapropriação dos terrenos de agricultura familiar para a construção do Perímetro Irrigado do Jaguaribe-Apodi foi feita com pressa. A dissertação de mestrado de Bernardete Maria Coêlho Freitas, "Marcas da modernização da agricultura no território do Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi: uma face da atual reestruturação socioespacial do Ceará" tem importância indiscutível para a pesquisa, pois se trata do trabalho mais detalhado sobre os impactos socioambientais do Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi. Freitas, sobre a desapropriação para construção do projeto, argumenta:

> No caso do Jaguaribe-Apodi, parte das terras desapropriadas foi paga, mas outras, mesmo dentro do polígono do projeto, encontram-se irregulares. Em se tratando dos títulos das terras, toda área do projeto encontra-se irregular, contribuindo para a invasão do perímetro por médios proprietários e empresas nacionais e multinacionais. [...] Para realizar a desapropriação, o DNOS utilizou dois critérios, de acordo com o que previa a Lei de Irrigação: pagamento das terras daqueles que tinham a propriedade, ou seja, o registro da propriedade; e pagamento das benfeitorias para aqueles que tinham apenas a posse das terras. Isso prejudicou os pequenos agricultores que tinham apenas a posse hereditária das terras. [...] Os médios e grandes proprietários, integrantes do poder político local, convenceram os posseiros a realizar usucapião das terras em seus nomes (dos proprietários), alegando a valorização das terras na desapropriação. O acordo era a divisão do valor recebido pela desapropriação, entretanto, os pequenos agricultores familiares expressam que não receberam os valores correspondentes (Freitas, 2010).

O processo descrito ilustra uma dinâmica complexa e desigual no processo de aquisição de terras, especialmente quando se trata de projetos de grande escala, como o mencionado. O uso de critérios estabelecidos pela Lei de Irrigação que priorizava o pagamento com base no registro de prioridade, favoreceu os médios e grandes proprietários em detrimento dos pequenos agricultores que detinham apenas a posse hereditária das terras.

A estratégia de utilizar a posse hereditária como base para pagamento das benfeitorias acabou prejudicando os posseiros, colocando-os em posição desvantajosa em relação aos grandes proprietários que detinham registros formais das propriedades. A pressão exercida pelos médios e grandes proprietários, muitos dos quais integravam o poder político local, resultou na persuasão dos posseiros a realizar usucapião das terras em nome dos grandes proprietários. Esta prática, apesar de legal, revela a fragilidade no sistema, onde a legislação pode ser manipulada para favorecer interesses específicos em detrimento da justiça social.

O acordo proposto aos posseiros para realizar o usucapião, com a promessa de uma suposta valorização das terras na desapropriação, evidencia a exploração da falta de informação e vulnerabilidade dos pequenos agricultores. A alegada divisão do valor recebido pela desapropriação,

que não se concretizou de maneira justa, ressalta a disparidade de poder e recurso entre os grandes proprietários e os agricultores familiares.

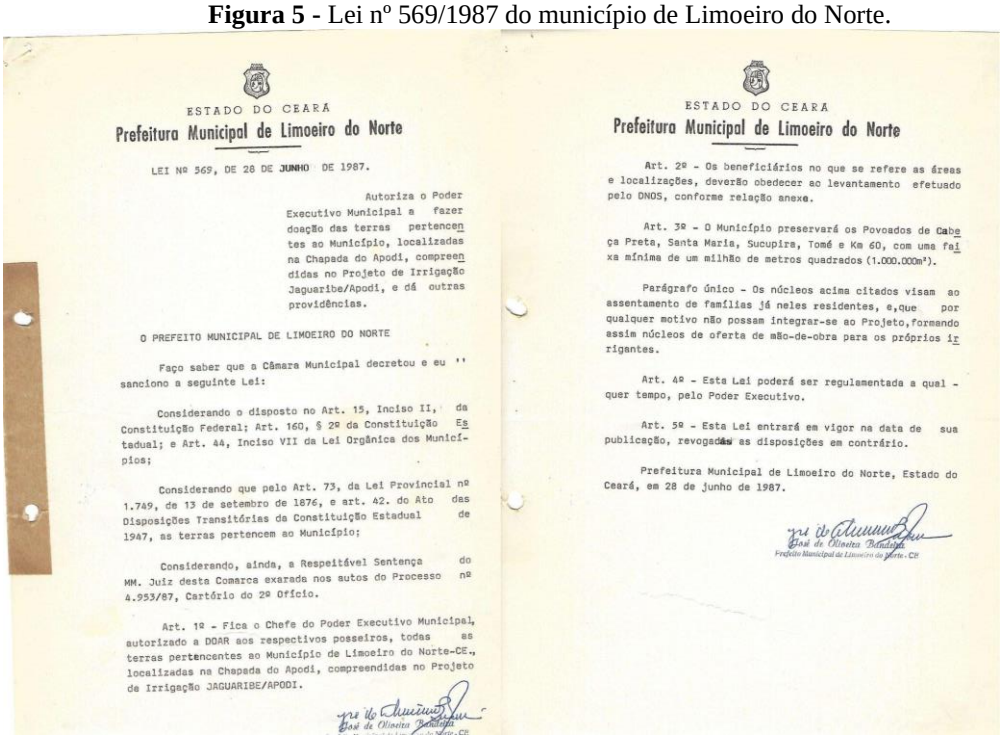
> Essa questão explica o fato de pouco mais de 200 ex-proprietários da Chapada terem se resumido em pouco mais de 20, conforme mostrado na tabela 8. Tomemos como exemplo um ex-proprietário que possuía área oficialmente desapropriada de 2.099,81 ha quando, na verdade, ele só possuía 342,02 hectares, ou seja, 1.757,79 hectares foram usurpados dos pequenos posseiros. Esse proprietário teve o apoio do poder político local, a exemplo de deputados, alguns dos quais, inclusive, fizeram parte da cooperativa do Perímetro e do Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi (DIJA) (Freitas, 2010).

Pensando na questão de expropriação de terra, é após estes acontecimentos que podem ser observados os arrendamentos de terra para as empresas, visto que os pequenos agricultores não tinham incentivos. Essas apropriações de terra acontecem por meio de compras citadas anteriormente ou pelo processo de invasão de áreas.

Ainda levantado por Freitas, ela cita de maneira sucinta como se deu esse processo:

> O domínio do projeto Jaguaribe Apodi, pelas empresas, aconteceu após a expropriação dos pequenos agricultores do referido perímetro. Diversas são as estratégias utilizadas pelas empresas para essa dominação, dentre as quais a invasão, já mencionada, ocorrente sob os olhos do Estado, que se torna omisso, ou melhor, que responde aos interesses empresariais. Por outro lado, e em menor proporção, os pequenos agricultores expropriados, ou aqueles que resistem à expropriação, lutam pelo retorno à terra e para manterem-se como agricultores, respectivamente. Utilizam para isso, estratégias como a reivindicação de suas terras à Justiça ou mediante arrendamento de pequena parte de suas áreas às empresas, mantendo-se como agricultores em suas áreas de sequeiro, o que explica o número expressivo da produção de culturas para consumo interno, como feijão, apresentado anteriormente. (Freitas, 2010).

Figura 5 - Lei nº 569/1987 do município de Limoeiro do Norte.



ESTADO DO CEARÁ
Prefeitura Municipal de Limoeiro do Norte

LEI Nº 569, DE 28 DE JUNHO DE 1987.

Autoriza o Poder Executivo Municipal a fazer doação das terras pertencentes ao Município, localizadas na Chapada do Apodi, compreendidas no Projeto de Irrigação Jaguaribe/Apodi, e dá outras providências.

O PREFEITO MUNICIPAL DE LIMOEIRO DO NORTE

Faço saber que a Câmara Municipal decretou e eu '' sanciono a seguinte Lei:

Considerando o disposto no Art. 15, Inciso II, da Constituição Federal; Art. 160, § 2º da Constituição Estadual; e Art. 44, Inciso VII da Lei Orgânica dos Municípios;

Considerando que pelo Art. 73, da Lei Provincial nº 1.749, de 13 de setembro de 1876, e art. 42. do Ato das Disposições Transitórias da Constituição Estadual de 1947, as terras pertencem ao Município;

Considerando, ainda, a Respeitável Sentença do MM. Juiz desta Comarca exarada nos autos do Processo nº 4.953/87, Cartório do 2º Ofício.

Art. 1º - Fica o Chefe do Poder Executivo Municipal, autorizado a DOAR aos respectivos posseiros, todas as terras pertencentes ao Município de Limoeiro do Norte-CE., localizadas na Chapada do Apodi, compreendidas no Projeto de Irrigação JAGUARIBE/APODI.

ESTADO DO CEARÁ
Prefeitura Municipal de Limoeiro do Norte

Art. 2º - Os beneficiários no que se refere as áreas e localizações, deverão obedecer ao levantamento efetuado pelo DNOS, conforme relação anexa.

Art. 3º - O Município preservará os Povoados de Cabeça Preta, Santa Maria, Sucupira, Tomé e Km 60, com uma faixa mínima de um milhão de metros quadrados (1.000.000m²).

Parágrafo único - Os núcleos acima citados visam ao assentamento de famílias já neles residentes, e,que por qualquer motivo não possam integrar-se ao Projeto,formando assim núcleos de oferta de mão-de-obra para os próprios irrigantes.

Art. 4º - Esta Lei poderá ser regulamentada a qualquer tempo, pelo Poder Executivo.

Art. 5º - Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Prefeitura Municipal de Limoeiro do Norte, Estado do Ceará, em 28 de junho de 1987.

José de Oliveira Bezerra
Prefeito Municipal de Limoeiro do Norte - CE

Fonte: Prefeitura Municipal de Limoeiro do Norte.

O artigo 1º da Lei nº 569, de 28 de Junho de 1987 autoriza o município de Limoeiro do Norte, onde se encontra a comunidade do Tomé, "a DOAR aos respectivos posseiros, todas as terras pertencentes ao Município de Limoeiro do Norte-CE, localizadas na Chapada do Apodi, compreendidas no Projeto de Irrigação JAGUARIBE/APODI." As terras doadas pelo município estavam no entorno do Tomé e essa preocupação com a comunidade foi explicitada no artigo 3º da mesma lei que demanda a

preservação dos “Povoados de Cabeça Preta, Santa Maria, Sucupira, Tomé e Km 60 com uma faixa mínima de um milhão de metros quadrados (1.000.000m²)”. Como indica o Dossiê Perímetro Irrigado sobre as comunidades expropriadas após a outorgação da Lei nº 569, “Atualmente, as comunidades lutam pela permanência definitiva na área, já que são consideradas pelo DNOCS como invasoras, embora tenham o direito legítimo da área pela ocupação histórica da área” (DOSSIÊ, 2014).

Essa luta pela permanência se conecta intrinsecamente à dependência econômica da população local, como destacado. Importante considerar que parte dessa população se torna dependente dos poucos trabalhos oferecidos pelas grandes propriedades, que com a mecanização da agricultura, ressaltada por Alberto Passos Guimarães, necessita de uma mão de obra reduzida, porém especializada, consequentemente exportada das grandes cidades (Jacobs, 1969).

CONCLUSÃO

Nesse viés, o presente artigo possibilitou por meio do sensoriamento remoto uma atualização dos dados de uso e cobertura do solo no entorno da comunidade do Tomé-Ceará, com um recorte histórico de 15 anos, além do reconhecimento da área, as pesquisas secundárias e revisão bibliográfica viabilizaram uma maior perspectiva acerca da temática. Além de beneficiar os camponeses residentes através da compreensão dos seus territórios visto que se encontram em áreas de constante conflito principalmente com as empresas agrícolas que na maioria das vezes os cercam e tomam partes de suas terras, o domínio desses conhecimentos se mostra bastante relevante inclusive no âmbito judicial, concomitantemente oportuniza um novo panorama para as pesquisas vindouras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VELLOSO, Tatiana Ribeiro. **A gestão dos recursos hídricos em um contexto regional**: a trajetória do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). 2000.

FREITAS, Bernadete Maria Coêlho. **Marcas da modernização da agricultura no território do Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi**: uma face da atual reestruturação socioespacial do Ceará. 181 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

JACOBS, Jane. **The Economy of Cities**. Random House, New York, 1969.

DOSSIÊ PERÍMETRO IRRIGADO. **Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi**: Invasão de Terras, Precarização do Trabalho, Contaminação por Agrotóxico e Violência no Campo, 2014.

GUIMARÃES, Alberto Passos. **O complexo agroindustrial no Brasil**. Disponível em: <https://www.marxists.org/portugues/guimaraes/1976/11/05.pdf>. Acesso em: 10 de Novembro de 2023.

GOV.BR. **Perímetro Irrigado do DNOCS produz mais de um milhão de quilos de sementes de milho por ano**. 29 de mar. de 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/assuntos/noticias/perimetro-irrigado-do-dnocs-produz-mais-de-um-milhao-de-quilos-de-sementes-de-milho-por-ano>. Acesso em: 10 de novembro de 2023.

VERTICALIZAÇÃO DA ORLA DE PORTO DE GALINHAS: EXPANSÃO URBANA A PARTIR DO TURISMO PREDATÓRIO

***Manoel José Correia Neto*[(1)], *Victoria Regina da Silva Cruz*[(2)], *Mariana Regina Oliveira de Freitas*[(3)]**

[(1)]*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, manoel.jcorreia@ufpe.br*
[(2)]*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, victoria.cruz@ufpe.br*
[(3)]*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, mariana.regina@ufpe.br*

Resumo: Este estudo busca esclarecer a influência do turismo na transformação do espaço urbano em Porto de Galinhas, analisando seus correlatos socioambientais. A evolução do território porto-galinhense, localizado a 50 km da metrópole pernambucana, revela um dinamismo impulsionado por demandas locais, resultando em um notável desenvolvimento turístico. Inicialmente composta por modestas habitações de pescadores e plantações de coco, a área transformou-se para abrigar uma variedade de estabelecimentos voltados principalmente para o turismo contemporâneo. O escopo temporal desta pesquisa abrange, por meio de representações imagéticas, o período de 1975 a 2023, desde o surgimento da atividade turística até sua consolidação como destino internacional. A coleta de dados foi realizada meticulosamente, convergindo essas informações com indicadores pertinentes e tópicos explorados no referencial teórico. A pesquisa constatou que o turismo desencadeou uma expansão vigorosa do espaço urbano em Porto de Galinhas, refletida na criação e ampliação de empreendimentos comerciais, assim como em investimentos na infraestrutura básica. No entanto, a atividade turística também contribuiu para a cristalização de fenômenos socioespaciais segregatórios, agravando disparidades socioeconômicas, especialmente em áreas periféricas.

Palavras-chave: Verticalização; Porto de galinhas; Expansão urbana; Turismo.

Abstract: This study aims to elucidate the influence of tourism on the transformation of urban space in Porto de Galinhas, analyzing its socio-environmental correlates. The evolution of the Porto de Galinhas territory, located 50 km from the metropolitan area of Pernambuco, reveals a dynamism driven by local demands, resulting in a remarkable tourist development. Initially composed of modest fishermen's dwellings and coconut plantations, the area transformed to accommodate a variety of establishments primarily focused on contemporary tourism. The temporal scope of this research spans, through imagetic representations, the period from 1975 to 2023, from the emergence of tourist activity to its consolidation as an international destination. Data collection was conducted meticulously, aligning this information with relevant indicators and topics explored in the theoretical framework. The research found that tourism triggered a vigorous expansion of urban space in Porto de Galinhas, reflected in the creation and expansion of commercial enterprises, as well as investments in basic and tourist infrastructure. However, tourist activity also contributed to the crystallization of segregative socio-spatial phenomena, exacerbating socio-economic disparities, especially in peripheral areas.

Keywords: Verticalization; Porto de Galinhas; Urban Expansion; Tourism**.**

INTRODUÇÃO

Para uma melhor compreensão de uma lógica espacial urbana e de sua dinamicidade, é preciso entender a relação dialética entre o espaço produzido pela lógica social e suas significações com o espaço produzido pela vida cotidiana em companhia dos agentes que as vivenciam (CAVALCANTE, 2008, p.106). Com a análise de dados tanto de censos, quanto de imagens de satélites, conseguimos perceber a mudança trazida pela produção espacial, que atende a estruturação padrão das cidades em todo o mundo, padrão este que tende a abrigar o capital. Por tratar-se naturalmente de uma produção contínua, há uma dinâmica interna que se referencia pelos processos de globalização, tratamos então o crescimento urbano como um processo, tendo a cidade como palco de modelagem, esta que é referida pelos interesses de poder e trabalha na transformação do espaço urbano para uma melhor forma de lucrar.

Em cidades que passaram por processos de valorização e pelo processo especulativo, é comum notar marcas de verticalização. O presente trabalho traz uma análise espacial sobre a forma de produção do espaço urbano na orla de Porto de Galinhas, as singularidades da dinâmica espacial fomentada de um

turismo predatório que moldou ao longo dos anos as comunidades em torno. Trabalhando a ideia de totalidade é preciso compreender a realidade dura da divisão de classes e como isso afeta diretamente a dinâmica no lugar, visto que, no fim do século XIX, o território em estudo já era propriedade privada de um senhor de engenho, o Coronel Luiz Cavalcanti de Albuquerque Uchoa. Explícita a herança da ocupação territorial, o espaço era usado para lazer arrendado para colônias de pescadores que cuidavam de seus filhos nas férias, limpavam e cozinhavam (MENDONÇA, 2004).

É preciso levar em consideração as vilas já preestabelecidas, como algumas colônias de pescadores, tendo sua dinâmica totalmente afetada com a chegada do capital imobiliário especulativo, perdendo cada vez mais espaço para as casas grandes, agora às margens de uma bela praia. O processo de transformar o espaço em moeda turística se dá a partir das singularidades qualitativas das praias, as belas piscinas naturais, e um espaço até então pouco denso em relação à população. Trataremos toda a região de entorno como imediatas, são elas as praias de: Cupe, Maracaípe e Muro Alto, respectivamente influenciadas por este polo turístico, comportando aproximadamente 86,5% de toda acomodação de apoio turístico do município de Ipojuca, onde situa-se (SITÔNIO, 2006).

O trabalho irá debruçar-se na análise dos impactos socioambientais da expansão do capital imobiliário especulativo que vem moldando todo o espaço a partir do aumento do turismo. Argumenta-se um crescimento desordenado em espaços urbanos em expansão não planejada, mas há uma dualidade ligada à lógica de produção capitalista que se beneficia tanto do planejamento urbano quanto da falta dele. Os fixos e fluxos são moldados pela localização a partir dos interesses especulativos para grandes empreendimentos, como resorts, hotéis e restaurantes, e suas localizações estão totalmente associadas à combinação dessas forças de mercado e decisões governamentais (SANTOS, 2007).

MATERIAL E MÉTODO

Este estudo busca aprofundar a compreensão da influência do fenômeno turístico na expansão do tecido urbano de Porto de Galinhas, destacando a reconfiguração do espaço territorial local para atender à crescente demanda turística. A pesquisa prioriza a adaptação do local, transformando-o em um polo voltado principalmente para os visitantes.

O delineamento metodológico adotado neste estudo baseia-se em uma abordagem descritiva e analítica. Essa abordagem é caracterizada pela confrontação do referencial teórico empregado com os resultados obtidos por meio de análise de imagens do *Google Earth* sobrepostas a imagens de acervo. Além disso, utiliza-se uma abordagem qualitativa tanto na coleta quanto no tratamento dos dados, utilizando o sistema QGIS. Uma revisão bibliográfica é realizada para proporcionar uma compreensão mais abrangente e aprofundada do fenômeno em questão. Essa combinação de métodos visa fornecer uma análise robusta e fundamentada da interação entre o turismo e a configuração territorial local em Porto de Galinhas.

RESULTADO E DISCUSSÃO

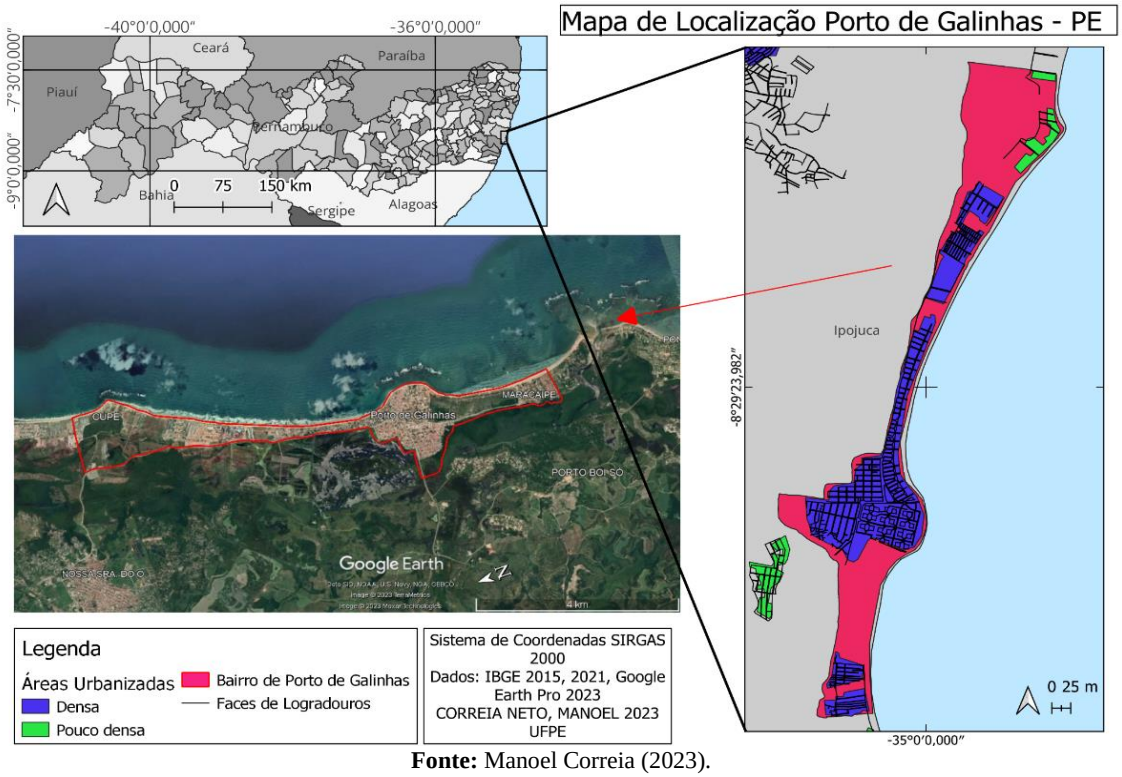
O presente trabalho compreende uma análise iniciada da contextualização histórica da formação territorial de Porto de Galinhas (Figura 1), estritamente necessária para a compreensão da centralidade. A criação de uma demanda específica desenrolada a partir do aumento da procura turística e da procura dos empresários por estabelecer-se no espaço, culminaria em um grande complexo de valorização imobiliária, como escreveu Corrêa (1995), e cascata até os principais impactos socioambientais que organizam internamente a lógica espacial.

Na década de 1950, o Brasil experimentou uma notável fase de transformação impulsionada pela introdução da indústria automobilística, a qual catalisou a implementação de uma extensa infraestrutura viária em todo o país. A conjunção desse desenvolvimento com processos de urbanização e o surgimento de uma classe média estabeleceram um ambiente propício para o florescimento do turismo. Este fenômeno, inicialmente desfrutado não apenas pela elite, mas também pela emergente classe média, encontrou ímpeto significativo, destacando-se o avião e o automóvel como os principais meios de transporte utilizados nesse contexto (França, 2007).

A partir da década de 1980, a atividade turística passou a abranger diversas localidades, especialmente aquelas dotadas de características ambientais propícias ao crescimento desse setor. Nesse

cenário, observou-se o início da ocupação turística das zonas costeiras das capitais do Nordeste. A zona costeira emergiu como área prioritária para a implementação de programas públicos de estímulo ao turismo, destacando-se projetos de infraestrutura dedicados a essa região. Consequentemente, tornou-se a principal via de inserção do turismo brasileiro no mercado turístico global.

Figura 1: Mapa de localização Bairro Porto de Galinhas



Fonte: Manoel Correia (2023).

Com o avanço da urbanização voltada ao turismo nas regiões litorâneas do Nordeste brasileiro, surge uma demanda por segundas residências impulsionada por uma elite social. Esta elite privilegia as áreas costeiras como destino principal para atividades de lazer, além de serem palco para o desenvolvimento da indústria hoteleira. Dessa forma, as zonas litorâneas experimentam um processo acentuado de urbanização que pode ser observada na comparação temporal de imagens de acervo (Figura 2 e 3), caracterizado principalmente pela edificação de infraestruturas urbanas, tais como rodovias, fornecimento de energia elétrica e saneamento, bem como pela criação de estabelecimentos de hospedagem, incluindo pousadas, hotéis e resorts.

Figura 2: Porto de Galinhas (1964)

Fonte: Acervo F. Laborel e Google Earth.

Figura 3: Porto de Galinhas (2014)

Fonte: Acervo F. Laborel e Google Earth.

Explorando esse viés, a região costeira de Pernambuco emergiu como um atrativo para o setor turístico, destacando-se sua notável biodiversidade e a relação custo-benefício favorável. No entanto, Porto de Galinhas ascendeu como um ícone representativo do Estado, constituindo-se como cartões postais. Dessa forma, a localização estratégica desses destinos amplifica a demanda, orientando, assim, a oferta turística. Em depoimento o Sr. Elpídio, nativo porto-galinhense, para Mendonça (2004), conta que a primeira escola no local com aulas ministradas pela professora Ângela não existe mais, e em seu lugar está localizado o Restaurante Peixe na Telha (Figura 3), grande receptor de turistas, com seus pratos caros atrativos à elite que hoje visita e reside a praia.

Figura 4: Mapa de localização Restaurante Peixe na Telha

Fonte: Manoel Correia (2023).

Nesse contexto, a verticalização observada ao longo do litoral nordestino apresenta nuances particulares na relação entre os espaços turísticos e os residentes locais. Um exemplo claro desse dinamismo urbano turístico é o município de Porto de Galinhas, em que esse processo de urbanização implica a possibilidade de desenvolvimento socioeconômico. No entanto, por outro lado, a construção de empreendimentos turísticos de grande porte, como resorts e flats, ao longo do tempo, restringe o acesso dos moradores a seu próprio território. Este fenômeno resulta em uma segregação espacial, em que o espaço, simultaneamente campo de produção, se reproduz como um produto mercadológico, influência direta dos fluxos à organização espacial feita pela classe dominante, sendo esta produção espacial fruto do processo de acumulação, especialmente evidente na orla das mencionadas praias, caracterizada por seus paredões urbanizados (CORRÊA, 1995).

A busca de turistas e residentes resultou na proliferação significativa de empreendimentos, predominantemente em regiões designadas como empreendimentos turísticos imobiliários (ETIs). Desde resorts e flats até condomínios fechados, essas estruturas conquistaram a preferência da população de maior poder aquisitivo. Uma questão transversal que permeia tais empreendimentos é a implementação frequentemente desprovida de harmonização com as normas territoriais locais, considerações ambientais e legislações federais. Desta forma, é observável a diversidade nas formas de ocupação das faixas de areia em Porto de Galinhas. A construção ao longo da faixa costeira frequentemente resulta na apropriação substancial do espaço público, deixando uma estreita faixa para pedestres, por vezes inexistente, e comprometendo a sombra ao longo da orla devido às fileiras de edificações adjuntas.

A análise compreende que a lógica de localização e expansão urbana está totalmente ligada aos avanços do capital em toda a orla, esta que, por sua vez, está dentro do processo de valorização especial, uma valorização estimulada através do valor dado à natureza. Visto que no apanhado histórico os grandes empreendimentos vieram apagando toda a população nativa, formando grupos sociais precariamente incluídos, a configuração age a primeira análise como um território onde os padrões

globalizantes e os interesse de poder tramitam com mais intensidade, mas o que se pode observar também é como os agentes produtores deste espaço são desvelados das preocupações socioambientais, visto que os impactos dessa despreocupação os beneficiam, como bem escreveu Santos (2007, p. 141),

> [...]O número avultado e a extensão de movimento diários "organizam" na anarquia da produção capitalista, segundo a qual a localização de fixos de ordem econômica e social está subordinada à lei de lucro, muito mais que a eficiência social. A distância entre a moradia dos pobres e seu lugar de trabalho tem a mesma explicação e o mesmo resultado, do mesmo modo que a localização de atividades econômicas complementares.

A configuração de um zoneamento onde os trabalhadores, muito deles nativos, que vêm do bairro de Nossa Senhora do Ó, Merepe e da comunidade Salinas, perdem cada vez mais espaço para os grandes empreendimentos imobiliários, ao mesmo que se aglomeram nesse espaço que vem diminuindo, em busca de oportunidades de empregos nas praias e entorno, onde os interesses atuam como produtores do espaço, assim como bem descreveu Castilho (2018, p. 15),

> As ações realizadas no sentido da produção do espaço urbano contradizem as aludidas normas. [...] uma vez que está inserida numa dinâmica neoliberal em que prevalecem os interesses do setor imobiliário, em grande medida. Portanto, estes atores são os que fazem às vezes do Estado na organização do território, resultando numa crescente "privatização" do espaço [...] desconstruindo muitas das diretrizes trazidas pelas leis.

Configurando então o turismo predatório como principal vetor para a expansão urbana, o que há é a segregação e auto-segregação da elite que ocupa as orlas, a compreensão de que os grandes empreendimentos são ferramentas para manter os hotéis, resorts e restaurantes em consenso com as práticas de exploração trabalhistas que cada vez mais trazem os grupos sociais excluídos para a produção de favelas no entorno da valorização, comunidades como Salinas, que sofre com a valorização ao seu redor e vê-se ameaçada, ao ponto que vai avançando cada vez mais para o mangue que a cerca. A grande tendência, e o que observamos ao longo da história do polo turístico da área de estudo, é a substituição da população nativa por grandes flets, verticalizando para caber sempre mais turistas e novos moradores, os que conseguirem pagar os aluguéis ou comprar os imóveis. A construção de grandes complexos de resorts continua e a falta de planejamento voltado à população nativa agravam a situação, criam cada vez mais desigualdade e abrem brechas para a violência e o crime organizado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria turística, como catalisadora de transformações em diversas esferas, desde urbanas até socioeconômicas, exerce uma influência marcante em locais como Porto de Galinhas, onde a introdução do turismo desencadeia uma metamorfose significativa na urbanização, dinâmica populacional e contexto socioeconômico. O que outrora era uma modesta vila de pescadores, em meros quatro décadas, se metamorfoseou em um dos destinos turísticos mais proeminentes de Pernambuco, distanciando-se muitas vezes de seus traços recentes.

É imperativo distinguir crescimento e expansão de desenvolvimento. O turismo, enquanto impulsionador do processo de expansão urbana, deve primordialmente direcionar sua contribuição para os residentes, enfocando aprimoramentos na infraestrutura básica, como saneamento, saúde e transporte. Nota-se, entretanto, que Porto de Galinhas, embora se destaque como destino turístico, ainda carece de investimentos substanciais em sua infraestrutura.

No contexto da urbanização, a proximidade do Complexo Portuário de Suape e Porto de Galinhas emerge como um novo agente impulsionador da urbanização, com investimentos em residências para os profissionais associados a esse complexo e a supervalorização imobiliária para a classe A, gerando efeitos socioeconômicos e urbanos tanto benéficos quanto prejudiciais.

Enquanto o turismo propicia vantagens para uma parcela da população residente em Porto de Galinhas, uma parte significativa migra para áreas periféricas. Nesse cenário, medidas devem ser implementadas para mitigar tais disparidades, cruciais não apenas para a equidade social, mas também para o próprio desenvolvimento sustentável do turismo.

Neste contexto, um planejamento urbano e turístico perspicaz pode favorecer a atividade turística na Vila de Porto de Galinhas, mediante a avaliação e controle das atividades e seus impactos, visando a redução do processo de expansão e preservação da cobertura vegetal. Tal abordagem concilia a preservação dos recursos naturais, fundamentais para atrair visitantes, com a expansão urbana e o desenvolvimento econômico, proporcionando contribuições socioeconômicas abrangentes, sobretudo à comunidade local receptora. Essas ações se revelam fundamentais para a sustentabilidade a longo prazo do turismo em Porto de Galinhas, promovendo benefícios para todos os seus intervenientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTILHO, Cláudio. Desenvolvimento - uma questão ainda pertinente? **Sociedade e Território**, 2020.

CAVALCANTE, Ligia. **Geografia Escolar e da Cidade**. São Paulo: Editora Contexto, 2010.

CORRÊA, R. L. O Espaço Urbano. 3º Ed. São Paulo: Editora Á, 1995.

FRANÇA, Ana Lúcia Gonçalves de. **O turismo em Porto de Galinhas – PE: políticas de desenvolvimento e o desafio da sustentabilidade.** Dissertação de Mestrado, UFPE. Recife, 2007.

MENDONÇA, Luis. **A Invenção de Porto de Galinhas. Recife:** Editora Persona, 2004.

SANTOS, Milton. **METAMORFOSES DO ESPAÇO HABITADO, fundamentos Teórico e metodológico da geografia.** Hucitec.São Paulo, 1988.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção.** 4ª ed. São Paulo: Edusp, 2006.LENCIONI, Sandra. ABC do Desenvolvimento Urbano. São Paulo: Editora Contexto, 2008.

SITÔNIO, Patrícia. **Desenvolvimento Local e Turismo no Pólo de Porto de Galinhas–PE.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). FAU-UnB, Brasília, 2006.

ANÁLISE TEMPORAL DA PRAIA DA PIPA – ESTUDO DE CASO DA AMPLIAÇÃO URBANA EM APA NO DISTRITO DA PRAIA DA PIPA TIBAU DO SUL-RN.

Mona Grimouth Bittar [(a)], Samuel J. A. Moes[(b)]

[(a)]Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco, monagbittar@gmail.com
[(b)]Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco, moes.samuel@gmail.com

Resumo: A produção de informações sobre expansões urbanas é essencial para uma efetiva gestão das políticas públicas implementadas nas comunidades e regulação da especulação imobiliária. O objetivo deste estudo é evidenciar, a partir do uso de tecnologias de geoprocessamento, as mudanças de paisagem que ocorreram nos últimos dez anos na praia da Pipa - RN. Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizados dados matriciais do Google Earth Pro, para demarcação do território e para as imagens do uso e cobertura do solo, usando escala temporal entre 2013 e 2023. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI); Índice de Umidade de Diferença Normalizada NDM; e imagem de infravermelho de ondas curtas - short-wave infrared (SWIR), foram extraídos através do Sentinel Hub Playground da Agência Espacial Europeia. A partir das informações espaciais foi possível realizar a análise dos índices, mostrando como está atualmente a cobertura do solo, quantidade de água nas plantas e no solo e o adensamento urbano.

Palavras-chave: Expansões urbanas; Geoprocessamento; Índices; e Políticas públicas.

Abstract:
The production of information on urban expansion is essential for the effective management of public policies implemented in communities and the regulation of real estate speculation. The aim of this study is to show, using geoprocessing technologies, the landscape changes that have taken place over the last ten years on Pipa beach - RN. For the development of this study, matrix data from Google Earth Pro was used to demarcate the territory and for the images of land use and land cover using a time scale between 2013 and 2023. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Moisture Index (NDM) and short-wave infrared (SWIR) images were extracted from the European Space Agency's Sentinel Hub Playground. Based on the spatial information, it was possible to analyze the indices, showing the current state of land cover, the amount of water in plants and soil and urban densification.

Keywords: Urban expansion; Geoprocessing; Indices; and Public policies.

INTRODUÇÃO

O efeito da interferência antrópica ao longo dos anos mudou a paisagem e o cotidiano das pessoas, nos grandes centros urbanos ou nos bairros mais afastados do centro, seja no aspecto visual ou físico. A urbanização é um processo da modernidade e consequentemente traz à população adaptações de outros lugares, de modo a cumprir o papel de agregar a infraestrutura necessária para atender o desenvolvimento. Entretanto, esse papel pode ter designação através da legislação e instrumentos que ajudem na caracterização da área.

O planejamento de urbanização de cidades pequenas e médias, afetadas por atividades turísticas, que se proponha mitigar problemas urbanos e ambientais utilizando os conceitos de soluções baseadas natureza, inovação e sustentabilidade, é uma das formas de se indicar meios para a revitalização e criação de espaços públicos, recuperação de áreas degradadas, tratamento de resíduos sólidos e líquidos, com foco em promover a segurança hídrica e bem estar da população local. Para tal, é de grande importância conhecer os aspectos físicos, sendo o geoprocessamento um aliado para diagnóstico das áreas urbanizadas.

As áreas litorâneas do Estado do Rio Grande do Norte, onde há uma predominância de pequenas cidades, vêm passando por mudanças significativas do ponto de vista espacial. Tais mudanças, estão associadas ao crescimento e expansão da atividade turística (GOMES, 2006). Segundo Veiga e Silva

(2004), a alocação de áreas para determinadas atividades, como as relacionadas ao turismo, pode causar impactos ambientais, sociais e econômicos importantes e irreversíveis.

Este artigo tem como estudo de caso o Distrito Praia da Pipa, pertencente ao município de Tibau do Sul - RN, em que ocorre um processo de expansão urbana irregular que ocasiona, principalmente, a remoção da vegetação, consequentemente aumentando a declividade nas falésias, problemas de drenagem e risco de processos de erosão natural. O município de Tibau do Sul possui grande quantidade de recursos naturais disponíveis que exercem papel de importância econômica para diversos setores. No entanto, o município vem sendo afetado de forma crescente pelo uso desordenado do solo, desmatamento e degradação das paisagens, consequência da instalação de empreendimentos empresariais que influenciam na desarticulação das comunidades nativas e descaracterização da área (SILVA E OLIVEIRA, 2013).

Dessa forma, é um grande desafio deste município assegurar sua sustentabilidade, de maneira a conciliar seu desenvolvimento socioeconômico com o equilíbrio ambiental, e neste sentido o planejamento urbano é uma ferramenta importante, uma vez que facilita a preservação da água doce, a conservação do solo e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

MATERIAIS E MÉTODOS

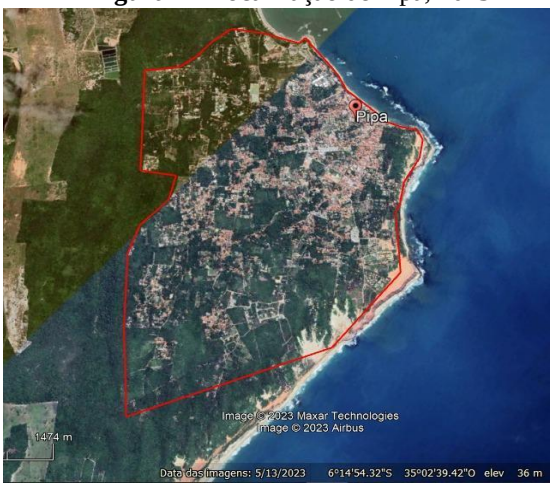
Esta pesquisa foi realizada sob fundamentação de consultas de artigos científicos, periódicos, legislação estadual e federal. Foram utilizados dados matriciais do Google Earth Pro, para delimitação da área de estudo e para as imagens do uso e cobertura do solo usando escala temporal entre 2013 e 2023. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Umidade de Diferença Normalizada (NDMI) e imagem de infravermelho de ondas curtas - short-wave infrared (SWIR), foram extraídos através do Sentinel Hub Playground da Agência Espacial Europeia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A praia da Pipa é um dos distritos do Município de Tibau do Sul - RN, possui 681,00 ha e é um grande potencial turístico devido suas belezas naturais, atraindo, além de turistas, investidores imobiliários. A região vem sofrendo pressão com a ocupação imobiliária desorganizada já há alguns anos, que aliada a erosão costeira ocasionou sérios impactos ambientais, como desastres naturais nas bordas das falésias.

A partir da Figura 1 e da Figura 2, que mostra imagens da região da Praia da Pipa no ano de 2023 e 2013, respectivamente, é possível perceber que a paisagem mudou drasticamente nos últimos dez anos. As ocupações urbanas ocorreram em sua maioria de forma irregular e impactam de forma negativa a disponibilidade e qualidade da água e a drenagem urbana, além de aumentar a geração de resíduos sólidos e o risco de contaminação do solo com efluentes não tratados.

Figura 1 - Localização de Pipa, 2013



Fonte: Google Earth Pro (2023).

Figura 2 - Localização de Pipa, 2023

Fonte: Google Earth Pro (2023).

Segundo o Habitat para a Humanidade (2023), o crescimento urbano acarreta na necessidade de recursos para manutenção de toda a cadeia de infraestrutura, como saneamento, energia, hospitais, transporte público e outros; na fauna e flora; e nas questões sociais da comunidade. A ocupação irregular deixa o município predisposto a não atender a população de forma abrangente e com qualidade, sendo necessárias políticas públicas que minimizem os impactos da expansão urbana desordenada.

A Praia da Pipa possui um histórico de expansão irregular, a grilagem de terras foi frequente por muitos anos, tanto por falta de fiscalização como por falta de regulação e legislação de ordenamento territorial. No ano de 2008 foi criada a Lei Complementar n° 06 de 30 de dezembro de 2008, que dispõe sobre o plano diretor participativo de Tibau do Sul, sendo o principal instrumento da política de desenvolvimento urbano, social, econômico, cultural e de proteção ambiental, determinante para os agentes públicos e privados que atuam ou residem no Município. Neste mesmo ano também foi criado o Código de Meio Ambiente, que visa a proteção do patrimônio ambiental; as garantias que conferem cidadania e oportunidades de uma vida saudável para as atuais e futuras gerações; o uso racional e responsável dos recursos naturais para o alcance do desenvolvimento sustentável do município e a delimitação dos deveres, direitos e obrigações de ordem pública e privada concernentes à consecução desses objetivos (TIBAU DO SUL, 2008).

O município de Tibau do sul, o qual a praia da Pipa está inserida, é uma Área de Proteção Ambiental (APA) Bonfim-Guaraíras desde 1999, o que influencia diretamente na regularização dos zoneamentos urbanos do distrito. Segundo Pierri (2008), a região apresenta áreas com cobertura de vegetação nativa primária ou em estágio regenerativo, vegetação de dunas (gramíneas, vegetação incipiente próxima à praia), vegetação de restinga (arbustiva de pequeno porte, recobrindo o tabuleiro costeiro ou as dunas recuadas) e vegetação de mata atlântica em diferentes estágios (arbustiva de médio e grande porte, recobrindo o tabuleiro costeiro, porções de ante-duna e ciliares em canais fluviais). Em relação aos recursos hídricos, o município de Tibau do Sul possui 44,28% de seu território inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Catú, 36,6% nos domínios da bacia do Rio Jacú e 19,12% nos domínios da faixa litorânea leste, de escoamento difuso. O principal corpo de acumulação de águas é a Laguna Guaraíra (BRASIL, 2005).

Este município se caracteriza por um trecho oceânico e outro lagunar e também pela ocorrência de planícies formadas por sedimentos terciários e quaternários depositados predominantemente em ambiente marinho, continental ou transicional. Frequentemente essas planícies estão associadas à desembocadura de grandes rios e reentrâncias na linha da costa, como a Laguna Guaraíra, e estão intercalados por falésias e costões rochosos de idade pré-cambriana, (BRASIL, 2005). Os principais fatores que influenciam na caracterização climática da área estão relacionados à sua localização geográfica. O clima da região caracteriza-se como subúmido, com uma temperatura média anual de

26°C e uma umidade relativa anual de 74%. Os meses de maior pluviosidade são abril e julho (IDEMA, 2003).

Para visualizarmos o ambiente urbano no meio da zona de proteção ambiental, utilizamos a plataforma Sentinel Playground devido à facilidade de acesso às imagens disponíveis pela Agência Espacial Europeia (ESA). O sensor SAR *(SYNTHETIC APERTURE SATELLITE)* está presente nos satélites 1A, 1B, 2A e 2B. O radar tem suporte para polarização com uma resolução espacial de 5 metros e resolução radiométrica de 10 bits. No Quadro 1 estão as configurações do equipamento utilizado para visualização dos índices (NDVI) no sensor SAR.

Quadro 1 - Configuração do Sentinel.

Satélite	Sentinel 2-A	Sentinel 2-B
Lançamento	23/06/2015	07/03/2017
Situação atual	Ativo	Ativo
Órbita	polar, heliossíncrona	polar, heliossíncrona
Altitude	786 km	705 km
Tempo de duração de órbita	97,2 min	s.d.

Fonte: Autores (2023).

Nas Figuras 3, 4, 5 e 6 contém as imagens que correspondem aos índices NDVI, NDMI, SWIR e NDWI.

Figura 3 - Imagem sem tratamento

Fonte: Autores (2023).

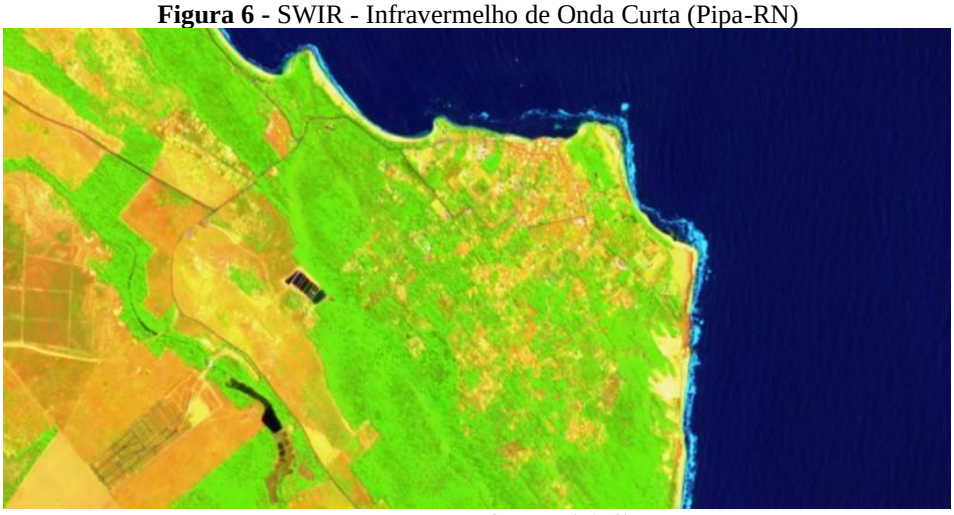
Figura 4 - NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Pipa-RN)

Fonte: Autores (2023).

Figura 5 - NDMI - Índice de Umidade de Diferença Normalizada (Pipa-RN)

Fonte: Autores (2023).

Figura 6 - SWIR - Infravermelho de Onda Curta (Pipa-RN)



Fonte: Autores (2023).

A composição das imagens foi gerada a partir da realização da composição descrita no site do Sentinel Hub Playground, no Quadro 2 estão descritos as fórmulas e/ou composições para geração de imagens.

Quadro 2 - Composição e fórmulas para obtenção dos índices

Imagem	Índice	Fórmula ou Composição
4	NDWI	(B8-B4)/(B8+B4)
5	NDMI	(B8-B11)/(B8+B11)
6	SWIR	B12, B8A, B4

Fonte: Autores (2023).

Nas imagens apresentadas, podemos identificar a amplitude das construções ao longo de mais de 10 anos, com aplicação do índice NDVI (figura 4), observamos que a vegetação perdeu uma parcela de área, que corresponde a 30,41 ha, devido a interferência antrópica, geralmente este índice é aplicado para quantificar a vegetação verde. O índice NDMI (figura 5) é frequentemente usado como sinônimo do índice NDWI, pois utiliza as bandas NIR+SWIR para verificação de umidade nas copas da vegetação, neste caso a imagem obtida revela uma área composta por vegetação arbustiva de médio porte, seguido de construções dispersas em algumas áreas e aglomeradas em outras. O índice SWIR (figura 6) é utilizado para estimar a água presente no solo e nas plantas, entretanto, áreas recentemente queimadas podem ser monitoradas com este índice, pois refletem fortemente, conforme descrito pelo Sentinel Hub, este indicador pode ser útil para monitorar focos de incêndio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os meios urbanos brasileiros têm se caracterizado por um desenvolvimento que deixa de integrar o meio ambiente e o meio urbano, afetando de forma direta a oferta de água para uso ou consumo humano e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Para abordar esses desafios, muitas áreas costeiras, incluindo a Praia da Pipa, estão adotando medidas de planejamento urbano sustentável e regulamentações para controlar o crescimento desordenado e proteger os recursos naturais. Isso pode incluir a criação de zonas de conservação bem definidas, limitações à construção em áreas sensíveis, incentivos para práticas de construção sustentável e a promoção do turismo responsável, sendo importante a implementação de políticas públicas que ajudem a equilibrar o desenvolvimento turístico e a conservação ambiental, para garantir que a Praia da Pipa continue sendo preservada e que a comunidade local não perca seus direitos. Mesmo a região tendo plano diretor e código de meio ambiente, que visam cessar expansões irregulares e impactos ambientais, ainda há territórios que estão sendo apropriados de forma irregular.

Falcão (2017) cita Criado e Piroli (2012), e ressalta que as imagens de satélite e fotografias aéreas, dentre outras obtidas através do sensoriamento remoto, facilitam a identificação dos tipos de uso da terra, além de que a diferença temporal de imagens do mesmo local permite o acompanhamento das transformações dos tipos de uso da terra ao longo do tempo registradas nas imagens. Os melhoramentos tecnológicos trouxeram avanços na obtenção de imagens com melhor qualidade e resolução e no modo de processar as mesmas, sendo possível a produção de aplicativos mais complexos e com melhor custo-benefício, alguns até mesmo com distribuição gratuita.

Em dez anos as invasões reduziram a vegetação nativa. O Parque Estadual da Pipa foi criado em 2006, tendo como principal objetivo a preservação da Mata Atlântica remanescente na área, possibilitando a realização de pesquisas científicas, incentivando atividades e o turismo ecológico. A criação de parques e o zoneamento territorial são políticas públicas que auxiliam na preservação do meio ambiente, no entanto, ainda assim não são suficientes sem a fiscalização e controle de novas construções. As especulações imobiliárias vêm colocando em risco paisagens como a do Chapadão da Pipa, afetando a flora e fauna da região e o bem-estar da comunidade local.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua o apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Decreto nº 19.341/2006. **Dispõe sobre o parcelamento da Unidade de Conservação da área de Proteção Ambiental – APA BONFIM/GUARAÍRAS. Criada pelo Decreto Estadual Nº 14.369/1999, no Parque Estadual da Mata da Pipa - PEMP**. 2006. Disponível em:http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000016367.PDF. Acesso: out. 2023.

FALCÃO, L. C.; SANTOS, I. K. S. A. R.; SILVA, T. G. N.; SILVA, I. D. C.; SANTOS, J. R. N. **A Aplicação de Ferramentas do Geoprocessamento para a Gestão de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim- Ma**. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Econômico e do Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Diagnóstico e Vulnerabilidade Ambiental dos Estuários do Litoral Oriental do RN. Natal: IDEMA, 2003.

PIERRI, Guilherme Cherem Schwarz. **Análise de risco a erosão costeira na região de Tibau do Sul/RN, através de mapeamento geoambiental e análises morfodissemica.** 2008. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica e Geodinâmica) – UFRN, Natal – RN. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/18739/1/GuilhermeCSP.pdf/. Acesso em: 29 set. 2023.

TIBAU DO SUL. Código de Meio Ambiente. Lei Municipal n° 383 de 31 de dezembro de 2008. **Dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente e o Código do Meio Ambiente do Município de Tibau do Sul e cria o Sistema Municipal de Meio Ambiente.** Disponível em: https://www.tibaudosul.rn.leg.br/leis/lei-ordinaria-municipal/lei-municipal-no-383-de-31-de-dezembro-de-2008. Acesso: 01 out. 2023.

TIBAU DO SUL. Lei Complementar n° 06 de 30 de dezembro de 2008. **Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Tibau do Sul e dá outras providências.** Disponível em:https://www.tibaudosul.rn.leg.br/leis/leis-complementares/lei-complementar-no-006-de-30-de-dezembro-de-2008. Acesso: 01 out. 2023.

A REVITALIZAÇÃO DA PRAIA DE IRACEMA EM FORTALEZA/CE: O GOOGLE EARTH PRO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE DAS MUDANÇAS DA PAISAGEM DA ZONA COSTEIRA

José Lucas Marques Albuquerque 1[(a)], Fábio Perdigão Vasconcelos 2[(b)], Vitoria Ferreira de Souza 3[(c)]

[(a)]Centro de Ciências e Tecnologias - CCT, Universidade Estadual do Ceará, lucasmarques.lm922@gmail.com
[(b)]Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, fabio.perdigao@uece.br
[(c)] Centro de Ciências e Tecnologias - CCT, Universidade Estadual do Ceará, vitoriahsouza64@gmail.com

Resumo: A praia de Iracema é conhecida por sua importância histórica e cultural, sendo um local emblemático para os turistas e moradores locais. No entanto, ao longo dos últimos anos a área enfrentou desafios relacionados à infraestrutura e segurança, além da sua preservação ambiental. Nos últimos 20 anos a praia de Iracema já recebeu três grandes projetos de requalificação da faixa de areia que sofre com os processos erosivos da região. Dessa forma, busca-se compreender as principais transformações na paisagem da orla da praia de Iracema por meio de imagens de alta resolução espacial, por meio do software de coleta *Google Earth Pro*, permitindo uma leitura da evolução temporal da paisagem litorânea. Portanto, foi possível observar os reflexos do uso e ocupação do litoral, o que resultou em um crescimento exponencial dos equipamentos públicos, crescimento imobiliário impulsionado pelo turismo de sol e mar e atuação mais intensa dos processos erosivos.

Palavras-chave: Erosão; Paisagem costeira; Uso e Ocupação.

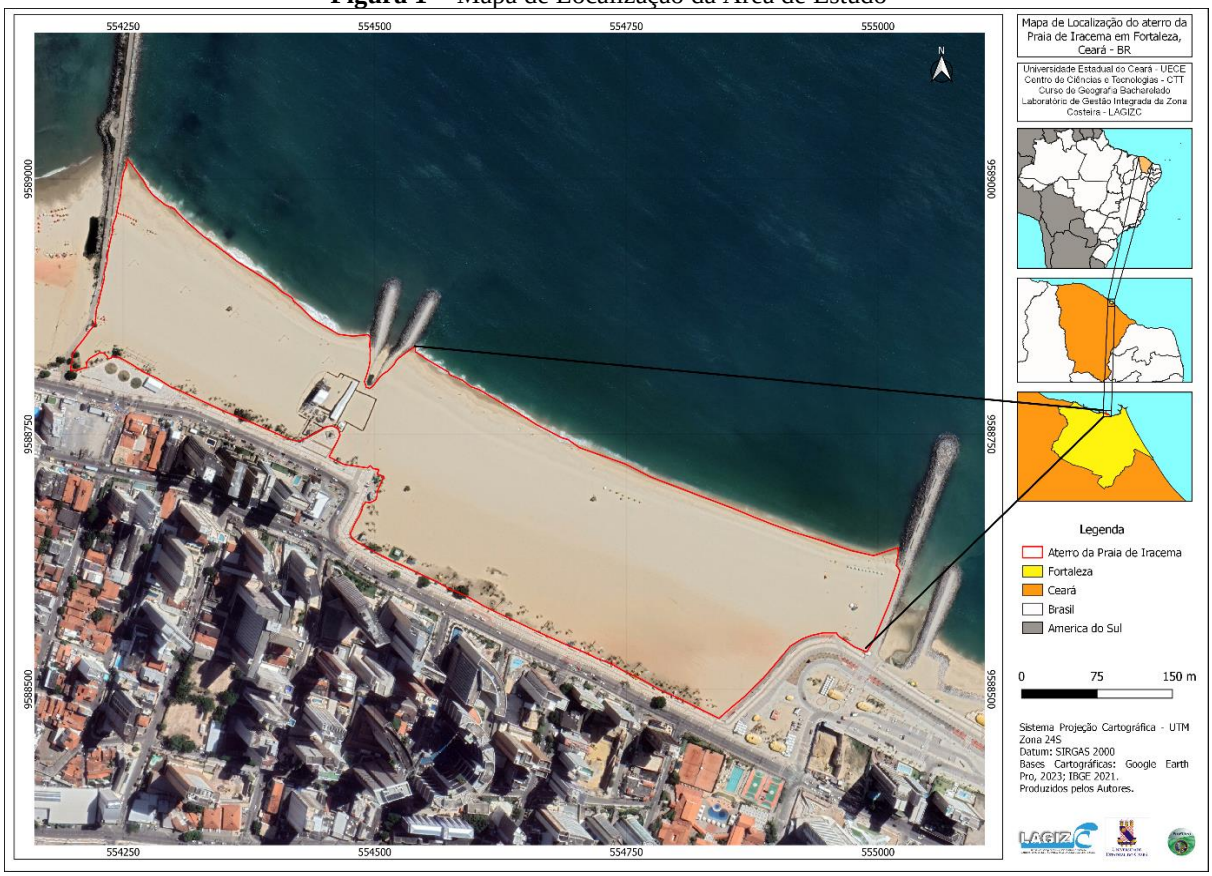
Abstract: Iracema beach is known for its historical and cultural importance, being an emblematic place for tourists and local residents. However, over the last few years the area has faced challenges related to infrastructure and security, in addition to its environmental preservation. In the last 20 years, Iracema beach has already received three major projects to requalify the strip of sand that suffers from erosion in the region. In this way, we seek to understand the main transformations in the landscape of the Iracema beachfront through high spatial resolution images, using the Google Earth Pro collection software, allowing a reading of the temporal evolution of the coastal landscape. Therefore, it was possible to observe the effects of the use and occupation of the coast, which resulted in an exponential growth in public facilities, real estate growth driven by sun and sea tourism and a more intense effect of erosion processes.

Keywords: Erosion; Coastal Landscape; Use and Occupation.

INTRODUÇÃO

A zona costeira é o espaço delimitado pela interface entre o oceano e a terra, sendo a faixa terrestre que recebe influência marítima e a faixa marítima que recebe influência terrestre. Portanto, é a unidade territorial que vai desde o limite da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) até o limite terrestre afetado pelo clima marítimo (RODRIGUEZ; WINDEVOXHEL, 1998). A zona costeira de Fortaleza é uma área sob maior estresse ambiental, devido à excessiva exploração de seus recursos naturais, uso desordenado do solo e interferências no ciclo dinâmico costeiro, resultando na desconfiguração de todo o ambiente litorâneo (VASCONCELOS, 2005). A praia de Iracema (figura 1) é conhecida por sua importância histórica e cultural, sendo um local emblemático para os turistas e moradores locais. No entanto, ao longo dos últimos anos a área enfrentou desafios relacionados à infraestrutura e segurança, além da sua preservação ambiental diante das mudanças ocorridas no litoral de Fortaleza.

Figura 1 - Mapa de Localização da Área de Estudo



Fonte: Autores (2023).

O uso e ocupação do solo do litoral de Fortaleza se tornou cada vez mais intenso a partir da urbanização da zona litorânea na década de 70, por meio de novas práticas marítimas quanto à utilização da orla, que foi muito influenciada pela prática do veraneio na qual ofertava os espaços litorâneos como principal atração (DANTAS, 2020). A partir dos anos 80, Fortaleza requalificou a avenida beira-mar, ampliando a construção dos polos de lazer, iniciando o processo de verticalização da zona leste do litoral em função da especulação imobiliária, atendendo sobretudo a demanda externa do turismo por intermédio dos setores loteadores que vão atender a demanda de veranistas (VASCONCELOS, P.A, 2020).

A partir de 1940, a construção do Porto do Mucuripe criou uma barreira abrupta ao sistema de transporte de sedimentos, afetando consideravelmente a linha de costa das áreas adjacentes, sendo determinante para a evolução costeira desses litorais. A modificação da modelagem da costa litorânea de Fortaleza foi intensificada pelas intervenções antrópicas que ocorreram por meio da construção de molhes e estruturas de enrocamento paralelos e perpendiculares à faixa praial, além da ocupação das dunas e, consequentemente, à interrupção do transporte de sedimentos para a faixa de praia, tanto pela deriva do litoral quanto pelo *by pass* eólico. O porto do Mucuripe representa a estrutura de maior relevância no litoral de Fortaleza, construído por necessidades de caráter econômico no que se refere a zona costeira da capital.

A erosão costeira levou a prefeitura de Fortaleza a fazer diversas intervenções no litoral para atenuar os processos dinâmicos que se reproduziam com o recuo da linha de costa. No início dos anos 2000, Fortaleza introduz uma série de intervenções no litoral, partindo da construção do aterro da praia de Iracema e com a instalação de estruturas perpendiculares a linha de costa em direção da margem oeste da capital, optando pela requalificação dessas praias por meio dos processos naturais influenciados pelos espigões que protegem a praia dos processos erosivos e permitem a deposição sedimentar.

Em 2019, a prefeitura finaliza a última requalificação da praia de Iracema, onde houve um acréscimo de 40 metros de faixa de areia, somados ao existente (cerca de 80 m), a faixa de areia totalizou cerca de 120 metros. A requalificação também resultou na reformulação das estruturas públicas,

favorecendo as instalações privadas da região. Desde a década de 1970, as técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo amplamente difundidas como mecanismo alternativo e de grande eficiência para o levantamento de imagens de locais que passam por mudanças significativas no seu ambiente (STOCKER *et al.*, 2015), com o uso de fotografias aéreas, e desde o início do ano 2000 com imagens de satélites com grande resolução espacial.

As mudanças ocasionadas pelo uso do litoral são facilmente observadas pelas imagens coletadas pelos sensores espaciais, como as imagens disponíveis na plataforma do Google Earth™(GE). As imagens de satélites permitem observar as principais transformações na paisagem de forma mais ampla, por permitirem a possibilidade de sequenciá-las para obter uma escala temporal, possibilitando uma visualização ainda mais ampla da dinâmica, no tocante às mudanças dos ambientes naturais ou já artificializados. As ferramentas de SIG como o Google Earth Pro permitem o monitoramento da evolução temporal de paisagens urbanas, da evolução da linha de costa e o monitoramento de florestas e paisagens naturais ameaçadas, visto a facilidade e gratuidade para sua utilização.

O gerenciamento dos espaços litorâneos, por intermédio das imagens de satélites, tornou-se fundamental para a análise da evolução da paisagem. Desse modo, esta pesquisa propõe-se a investigar e relacionar as principais mudanças no litoral da praia de Iracema a partir do início dos anos 2000 até 2019, ano do último projeto de requalificação executado. As ferramentas de SIG possibilitam uma avaliação multitemporal das modificações da paisagem em função do alto grau de precisão e detalhes das imagens (FARIAS E.G.G ; MAIA L.P, 2010).

MATERIAIS E MÉTODOS

O passo a passo metodológico se dividiu em três etapas. A primeira etapa do trabalho iniciou-se com levantamento bibliográfico acerca dos últimos 20 anos da área de estudo. Para compreender essa escala temporal de mudanças da paisagem local, foram levantados monografias, teses e artigos que norteassem as principais mudanças a cada intervenção da prefeitura do município na praia de Iracema, além de possibilitar o levantamento histórico da região. Os dados disponibilizados pelas redes de comunicação local também foram fundamentais para o levantamento de informações acerca dos principais impactos por intermédio da percepção dos visitantes.

A segunda etapa desse trabalho ocorreu com o levantamento de imagens de satélite por meio do software Google Earth Pro, utilizando a ferramenta de escala temporal disponibilizada pelo próprio SIG ajustado em um período que compreende os anos de 2003 até 2023. As imagens disponibilizadas no Google Earth Pro permitem uma visualização espacial com boa qualidade de detalhes a partir de 2003, possibilitando uma análise temporal de 20 anos da área de estudo.

As imagens passaram pelo tratamento de georreferenciamento de multipontos em Sistema de Coordenadas UTM – zona 24S através do software *QGIS v. 2.28*, no qual foi utilizada a ferramenta de "georreferenciador Gdal". Foram cerca de 10 imagens coletadas, as quais foram utilizadas como parâmetros para compreender a modificação e as novas infraestruturas construídas nas proximidades da praia. Destacam-se as obras de infraestruturas públicas (calçadão, espigões e aterros) e as de cunho privado (barracas, quiosques, condomínios).

A terceira etapa foi construída por meio de uma visita de campo para obtenção de fotografias mais recentes das últimas intervenções de requalificação da praia de Iracema que estão ocorrendo no presente. As imagens obtidas pela Google Earth Pro possibilitaram a construção do mapa de identificação da área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O USO E OCUPAÇÃO DO LITORAL: OS REFLEXOS DA CONSTRUÇÃO DO PORTO DO MUCURIPE NAS PRAIAS DE FORTALEZA

As regiões litorâneas, como aspecto geográfico, são de grande importância para a sociedade moderna (MORAES, 1999). O Brasil vem estimulando a ocupação da zona costeira brasileira a partir de duas lógicas: uma delas refere-se a desenvolver áreas portuárias e a outra está ligada à beleza cênica,

que responde ao desenvolvimento do turismo. Esse estímulo se materializa em forma de infraestrutura para a ocupação e disposição dos equipamentos (MORAES, 1999). Segundo Panerai (1983), a análise da ocupação urbana ocorre costumeiramente apenas em um nível muito generalizante, sob a ótica do ordenamento do território ou em um nível muito concreto, trabalhando exclusivamente com o edifício, o habitat ou os equipamentos, contudo, essa análise deve ocorrer de forma ainda mais ampla, visto que há diversos agentes que compõe o espaço.

De acordo com Panerai (1983), os estudos sobre os fenômenos de crescimento, permitem uma análise morfológica diante de uma visão que engloba os ambientes com grandes volumes de atores urbanos, suas extensões e densificações, nas quais o estudo do crescimento resultam em algumas amostragens sobre o espaço. O processo de expansão urbana está vinculado aos processos intrínsecos das relações humanas, sejam elas socioeconômicas ou sociopolíticas (LOPES, E.B et al.,2021).

A valorização dos espaços litorâneos de Fortaleza é resultante do que o turismo da região pode proporcionar e seus desdobramentos quanto à economia municipal, visto que os fortes atrativos do turismo de praia e sol são os mais ofertados, dadas as praias e os serviços disponibilizados nesse ambiente. Essa infraestrutura litorânea leva à intensificação do turismo de massa em Fortaleza. De acordo com Cruz (2003, p 6), esse conjunto de fatores de usos dessas paisagens litorâneas são intensificados por agentes públicos e privados que utilizam os espaços litorâneos para reprodução das atividades econômicas, seja pelo grande grupo de empresários que se instalam nessas regiões, mas também pelo pequeno comerciante que oferta seus serviços nas barracas de praia, camelôs ou feirinhas locais.

> Turismo de massa é uma forma de organização do turismo que envolve o agenciamento da atividade, bem como a interligação entre agenciamento, transporte e hospedagem, de modo a proporcionar o barateamento dos custos da viagem e permitir, consequentemente, que um grande número de pessoas viaje. (CRUZ, 2003, p.6).

O turismo é um agente econômico que compõe o espaço, apresentando inter-relações espaciais entre diversos ambientes da sociedade, relacionando-se com aspectos educacionais, saúde, políticas públicas e privadas, atraindo investimentos, além de conter uma abordagem técnica e holística (LEIPER, 1979). O turismo é uma atividade econômica pertencente ao setor terciário que consiste em um conjunto de serviços que se vende ao turista (ROSE, 2002). O turismo se constitui como componente fundamental da indústria que se conecta com as várias empresas públicas ou privadas que atuam com o intuito da expansão de suas ofertas de bens de serviços (LEIPER, 1979). O turismo de massa torna-se a principal forma de atuação desse agente visto as amplas e diversificadas possibilidades que o litoral pode ofertar no tocante aos serviços e atrativos.

No entanto, é necessário observarmos as disparidades e transformações ocasionadas pelos agentes que se reproduzem nesses espaços, pois enquanto o litoral de Fortaleza foi sendo ocupado e urbanizado, os povos que habitavam nessa região passaram a ser encurralados entre as grandes estruturas promovidas pelo avanço das infraestruturas do turismo de massa, resultando na dispersão desses povos para os municípios litorâneos vizinhos, como, por exemplo, no município de Caucaia que está localizado na porção oeste de Fortaleza e o município de Aquiraz na margem leste. Vale ainda ressaltar que essas infraestruturas litorâneas, resultantes do turismo de massa, ocasionam o desordenamento da paisagem (uso e ocupação dos solos) ao afetarem o equilíbrio natural do ambiente (VASCONCELOS; CORIOLANO, 2008).

> A construção de casas de veraneio e de equipamentos turísticos pode perturbar o equilíbrio existente entre as forças naturais atuantes. Em consequência, é comum o surgimento de processos erosivos em praias fortemente ocupadas por equipamentos turísticos, como acontece em Caucaia, Aquiraz e em muitas outras. (VASCONCELOS; CORIOLANO, p.267, 2008).

Os municípios litorâneos da RMF passaram a ser “sugados” ao máximo em função da ocupação do seu litoral e hoje estão com seus espaços em decréscimo e com problemas ambientais voltados à intensificação da erosão, recuo da linha de costa e desconstrução da paisagem litorânea (VASCONCELOS, 2005). Os empresários de grandes empreendimentos turísticos estão em constante

busca por novas áreas que estejam intocáveis, para então utilizá-los, criando um ciclo de exploração. Em Fortaleza, o principal responsável pelas mudanças no fluxo dinâmico marítimo da orla foi a construção do Porto do Mucuripe em 1940 (GURGEL, 1988), visto que as estruturas do porto obstruíram a deriva litorânea de transportar os sedimentos arenosos em direção às praias (figura 2).

Figura 2 - Área de instalação do porto do Mucuripe e o percurso dos sedimentos

Fonte: Google Earth Pro (2023).

A instalação do Porto do Mucuripe iniciou-se no ano de 1939 e foi concluída em 1945, sendo iniciada sua operação em seguida na enseada do Mucuripe na margem leste do litoral fortalezense, possibilitando que o município obtivesse autonomia portuária, mas consequentemente gerando problemas ambientais no sistema litorâneo do município em função da construção do porto (MORAES, 1972). Durante a construção do dique de proteção do porto, houve uma evolução da faixa arenosa ao redor, contornando a estrutura, resultando em um déficit sedimentar nas praias a oeste desse dique (PITOMBEIRA, 1976).

Esse recuo correspondeu a 77,0 metros, chegando a atingir 130,0 m na Praia de Iracema, onde os sedimentos, sem coesão, eram mais susceptíveis ao impacto (MAIA, 1998). Após a finalização das obras de construção do Porto do Mucuripe, o transporte de sedimentos de L - O, na linha de costa, apresentou mudanças significativas. Na figura 3 é possível visualizar o porto em operação nos anos de 1960 no séc. XX, com suas instalações muito bem definidas e estruturadas em galpões. Ao fundo da imagem, é possível visualizar o campo de dunas móveis e fixas na região do Mucuripe e se entendendo pela atual praia do Futuro até as proximidades do Rio Cocó.

Figura 3: Porto do Mucuripe em operação no ano de 1960

Fonte: Arquivo Nirez (2012).

Ao analisar e associar os detalhes com a figura 4 obtida com imagens de satélites por meio do Google Earth Pro, datadas do ano de 2020, ou seja, 60 anos depois, pode-se observar uma intensa urbanização do litoral e uma desconstrução das paisagens naturais do campo de dunas presente em toda faixa litorânea e região central de Fortaleza. É importante destacar que a ocupação dos campos de dunas de Fortaleza também contribuiu para os impactos na dinâmica dos sedimentos no litoral, visto que o *by pass* eólico já não ocorre mais na mesma intensidade, não permitindo que os sedimentos também sejam carreados até as correntes de transporte de sedimentos.

O recuo da linha de costa nas praias a oeste do porto foi em média de 77 metros. A região mais afetada foi a praia de Iracema, com um retrocesso de 130 m, sendo destruídas pela erosão diversas infraestruturas urbanas. Os menores valores encontrados, 32 metros, ocorreram na praia do Meireles (MAIA, 1998). No início dos anos 2000, Fortaleza recebe uma série de espigões perpendiculares à sua linha de costa para estabilização de suas praias de L a O. Além dos espigões, a área que compreende a praia de Iracema recebe um aterro hidráulico com engordamento artificial de 500 m. (PAULA *et al.*, 2002).

Figura 4: Porto do Mucuripe em operação no de 2020

Fonte: Google Earth Pro (2020).

No ano de 2009, Fortaleza recebe um novo aterro hidráulico com o comprimento de 1.070m, havendo 30m de largura de praia seca, além da construção de novos espigões e a requalificação das estruturas já existentes. Já no ano de 2019, iniciam-se os trabalhos para uma nova requalificação do aterro na praia de Iracema e da praia da beira-mar. O projeto de requalificação executou o engordamento da faixa de areia das praias de Iracema e beira-mar por meio de dragagem, totalizando os seguintes aumentos: a praia de Iracema obteve um acréscimo de 40 m de área somados aos 80 m já existentes, enquanto a beira-mar obteve 80 m somado aos 20 m existentes (CEARÁ, 2018).

A EXPANSÃO URBANA NO LITORAL DE FORTALEZA E IMPLICAÇÕES: A PRAIA DE IRACEMA

Conforme a historicidade de Fortaleza, a capital nasceu voltada para o sertão, contrapondo seus aspectos naturais do litoral. De acordo com Dantas (2002), isso ocorreu em função da configuração socioeconômica do município, que estava voltado a época para o interior do Ceará. O interesse pelo litoral inicia-se a partir das novas práticas marítimas quanto ao tratamento da saúde, como, por exemplo, a tuberculose. Atrelado às possibilidades de uma melhor qualidade de vida, as atividades marítimas possibilitaram aos frequentadores o banho de mar, sendo esse o momento exato no qual o litoral passa a ser valorizado como local de lazer, atraindo os olhares da elite de Fortaleza. A praia de Iracema passa a ser contemplada culminando na importância significativa da forma de uso desse ambiente. Essas modificações trouxeram uma nova dinâmica social, urbanística e demográfica.

A elite de Fortaleza evitava a região portuária, devido ao intenso fluxo de trabalhadores (PAIVA, 1961) que se deslocavam pelo litoral pelas vias e trilhos de acesso, fazendo com que a elite estivesse mais presente nas praias do Meireles e de Iracema, expandindo-se mais tarde para as praias dos municípios vizinhos. A construção de moradias próximas ao litoral para a elite inicia-se com a construção da residência "Vila Morena" do comerciante pernambucano José Magalhães Porto, marcando o início da urbanização da área, após a chegada da elite, vinda da área central da cidade, para a realização de práticas de lazer e veraneio na Praia de Iracema. Com isso, a população de baixa renda passa a ser espremida, visto que a especulação imobiliária iria suprimir os espaços, aumentando o valor do solo naquela área, gerando expulsão da população pobre (MATOS, 2011), que gradualmente foi sendo deslocada para áreas menos atrativas ao turismo e consequentemente, áreas que recebiam menos investimentos públicos e privados.

Vale destacar que o início do uso da praia pela elite não correspondeu a um desencadeamento da expansão do crescimento urbano de Fortaleza para as zonas de praia, pois se trata simplesmente de uma política pontual de urbanização da Praia de Iracema, em resposta à demanda da população das proximidades por banhos de mar. Contudo, a urbanização desse ambiente foi fundamental para a proposta de implantação de um porto marítimo na atual região do Poço da Draga em 1920 (Decreto n º 14.555, de 17 de dezembro de 1920), acelerando rapidamente os processos de uso do litoral. O projeto do porto acabou sendo transferido para o Mucuripe e a estrutura inacabada passou a ser de uso social, pois a população local aproveitou a beleza do lugar para transformá-la em um ponto de encontro e lazer (PAIVA *et al*., 2020).

A construção do porto na Ponta do Mucuripe dinamizou o processo de ocupação da cidade, bem como afetou o padrão natural da paisagem litorânea por meio dos processos erosivos desencadeados com a construção do novo porto a sotamar. Para mitigar os problemas com assoreamento das praias, a prefeitura propõe executar a construção de uma estrutura perpendicular à linha de costa, iniciando o projeto com uma estrutura na praia de Iracema, na tentativa de desviar o percurso dos sedimentos, procedendo-se à fixação das dunas adjacentes com vegetação rasteira (ARAGÃO, 1990). Iniciou-se, assim, ainda que com pequena amplitude, o processo de alteração do meio físico no litoral de Fortaleza. Como foram observadas, as intervenções foram progressivamente replicadas, com impactos ambientais cada vez maiores.

Na figura 5, a faixa em vermelho demonstra a extensão do litoral leste de Fortaleza no ano de 2003, onde já havia ocorrido a primeira requalificação da praia de Iracema devido à atuação dos processos erosivos que ocasionaram o recuo significativo da linha de costa, expondo o litoral as hidrodinâmicas marítimas, principalmente em períodos de ressacas marinhas. Atualmente, Fortaleza conta com uma série de estruturas de proteção costeira

(espigões, molhes, enrocamentos, aterros) para mitigar os efeitos dos processos erosivos no seu litoral, acelerando o processo de artificialização das praias.

Figura 5 - Litoral leste de Fortaleza em processos significativos de erosão em 2003

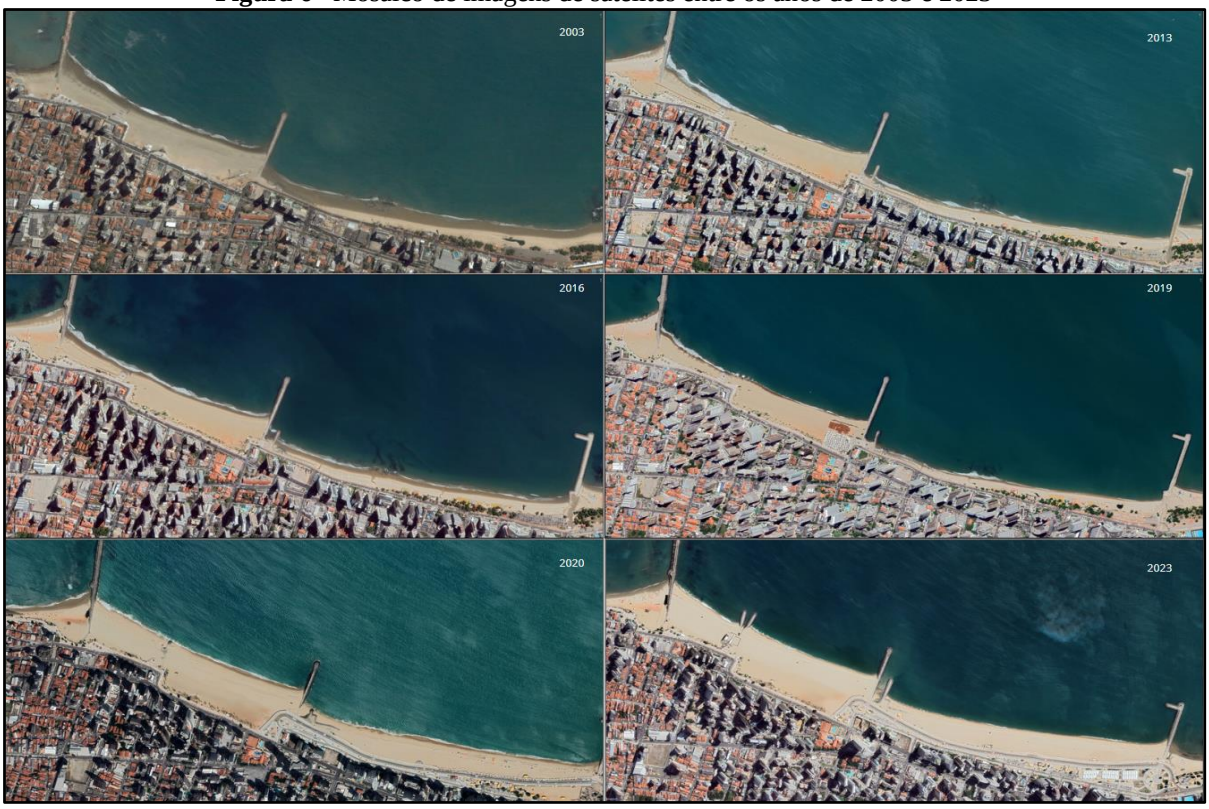
Fonte: Google Earth Pro (2023).

O aterro da praia de Iracema já passou por algumas requalificações como forma de manutenção frente aos processos erosivos (LIMA J.C *et al*., 2019). A última requalificação da praia de Iracema ocorreu em 2019 com acréscimos significativos nas estruturas presentes ao longo da Avenida Beira-mar. A requalificação ocorre por meio da construção de estruturas urbanas públicas e privadas ao longo da orla (MARINHO *et al*., 2018). As influências ocasionadas pelos novos investimentos públicos são observadas na verticalização urbana de Fortaleza. Ao longo do litoral, é possível observar a história da urbanização a partir dos vários hotéis e apartamentos existentes na orla de diferentes estruturas, representando períodos passados na qual o plano diretor da cidade limitava algumas características já não mais existentes.

A figura 6 demonstra um mosaico de imagens obtidas por meio de uma escala temporal que contempla 20 anos de modificações na área de estudo. As imagens revelam uma série de novas estruturas a partir do ano de 2013, na qual várias barracas ganham destaque no calçadão, além de uma diminuição exponencial até 2023 das residências comuns de moradores, observadas pela diminuição dos pontos vermelhos (telhados) para o aumento de apartamentos e condomínios. Destaca-se, também, a criação das novas estruturas de contenção costeira, como os espigões perpendiculares à linha de costa e o aumento da faixa de praia por meio dos aterros, visto a necessidade de proteger o litoral da atuação dos agentes hidrodinâmicos.

No ano de 2019, é possível observar, no centro da imagem, na área do aterro, as estruturas que iniciaram-se naquele ano e a requalificação do aterro por meio da dragagem de sedimentos paralelos ao litoral. Até 2023, são construídas pequenas estruturas entre os espigões que servem como barreiras para o sistema de drenagem de efluentes, não permitindo que extravasem em períodos de maiores precipitações.

Figura 6 - Mosaico de imagens de satélites entre os anos de 2003 e 2023



Fonte: Google Earth Pro (2023).

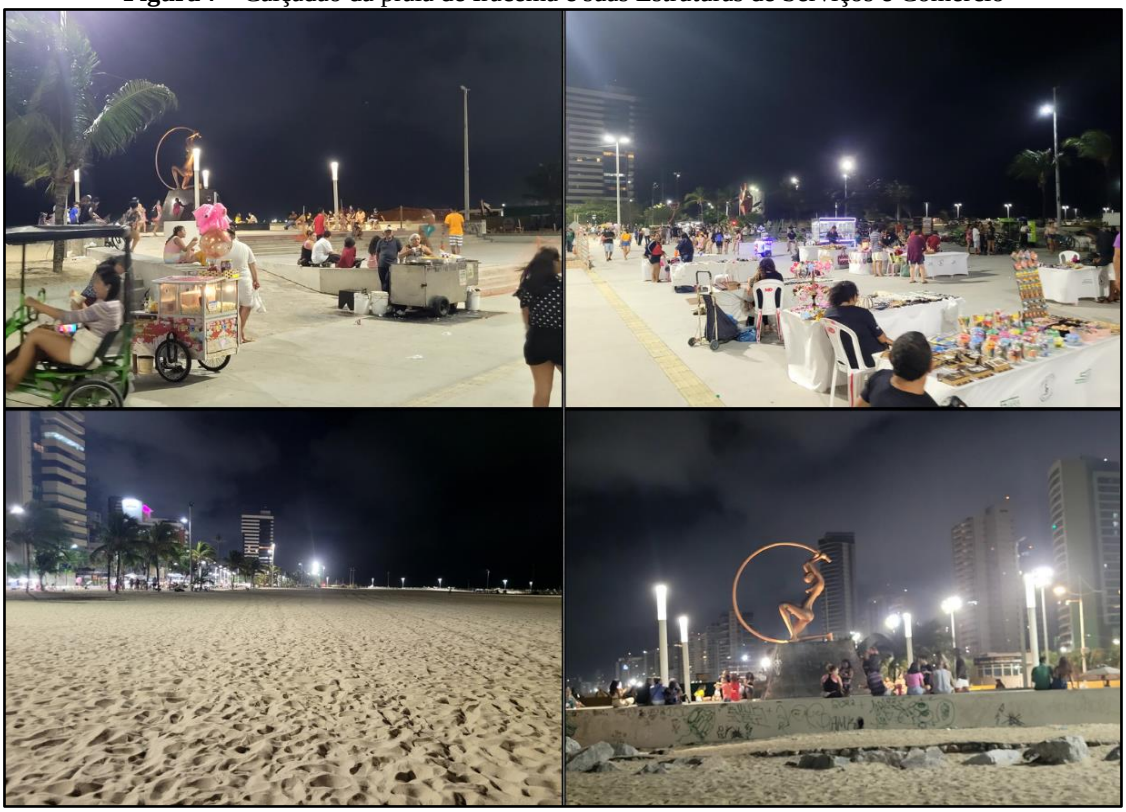
A atividade econômica decorre de vários eixos sociais para atender às diversas demandas de serviços. Essas atividades estão associadas ao comércio de bens de serviço e consumo do turismo litorâneo, mas, ao mesmo tempo, proporciona a subsistência de moradores de bairros adjacentes que atuam como vendedores (figura 7). As estruturas que possuem mais capital financeiro para investimento estão situadas ao longo do próprio calçadão com estruturas de quiosques, barracas e comércio de bens não perecíveis. De certo modo, os microempreendedores locais tendem a ganhar com a requalificação dos espaços litorâneos, visto que eles possibilitaram o aumento do consumo dos produtos ofertados.

Os feirantes são o grupo de comércio local mais atuante em toda a extensão do calçadão. A venda de produtos que permitam a interação do turista às maritimidades da praia de Iracema transforma a paisagem noturna em um ambiente extremamente movimentado, proporcionando uma íntima relação entre a requalificação e seus benéficos aos comerciantes locais, permitindo a circulação de mercadorias locais de produção artesanal e/ou industrial.

Atualmente, a prefeitura municipal de Fortaleza busca a ampliação do calçadão da praia de Iracema, buscando a duplicação do ambiente de deslocamento dos turistas, moradores e frequentadores que utilizam o espaço de praia (figura 8). Em fase de construção, a ampliação do calçadão contará também com novas estruturas de drenagem mais eficientes. A duplicação ainda prevê a instalação e criação de uma nova ciclovia, criação de pequenas áreas de praças, nova iluminação, paisagismo, dentre outros atrativos para a prática de lazer, turismo e atividade econômica.

A prefeitura também implementa a regularização do uso desses espaços pelo comércio supracitado para que não ocorra um uso desordenado e irregular. Atualmente, vários atores presentes nessa região utilizam esses espaços, compartilhando com pessoas praticando esportes (ciclistas, skatistas e corredores), turistas e comerciantes. Dessa forma, a ampliação também deverá comportar essa multidiversidade de representações.

Figura 7 - Calçadão da praia de Iracema e suas Estruturas de Serviços e Comércio



Fonte: Autores (2023).

Figura 8 - Área de ampliação do calçadão da praia de Iracema

Fonte: Autores (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A requalificação dos ambientes litorâneos favorece não só a economia local, mas também proporciona novas estruturas de apoio e serviços aos usuários. Contudo, é importante salientar que a especulação imobiliária caminha junto das suas ações, visto que esses projetos aumentam a valorização desses ambientes. A valorização local, juntamente com a especulação imobiliária, proporciona ainda mais a expansão da verticalização no litoral, ocasionando uma supressão dos espaços minimamente ainda naturais ou dos processos naturais. Fortaleza encontra-se dentro deste modelo de expansão e requalificação dos seus ambientes litorâneos, visto as inúmeras possibilidades econômicas que o litoral tem a oferecer e que se não valorizadas, monitoradas e utilizadas corretamente, torna-o insustentável.

O Google Earth Pro demonstrou ser uma ferramenta fundamental na análise das mudanças das paisagens, possibilitando ser utilizado como ferramenta de planejamento e gestão, visto que é disponibilizado gratuitamente e possui mecanismos que auxiliam o autor a produzir leituras da dinâmica natural da paisagem e seus desdobramentos quanto à mudanças por intermédio de agentes antrópicos. No caso de Fortaleza, a ferramenta possibilitou uma análise temporal de 20 anos, possibilitando a categorização de cada feição.

Essa ferramenta da Google também possibilita interação no ensino prático da cartografia, seja no contexto escolar ou acadêmico, pois não exige equipamentos de alta performance para seu funcionamento, requerendo do usuário, conhecimentos básicos de informática e de cartografia, além de ser disponibilizado gratuitamente. Ademais, o Google Earth Pro demonstrou ser uma ferramenta poderosa, permitindo o acesso a vários ambientes do planeta de forma facilitada e com alta precisão.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, R. B. (1990). **História do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Oficial do Ceará.

BRASIL. **Decreto nº 14.555, de 17 de dezembro de 1920, aprova o projeto e orçamento, na importância de 12.893:565$400, para a construção das obras do Porto de Fortaleza, no Estado do Ceará**. Câmara dos Deputados, 17 de nov. Disponível em: < https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1920-1929/decreto-14555-17-dezembro-1920-529248-publicacaooriginal-1-pe.html > Acesso em: 17 de nov de 2023.

CEARÁ. (2018). Parecer Técnico Ambiental: **Dinâmica Costeira Do Litoral De Fortaleza E Os Impactos Da Construção Dos Aterros Das Praias De Meireles (Beira Mar) E Iracema Sobre O Litoral De Caucaia**. Caucaia: Prefeitura de Caucaia.

CRUZ, R. C. A. (2003). **Introdução à Geografia do Turismo**. 2º ed. São Paulo: Roca.

DANTAS, E.W. (2002). **Mar à vista: estudo da maritimidade em Fortaleza**. Fortaleza: Museu do Ceará/Secretaria de Cultura e Desporto do Ceará.

DANTAS, E.W. (2020). **Mar à vista: estudo da maritimidade em Fortaleza**. E-book. 3. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária. (Estudos da Pós-Graduação).

FARIAS, E.G.G., MAIA, L.P. (2010). Uso de Técnicas de Geoprocessamento para a Análise da Evolução da Linha de Costa em Ambientes Litorâneos do Estado do Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. v, 10. n, 4. p, 521-544.

GURGEL, G.A.S. (1988). **Estudo dos Impactos Ambientais no Complexo Litorâneo Barra do Ceará – Iparana.** 1988. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Geologia, – Universidade de Fortaleza -UNIFOR, Fortaleza.

LEIPER, N. (1979). The framework of tourism: Towards a definition of tourism, tourist, and the tourist industry. **Annals of Tourism Research**, v. 6, n. 4, p. 390-407.

LIMA, J.C, LIMA, R.J, Barros, E.L., PAULA, D.P. (2019). Análise Multitemporal da Variabilidade da Linha de Costa do litoral do Município de Caucaia, Ceará, Brasil. **Revista da Casa da Geografia de Sobral.** v, 21. n, 2. p, 864-884.

LOPES E.B., RUIZ T.C.D., ANJOS F.A., (2018). A ocupação urbana no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil, e suas implicações no turismo de segunda residência. urbe, **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v,10. n, 2. p, 426–41.

MAIA, L.P, (1998). **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-BRASIL): implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral**., Dissertação de Doutorado, Universidade de Barcelona, Barcelona, Espanha. Não publicado.

MARINHO, A. S; FERNANDES, L.M.M; SILVA, E,V; RABELO, F,D,B. (2019). Paisagem e turismo: qualidade visual da praia do Cumbuco - Caucaia/CE. **Planeta Amazônia: revista internacional de direito ambiental e políticas públicas**. n. 11, p. 139-150.

MATOS, F. O. (2011). A Cidade e o Mar: Considerações Sobre A Memória Das Relações Entre Fortaleza E O Ambiente Litorâneo. **Geografia Ensino & Pesquisa**, V. 15, N. 1, P. 71–84.

MORAIS, J. O. (1972), Processos de assoreamento do porto do Mucuripe. **Arquivos ciências do mar**, v,12. n, 2. p,139 - 149. Fortaleza, Ceará, Brasil.

MORAES, A. C. R. (1999) **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma Geografia do Litoral Brasileiro**. (1ª ed.). São Paulo: Hucitec.

PAIVA, M. O. (1961). **A afilhada**. Fortaleza. Ed. Anhambi, p. 204.

PAIVA, R.A, FEITOZA, R.N, COLLARES, S. (2020) O Porto do Mucuripe na encruzilhada das políticas públicas de turismo, projetos urbanos e ZEIS: processos e conflitos socioespaciais. **Anais do Vii colóquio internacional sobre comércio e cidade**. Fortaleza, Ceará, Brasil.

PAULA, D. P., VASCONCELOS, F. P., ALBUQUERQUE, M. F. C., BRITO, E. G. (2002). Evolução e balanço sedimentar do aterro da Praia de Iracema, Fortaleza - Ceará. In: **54ª Reunião Anual da SBPC**, Goiânia, pp. 2.

PANERAI, P. (2006). **Análise urbana I**. Philippe Panerai; tradução de Francisco Leitão; revisão técnica de Sylvia Ficher - Brasília: Editora Universidade de Brasília. (Coleção arquitetura e urbanismo).

PITOMBEIRA, E.S. (1976). Deformação das ondas por difração no molhe do porto do Mucuripe. **Arquivos ciências do mar**, v,16. n,1. p,55 -58.

RODRÍGUEZ, J. J., WINDEVOXHEL, N. J, (1998). Análisis regional de la situación de la Zona Marina Costera Centroamericana. **Banco Inter-Americano de Desenvolvimento BID**. Washington, D.C.

ROSE, A. T. (1994). **Turismo: Planejamento e marketing**. Barueri: Manole.

STÖCKER, C., ELTNER, A., KARRASCH, P. (2015). Measuring gullies by synergetic application of UAV and close range photogrammetry - A case study from Andalusia, Spain. **Catena**, v,132, p. 1-11.

VASCONCELOS; CORIOLANO, (2008), Impactos Sócio-Ambientais no Litoral: Um Foco no Turismo e na Gestão Integrada da Zona Costeira no Estado do Ceará/Brasil. **Revista de Gestão Integrada**, v, 8. n, 2. p, 259-275.

VASCONCELOS, F. P. (2005). **Gestão Integrada da Zona Costeira: ocupação antrópica desordenada, erosão, assoreamento e poluição ambiental do litoral**. Fortaleza: Premius.

VASCONCELOS, P. A. (2020). **Mar à vista: estudo da maritimidade em Fortaleza**. E-book. 3. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária. (Estudos da Pós-Graduação).

DISTRIBUIÇÃO DE COMPLEXOS EÓLICOS NO AGRESTE PERNAMBUCANO: HIPÓTESE DE EXPANSÃO EÓLICA A PARTIR DO GEOPROCESSAMENTO

***Manoel José Correia Neto*[(1)], *Mariana Regina Oliveira De Freitas*[(2)]**

[(1)]*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Manoel.jcorreia@ufpe.br*
[(2)]*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Mariana.regina@ufpe.br*

Resumo: No cenário atual, o Brasil se insere como referência mundial em produzir energia através de fontes renováveis, tendo isso em vista o estímulo para que isso ocorra. Em virtude disso, a produção de energia através de torres eólicas é muito pontual no agreste nordestino, mais especificamente em Pernambuco. Ademais, presente trabalho aborda a necessidade da utilização do geoprocessamento para prever acontecimentos na paisagem geográfica, destacando a expansão das torres eólicas no agreste pernambucano, mais especificamente nos municípios de Caetés, Pedra, Venturosa, Capoeiras e Paranatama. Destacando a estratégias empresariais de aerogeradores, na distribuição das segmentações das torres eólicas de acordo com a declividade do relevo e o clima favorável por ventos do agreste. Esta análise foi feita com levantamentos bibliográficos para entender o processo de fixação das torres do espaço geográfico, ou seja, o padrão que geralmente ela cumpre, juntamente com o mapeamento em plataformas como *Google Earth Pro e Qgis.*

Palavras-chave: eólica**;** expansão; geoprocessamento.

Abstract: In the current scenario, Brazil is a global reference in producing energy through renewable sources, with a view to encouraging this to happen. As a result, energy production through wind towers is very occasional in the northeastern countryside, more specifically in Pernambuco. Furthermore, this work addresses the need to use geoprocessing to predict events in the geographic landscape, highlighting the expansion of wind towers in the countryside of Pernambuco, more specifically in the municipalities of Caetés, Pedra, Venturosa, Capoeiras and Paranatama. Highlighting business strategies for wind turbines, in the distribution of segmentations of wind towers according to the slope of the relief and the favorable climate due to wild winds. This analysis was carried out using bibliographical surveys to understand the process of fixing towers in geographic space, that is, the standard that it generally meets, together with mapping on platforms such as Google Earth Pro and Qgis

Keywords: wind; expansion; geoprocessing.

INTRODUÇÃO

A complexidade de um espaço especulado é mediada pela significação dialética dele, claro, a partir da perspectiva da lógica de produção capitalista, que regulam as leis de oferta e demanda do mercado, visto que o espaço tende a abrigar o capital, tanto pelas influências de interesses de poder explicada pelos fluxos. (CAVALCANTE, 2008; SANTOS, 1996). Quanto às lógicas aplicadas dentro de espaços industriais. Cada território tem sua singularidade significativa, tanto partindo de uma perspectiva de uma produção espacial que beneficia grandes empresas, quanto a falsa sensação de benefício criado por estas em sua implementação, o que vemos é a distribuição ordenada de pontos de exploração energéticas próximas de residências, por meio de torres de geração eólica, configurando a paisagem. A exploração de energia eólica se caracteriza pelas menções renováveis que intencionalmente se auto rotulam, criando uma sensação induzida de sustentabilidade.

O presente trabalho apresenta uma hipótese de expansão territorial de complexos eólicos a partir da análise de distribuição de torres eólicas nos municípios de Caetés, Pedra, Venturosa, Capoeiras e Paranatama. Compreende então uma análise de um mapa hipsométrico, que configura a hipótese da instalação de complexos eólicos em áreas de alta declividade e na região de barlavento à borda do Planalto da Borborema, partindo então desse pressuposto visamos uma escala de expansão territorial dessas torres sobre pontos residenciais argumentadas pelas vantagens geográficas desses territórios, visando as melhores formas de coleta energética, a hipótese de implementação de complexos em áreas

favorecidas. Ademais, este trabalho tem como objetivo analisar as contribuições de ferramentas de geoprocessamento para a previsão de novos empreendimentos de aerogeradores e, como o mesmo pode ser um veículo para empresas que visam a expansão de seu capital.

MATERIAIS E MÉTODOS

No que se diz respeito à abordagem, é apropriado usar dar perspectiva qualitativa, no que concerne a etapa de investigação, juntamente com levantamento de dados bibliográficos com ênfase em análises topográficas. Ademais, com relação aos métodos de aquisição de coletas de dados foi realizado pesquisas documentais, geoprocessadas em plataformas como *Google Earth e Qgis*. Outrossim, foi concedida a revisão realizando pesquisas e revisões bibliográficas com ênfase em pesquisar a trajetória das torres eólicas, para compreender a narrativa do seu crescimento em prol ao seu contexto geológico e climático. Para entender o novo processo de territorialização da indústria de aerogeradores, pois segundo Flávia C. Farina (2006, p.2),

> O grande instrumento viabilizador da nova proposta de planejamento é o desenvolvimento das técnicas de geração e análise de informação espacial, ou seja, as técnicas de geoprocessamento. Essas técnicas permitem superar a visão parcial que o homem tem do mundo, através da capacidade de conhecer e acompanhar o movimento da natureza e da sociedade, e integrar as mais diversas fontes de informação, fornecendo as bases científicas para um novo plano de desenvolvimento.

Neste sentido, a pesquisa direciona-se ao geoprocessamento para tentar prever os seguintes passos das indústrias fixadas na região do agreste pernambucano (Figura 1). A compreensão se dá na sobreposição dos dados, visto que, a correlação dos levantamentos de dados conversa diretamente com o bibliográfico, criando uma forma de prever a expansão dos segmentos preestabelecidos dos complexos eólicos.

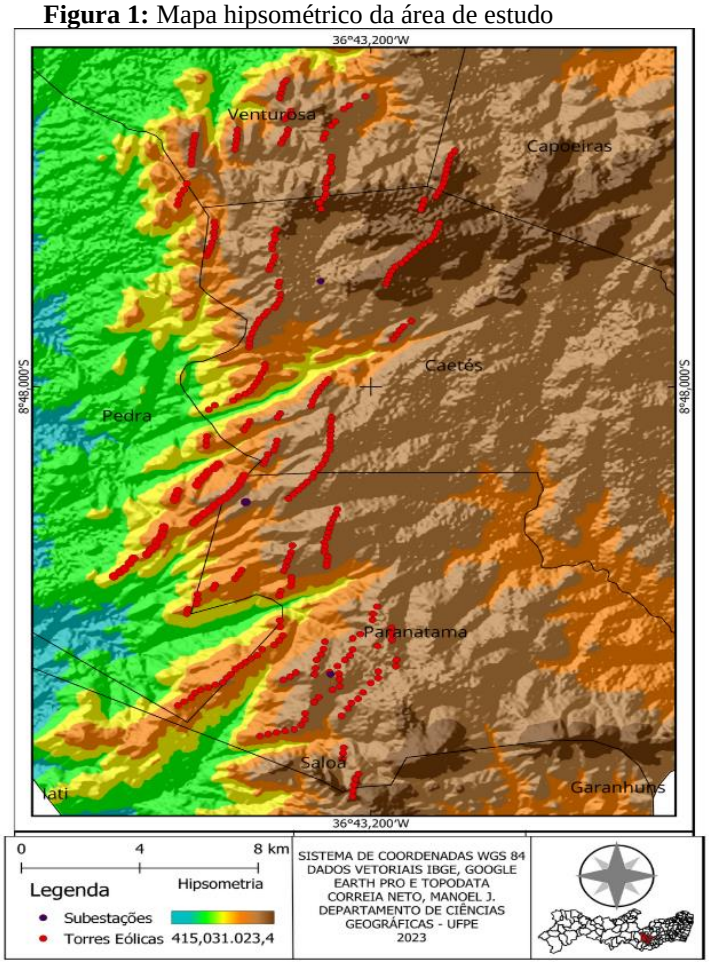
A produção do mapa final (Figura 4) é a interpretação dos dados observados e como a dinâmica de expansão pode se comportar, com a ajuda de dados de hipsométricos (Figura 1) para compreender em sobreposição os dados de potencialidade (Figura 3), observando a dinâmica de expansão corrente, como a visualização do complexo Serra das vacas, e de como os segmentos cresceram sobre essa predisposição durante os anos 2016-2022 (Figura 2), as manchas vermelhas apresentadas no mapa final diz respeito a possibilidade de acontecer está mesma forma de expansão, visto que ela aconteceu dentro da possibilidade dos dados levantados de uma melhor coleta energética. Com os dados sobrepostos no QGIS conseguimos delimitar as manchas de expansão, compreendendo por imagens de satélite a possibilidade da implementação.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Dentre os estados do Nordeste com potencial na geração de energia eólica, o estado de Pernambuco tem recebido diversos investimentos para implementação de parques eólicos através da empresa “Casa dos Ventos” que por sua vez é uma pioneira no desenvolvimento de energia eólica no Brasil, de acordo com o Jornal de bioenergia em 2015, foi inaugurando o maior parque de torres eólicas de Pernambuco distribuídos nos municípios de Caetés, Pedra e Paranatama. Totalizando cerca de 107 aerogeradores instalados, podendo gerar em torno de 181.9 MW.

Segundo o diretor de Novos Negócios da Casa dos Ventos, Lucas Araripe, afirma que Pernambuco é uma região estratégica devido à qualidade dos ventos e à logística do relevo da área. Tal fato, se deve ao seu dito “potencial” já que as áreas onde as empresas têm implementado os parques são em regiões de barlavento, onde as torres se acomodam nas áreas de topo do relevo, com isso o estado de Pernambuco se torna um alvo estratégico na geração deste tipo de energia. Ademais, para a identificação e reconhecimento das áreas adequadas para efetuar as instalações das torres faz-se necessário o uso do geoprocessamento, as áreas que estão nas torres seguem uma linha ordenadas de pontos mais ventilados denominadas aqui como segmentos, assim como vemos na figura 1.

Figura 1: Mapa hipsométrico da área de estudo



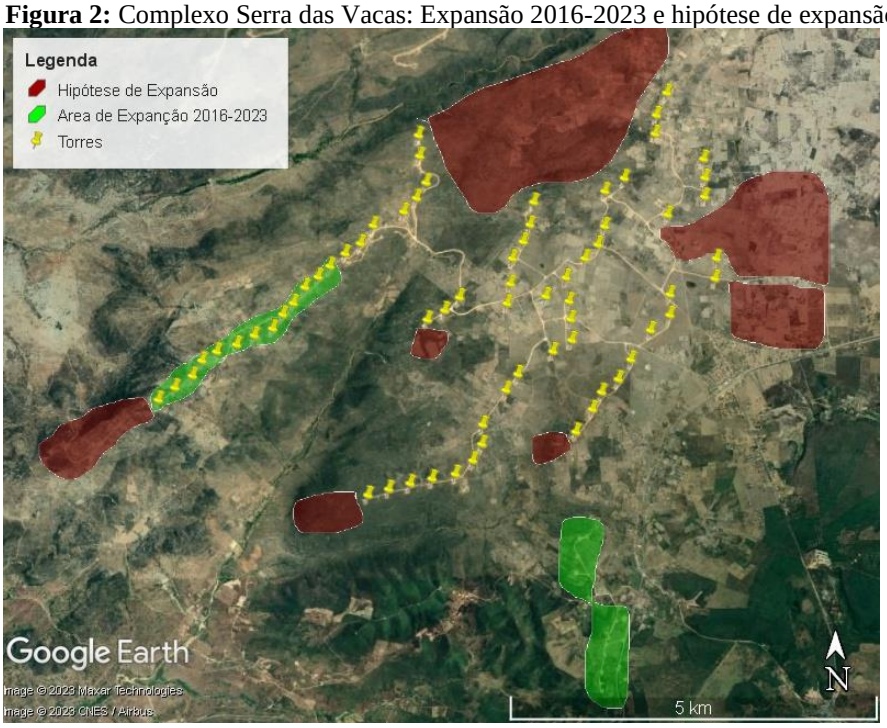
Fonte: Correia Neto, Freitas (2023).

O geoprocessamento é uma ferramenta facilitadora do planejamento territorial, mas tem seus fluxos centrados na experimentação de empresas ligadas diretamente ao aproveitamento máximo do espaço para uma exploração mais concisa, argumentadas de pesquisas de órgãos governamentais por muitas vezes, como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), na intencionalidade de publicação de uma mancha de melhor aproveitamento energético em todo o Brasil, e a análise desses dados nos dá uma camada para sobrepomos. É preciso entender que há uma complexidade muito mais profunda na localização dos complexos de geração eólica, que vai muito além da predisposição geográfica, o que se há na mesma análise de imagens de satélite como na figura 2 é a presença de fatores socioambientais, como famílias e uma ocasional mudança na dinâmica natural de elementos do meio ambiente, métodos analíticos herdados do processo de industrialização, como faz referência Carlos (1990, p.57),

> O processo de industrialização, ao provocar profunda alteração na divisão social e espacial do trabalho, implica mudanças radicais na vida do homem. A aglomeração da população, dos meios de produção e capitais num determinado espaço, multiplica os pontos de concentração e produz uma rede articulada e hierarquizada.

Visto que alguns elementos são correlacionados à implementação, a pesquisa debruça-se na hipótese de uma expansão dos segmentos de complexos já pré estabelecidos, como visto em análise (Figura 2) que mostra o crescimento de um dos segmentos do complexo Serra das Vacas que fica mais a sul, evidenciando o aproveitamento do relevo para compreender uma expansão, a sobreposição dos elementos de predisposição geográfica permite que a hipótese da expansão inicial seria dos segmentos, criando uma mancha explicitada em vermelho, de áreas de possível expansão, visto que em análises temporais de imagens de satélite que é possível visualizar em verde essas áreas já expandidas.

Figura 2: Complexo Serra das Vacas: Expansão 2016-2023 e hipótese de expansão

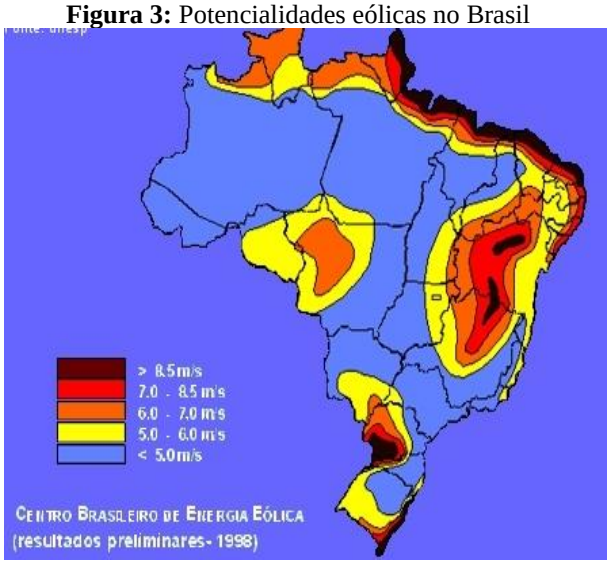


Fonte: Correia Neto (2023).

Para regionalizar o aumento preocupante de torres eólicas no agreste, é preciso compreender pesquisas que induzem o mercado a procurar o melhor espaço para que o capital seja abrigado, a aplicação ambientada nos interesses de poder, denominaremos mapas como na figura 3 de dados irresponsáveis, cria-se então a partir disso, dados de potencialidade de rentabilidade energética sem considerar a população, a vegetação ou a dinâmica natural das coisas nas áreas de mais potencial, assim como bem destaca sua complexidade Castilho (2020, p.160),

> Para a realização efetiva desse princípio, dever-se-á começar, por exemplo, pela retomada do respeito à complexidade ambiental no âmbito dos diversos territórios vividos que compõem o Planeta, procurando interagir dialogicamente com estes espaços e abandonando a cultura da intervenção como se eles constituíssem meros espaços "vazios" a serem preenchidos com objetos de acordo com os interesses da lógica da racionalidade técnico- instrumental capitalista neoliberal, a qual nega tudo que não serve de imediato para satisfazer os seus propósitos imediatos.

Figura 3: Potencialidades eólicas no Brasil



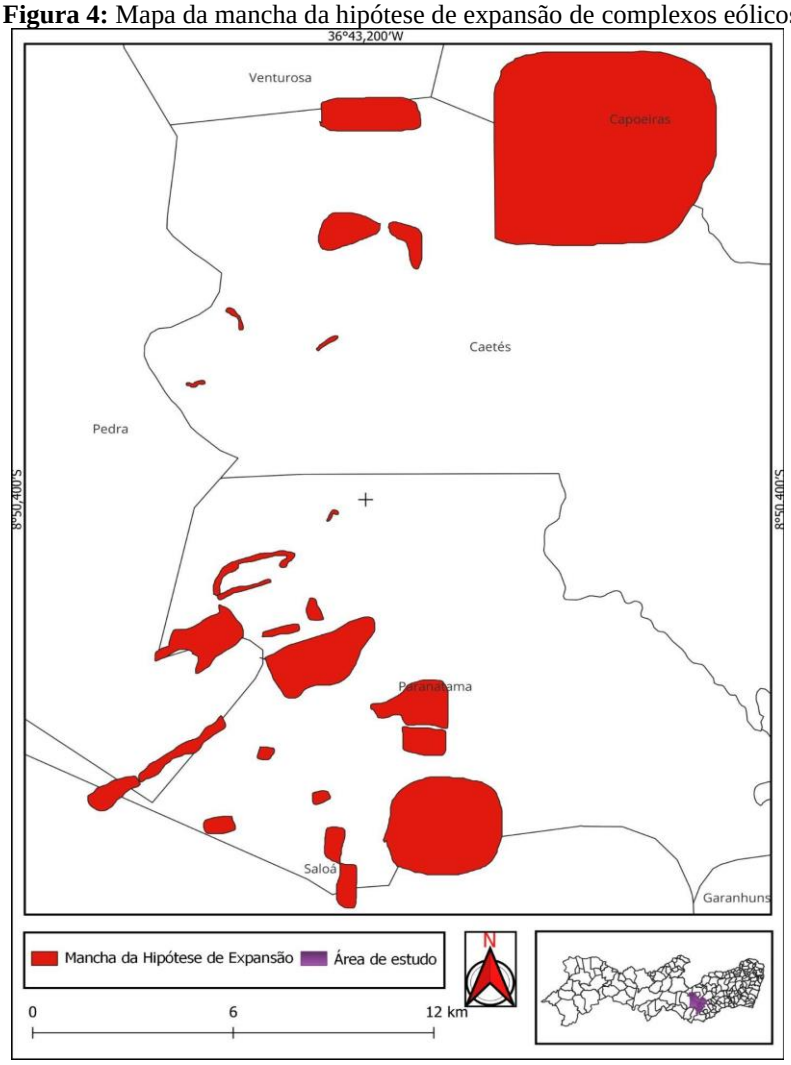
Fonte: UNESP (Universidade Estadual Paulista) (1998).

A pesquisa é levada a criar um mapa com os objetivos da figura 2, criando dados de uma possível expansão no agreste, uma mancha sobreposta de dados de predisposição geográfica e socioambientais, criando zonas de riscos que podem ser usadas para uma abordagem em campo de prevenção e fortificação de comunidades e áreas de preservação ambiental, recuando de certo modo a expansão predatória.

Como tratamos de um espaço sendo ocupado predominantemente por empresas, as lógicas de localização industrial servem como mediadoras da flexibilidade que o capital apresenta para se fixar no espaço. O maior ponto a ser discutido é que o estudo presente é uma das muitas camadas a serem consideradas para o trabalho de prevenção, mostrar a face do geoprocessamento como uma ferramenta muito importante para a tomada de decisões e criação de planejamentos, mas que nas mãos do capital se torna uma arma rotuladora, desconsiderando lutas pela terra, divisão social ou qualquer discussão racial. A criação de dados e pesquisas são usadas para a potencialização da exploração, e pesquisas contrapostas voltadas exatamente a frear a expansão predatória, que enriquece os grandes empresários e traz tantos males à população no entorno.

Por fim as camadas de predisposição geográfica, como declividade, estrutura geológica e altitude, criasse uma mancha de nossa hipótese de expansão, inicialmente criada a partir do alongamento dos seguimentos de complexos eólicos já estabelecidos no território visto na figura 4, os próximos passos de expansão podem ser o estabelecimento de novos complexos eólicos mais a sul, como no município de Igarassu, mas a mancha de expansão debruça-se inicialmente no possível alongamento dos segmentos.

Figura 4: Mapa da mancha da hipótese de expansão de complexos eólicos



Fonte: Autores (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É necessário observar a importância e os impactos da implementação de complexos de exploração eólica, e como o geoprocessamento herdou a natureza da cartografia de transformar o espaço em produto, que a partir da especialização de objetos e a passagem para o Meio Técnico-científico informacional a partir da Segunda Guerra Mundial a tendência do espaço era sucinta e tendia a favorecer pesquisas de linhas de pensamentos já preestabelecidos (SANTOS, 2006; MANZAGOL, 1985 p. 33).

O trabalho explicita as funcionalidades das geotecnologias no planejamento espacial, usamos estas para criar a hipótese da expansão de complexos eólicos, visto que há um importante papel do pesquisador direcionar sua pesquisa, sobretudo o geógrafo de induzir estas ferramentas outrora catalisada da organização do capital no espaço, que busca sempre uma forma de abrigá-lo em sua potencialidade mais estridente, a uma função social. Nossa pesquisa debruça-se na função de retrair a expansão dos complexos eólicos no agreste pernambucano, que traz tantos males ao interno.

Contudo, o mapa final produzido com as manchas da hipótese de expansão, traz à tona o poder do geoprocessamento, usado em função da melhoria e qualidade de vida, visto que os dados podem ser cruciais para frear a expansão ou até mesmo servir de camadas de estudos posteriores, para trabalhar em comunidades, as fortificando politicamente e trabalhar na prevenção de impactos nessas manchas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos possibilitar nossas oportunidades dentro do universo acadêmico. Em segundo, a Professora Doutora Ana Carolina que nos guiou nesse processo de construção da nossa hipótese.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Cadernos Temáticos ANEEL.** Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microe-minigeracao.pdf>. Acesso em: 09 de Out. de 2023

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA – **Eólica. Dados mensais março de 2017.** Disponível em:<www.abeeolica.org.br>. Acesso em: 09 de Out. de 2023.

CARLOS, A. F. A. Espaço e indústria. São Paulo: Contexto, 1990.

CASTILHO, Cláudio. **A destruição da natureza em ambientes rurais e urbanos no Brasil - uma tragédia que ainda pode ser revista**. Ciência e Natureza, 2018.

CASTILHO, Cláudio. **Desenvolvimento - uma questão ainda pertinente?**, Sociedade e Território, 2020.

CASA DOS VENTOS. Casa dos Ventos inaugura o maior complexo eólico de Pernambuco. Disponível em: < https://www.canalbioenergia.com.br/casa-dos-ventos-inaugura-o-maior-complexo-eolico-de-pernambuco/>\ . Acesso em: 09 de Out. de 2023.

CAVALCANTE, Lígia. **Geografia Escolar e da Cidade.** São Paulo: Editora Contexto, 2010.

FARINA, Flávia. **Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e gestão urbana.** EBAPE, 2006.

FEITOSA, E. A. N. et al. **Panorama do Potencial Eólico no Brasil. Brasília: Dupligráfica,** 2003. Disponível em:<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_eolica/6_3.htm>. Acesso em: 09 de Out. de 2023.

_____. **Informativo 6 – Energia Eólica.** Nota. <www.aneel.gov.br>, Acesso em: 09 de Out. de 2023.

LENCIONI, Sandra. **ABC do Desenvolvimento Urbano.** São Paulo: Editora Contexto, 2008.

MANZAGOL, Claude. **Logica do espaço industrial.** São Paulo: DIFEL, 1985.

PORTAL ENERGIA. 15 maiores fabricantes no mercado mundial de aerogeradores de grande porte. Disponível em: <http://www.portal-energia.com>. Acesso em: 01 de Out. de 2023.

SANTOS, Milton. **METAMORFOSES DO ESPAÇO HABITADO, fundamentos Teórico e metodológico da geografia.** Hucitec.São Paulo 1988.

_____. Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. 4ª ed. São Paulo: Edusp, 2006.

LENCIONI, Sandra. **ABC do Desenvolvimento Urbano.** São Paulo: Editora Contexto, 2008.

GESTÃO DE CONFLITOS EM ÁREAS DE CONSERVAÇÃO: UMA ABORDAGEM BASEADA EM SIG

Sabrina Pereira Barbosa[(a)], Vitor Aluizio Cavalcante de Oliveira Lima[(b)], José Mário de Lima Barbosa Júnior[(c)], Glória Vitória Santana de Oliveira [(d)] .Pedro Henrique Silva Martiliano [(e)]

[(a))]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, sabrina.spb@ufpe.br
[(b)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, vitor.aluizio@ufpe.br
[(c)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, jose.mjunior@ufpe.br
[(d)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, gloria.vitoria@ufpe.br
[(e)]Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, pedro.martiliano@ufpe.br

Resumo: Este estudo procura elucidar o cenário contemporâneo do uso dos sistemas de informação geográfica (SIGs) na gestão de conflitos ambientais, por meio de exemplos de abordagem e uma sistematização da bibliografia. A utilização das plataformas de disseminação de conhecimento científico (Scopus, SciElo, Google Scholar, etc.) revelaram uma carência de documentos que abordam os softwares de SIG nas áreas das ciências geográficas, geodésicas, sociais e jurídicas. Portanto, pode-se concluir que há uma necessidade de ampliar os horizontes de pesquisa nessa metodologia, sugerindo, inclusive, sua aplicação na resolução de conflitos ambientais.

Palavras-chave: SIG, Gestão de Conflitos, Conflito Socioambiental.

Abstract: This study aims to elucidate the contemporary scenario of Geographic Information Systems (GIS) usage in environmental conflict management, through illustrative examples and a systematic review of the literature. The exploration of scientific knowledge dissemination platforms (Scopus, SciElo, Google Scholar, etc.) revealed a shortage of documents addressing GIS software in the fields of geographical, geodetic, social, and legal sciences. Therefore, it can be inferred that there is a need to broaden research horizons in this methodology, even suggesting its application in environmental conflict resolution.

Keywords: GIS, Conflict Management, Socio-environmental Conflict.

INTRODUÇÃO

A preservação e gestão sustentável de áreas de conservação representam um desafio complexo em um mundo em constante transformação. A relação entre interesses humanos, desenvolvimento econômico e a proteção de ecossistemas frágeis muitas vezes leva a conflitos significativos. Este artigo traz uma revisão bibliográfica das abordagens na gestão de conflitos em áreas de conservação, empregando Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta central. O SIG, ao integrar dados espaciais e análises geoespaciais, oferece uma perspectiva singular para a identificação, análise e resolução de conflitos, permitindo uma gestão mais eficaz e sustentável dessas áreas cruciais para a biodiversidade e a qualidade ambiental.

Nesta revisão, a evolução da gestão de conflitos em áreas de conservação será expressa, bem como integração de abordagens multidisciplinares e o engajamento ativo das comunidades locais emergindo como elementos cruciais. Em seguida, examinamos como a aplicação de SIG pode transformar a gestão de conflitos, proporcionando uma compreensão aprimorada das dinâmicas espaciais, impactos ambientais e sobreposições de interesses.

Conflitos ambientais e Socioambientais:

A história dos conflitos ambientais é entrelaçada com o desenvolvimento da civilização e a exploração dos recursos naturais. Desde os primórdios da humanidade, o uso e a gestão dos recursos sempre foram pontos de tensão e conflito. Ao longo do tempo, esses conflitos assumiram diferentes formas e escalas, refletindo a evolução das sociedades e das relações entre humanos e o ambiente.

Os conflitos ambientais muitas vezes surgiam de disputas territoriais, competição por recursos escassos como água e terras férteis, ou questões relacionadas a práticas de caça e pesca. Culturas indígenas, por exemplo, muitas vezes enfrentavam conflitos com colonizadores devido a divergências sobre o uso da terra e dos recursos naturais.

A Revolução Industrial trouxe mudanças drásticas no cenário dos conflitos ambientais. O crescimento da industrialização e urbanização levou a problemas como poluição do ar e da água, degradação de ecossistemas e a exploração desenfreada de recursos naturais. Isso gerou tensões entre a busca pelo desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente, resultando em protestos, movimentos de conservação e a emergência de regulamentações ambientais.

> A poluição e outras ofensas ambientais ainda não tinham esse nome, mas já são largamente notadas - e causticadas - no século XIX, nas grandes cidades inglesas e continentais. E a própria chegada ao campo das estradas de ferro suscita protesto. (SANTOS, 1996).

O marco na consciência global sobre questões ambientais e o impacto humano no planeta teve o seu surgimento com o Clube de Roma em 1968. Esta organização composta por cientistas, acadêmicos e especialistas de diversas disciplinas se tornou conhecida especialmente por seu relatório seminal "*Limits to Growth*" ou em português *"Os Limites do Crescimento"*, lançado em 1972. Este estudo pioneiro, elaborado pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology) usando modelos de informática, alertou para as consequências potencialmente catastróficas do crescimento populacional e econômico desenfreados em um planeta com recursos finitos. O relatório destacou os limites dos recursos naturais, incluindo água, terra, energia e minerais, e previu que o crescimento exponencial levaria a colapsos ambientais e sociais se não fossem implementadas mudanças significativas. Essas contribuições do Clube de Roma ajudaram a dar origem a uma perspectiva ambiental mais ampla e a promover discussões sobre sustentabilidade, alertando para a necessidade premente de adotar práticas e políticas que considerem os limites e a fragilidade dos sistemas naturais.

Dentre diversas abordagens sobre o tema, se destaca a de ecologia política, onde autores detalham os vínculos entre a economia e crises socioambientais, dessa forma se obtém uma visão holística na gestão de conflitos. Entende-se o conflito socioambiental como um conflito social relacionado ao modo de apropriação e uso dos elementos da natureza envolvendo relações de poder onde os sujeitos envolvidos constroem uma "dimensão ambiental" para suas lutas (ACSELRAD, 1995).

A definição de Acselrad, apesar de bastante concisa, deve conter também um olhar temporal para os conflitos ambientais, pois como bem argumentam Alonso e Acosta:

> A própria definição do objeto como "conflito" supõe considerar a interação entre diversos grupos de agentes. Essa interação pode ser cooperativa, com a formação de alianças entre agentes; geralmente, no entanto, ela é conflituosa. As disputas ocorrem em torno do controle de bens e recursos ou do poder de gerar e impor certas definições da realidade. Isto é, os conflitos se estruturam simultaneamente em torno de interesses e de valores. O próprio processo conflituoso constitui os agentes, possibilitando a formação de novas identidades, inexistentes quando do início do processo. Chegamos ao fulcro desse modelo de análise: o fator crucial é o tempo. Os conflitos têm história; não é possível compreendê-los considerando apenas a configuração presente da ação coletiva. A produção de alianças, adesão a valores, criação/redefinição de identidades, não é estática; é processual (ALONSO et al, 2002).

Talvez o mais poderoso exemplo de conflito ambiental em área urbana, o caso de extração de sal-gema pela Braskem em Maceió, seja essencial para a compreensão do "fator crucial" que Alonso e Acosta sugerem, o tempo. As mais de 60 mil pessoas, como indicam os dados da Agência Brasil, que residiam nos bairros de Bebedouro, Bom Parto, Mutange, Farol e Pinheiro, reuniram-se após o realocamento para fundar a União de Associações de Moradores. A União é, como o próprio nome

indica, uma série de associações de moradores que uniram-se para garantir uma maior pressão popular e de direito, portanto há a formação de uma identidade que reconhece e luta pelos direitos dos afetados pela extração de sal-gema. Essa identidade não pode ser deslocada do conflito que produziu-a, a sua existência tem relação causal com a desapropriação dos imóveis e realocação das famílias, logo pertence a um processo de interação entre relações de poder na "dimensão ambiental" (ACSELRAD, 1995; ALONSO et al, 2002). Apesar da simplicidade da confecção e do entendimento, um mapa de localização, como do exemplo destacado na figura abaixo, pode contribuir para o planejamento como parte fundamental para a resolução de crise ou conflito.

Figura 1- Mapa de localização dos bairros de Maceió afetados pela extração de sal-gema.

Fonte: Autores (2023).

Conflitos ambientais em unidades de conservação

As denominadas unidades de conservação (UCs) possuem a importante função de delimitar um breve espaço de proteção das populações, habitats e diversos ecossistemas presentes no território. Breves pesquisas atribuem aos conflitos ambientais em unidades de conservação uma importante participação no desenvolvimento de leis políticas de combate e preservação.

As atribuições significativas da palavra conflitos ambientais partem dos objetivos estabelecidos entre os problemas e os conflitos gerados, e outro ponto bastante importante deste entendimento é a do consenso, a percepção do atual momento das mudanças nas paisagens e os impactos ambientais negativos gerados a outrem desenvolvem uma sensibilização no homem que o leva a buscar estabelecer novas mudanças generalistas. Conflitos ambientais generalizados nos diversos espaços ambientais e urbanos tornam-se um meio de abertura para o estudo e a análise espacial do espaço, em meio a isto entra a importância da utilização dos meios tecnológicos que são de extrema funcionalidade na coleta dos dados do espaço e na representação cartográfica. Enfatiza-se novamente a importância da sensibilidade do ser em meio aos conflitos gerados pela ganância do homem por desejo dos recursos originados do meio ambiente, quando se há um pensamento coletivo. Alguns dos grandes desafios ambientais que as unidades de conservação enfrentam são com a carência de um órgão gestor a longo prazo e efetivo, em meio a isto existe a criação de convênios ambientalistas para que haja em alguns casos a utilização dos espaços de conservação para desenvolvimento de pesquisas que mostrem a importância da sensibilidade com o espaço e as populações as quais do ambiente pertencem. Entretanto com o avanço do desenvolvimento agrário, garimpeiro, Imobiliario, Turistico e da pratica da pesca ilegal, torna-se muitas das vezes inviavel para os orgãos suportarem tamanha pressão nos espaços ambientais. Em meio a isto, a presença da utilização do SIG como um objeto de esclarecer e promover

transparência por meio de mapeamento e datações tornou-se uma chave importante para se atravessar a porta da ignorância ambiental humana.

MATERIAL E MÉTODO

A necessidade de sistematizar a bibliografia do uso dos sistemas de informação geográfica (SIG) na gestão de conflitos ambientais surge de uma considerável pobreza de publicações nesse tipo de pesquisa em particular, especialmente nas plataformas de acesso à artigos, dissertações e outros tipos de textos acadêmicos.

Portanto, utilizou-se as plataformas de ciência como o Google Scholar, SciElo e Scopus para realizar pesquisa bibliográfica nas áreas de geografia, ciências geodésicas, sociologia e direito ambiental com o intuito de produzir uma revisão dos materiais já produzidos. Houve considerável dificuldade em avaliar o material, pois como já mencionado, há uma relativa pobreza bibliográfica, à vista disso pretendemos contribuir para o fomento da pesquisa e, a partir da produção deste artigo, auxiliar na divulgação do estado da arte da área.

Para obtenção dos dados aplicados na confecção dos mapas foram utilizadas bases de dados geográficas diversas, o mapa de localização dos bairros afetados pela extração de sal gema no município de Maceió utilizou dados de shapefile da base Alagoas em Dados e Informações, que tem relação com os órgãos de planejamento do estado, o mapa foi feito com o auxílio do software ArcGis.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A gestão ambiental pressupõe uma ação planejadora que – segundo Dror (1971), citado por Souza (2000, p.28) – trata-se de um conjunto de métodos destinados a captar e sistematizar informações e que tem como objetivo racionalizar processos decisórios indutores de modificações na dinâmica de funcionamento de sistemas ambientais. Na gestão de conflitos os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) atuam na gestão de conflitos ambientais, como uma ferramenta para analisar, compreender e resolver disputas que envolvem recursos naturais, áreas de conservação e impactos ambientais. O SIG possui a capacidade de integrar e analisar dados espaciais e geográficos auxiliando na identificação de sobreposições de interesses e áreas críticas, permitindo uma compreensão mais holística das dinâmicas ambientais e sociais.

Além disso, o SIG permite a criação de modelos espaciais e simulações, o que é essencial para prever cenários e avaliar o impacto de diferentes estratégias de gestão. A capacidade de modelar e visualizar os resultados potenciais de ações específicas é exclusiva do SIG e possibilita a escolha de abordagens que minimizem conflitos e maximizem a eficácia na conservação e uso sustentável dos recursos naturais.

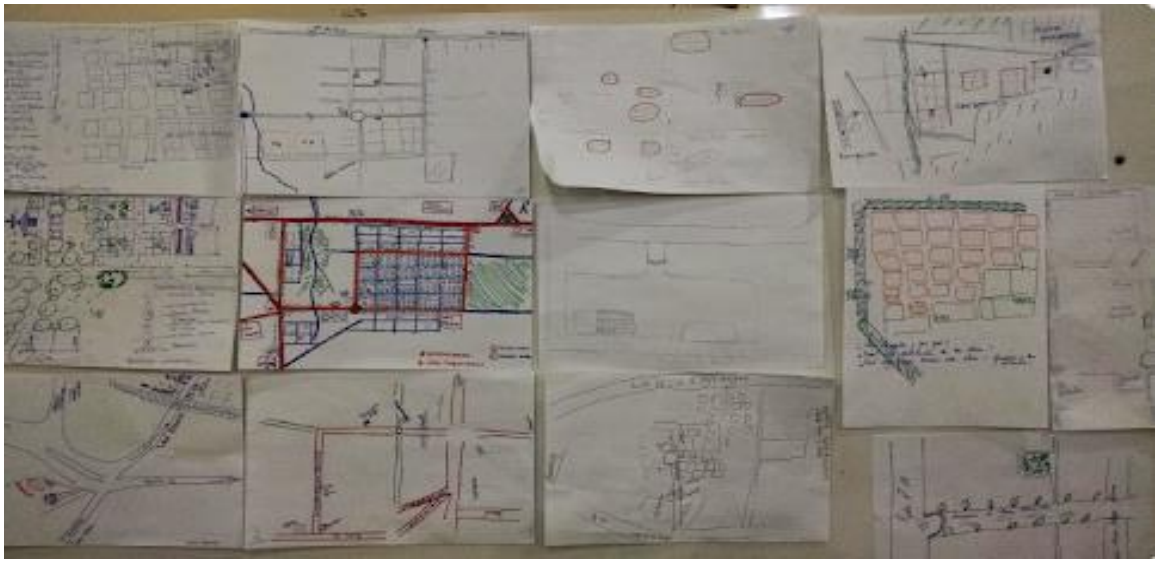
Outro ponto crucial é a capacidade do SIG de promover a transparência e a participação das partes interessadas. A criação de mapas interativos e plataformas acessíveis ajuda a envolver as comunidades locais, organizações não governamentais e outras partes interessadas no processo de gestão de conflitos. Isso fomenta um diálogo mais inclusivo e colaborativo, permitindo que diversas vozes sejam ouvidas e contribuam para a busca por soluções mais equitativas e sustentáveis.

> (...)nos mapas que procuram incorporar a historicidade dos processos sociais, o espaço torna-se um vasto tabuleiro de xadrez sobre o qual os sujeitos sociais evoluem, se deslocam, se orientam. A delimitação do espaço torna-se, assim, não mais um meio de representá-lo simplesmente pelos objetos geográficos que o compõem, mas pelos 7 conhecimentos associados a seu uso e pela intenção política que preside a sua apropriação (ACSELRAD, 2010).

A cartografia social promove a inclusão das vozes das comunidades afetadas, permitindo que suas perspectivas e conhecimentos sejam considerados na tomada de decisões. Essa abordagem participativa pode fortalecer a capacidade das comunidades locais de defenderem seus interesses e valores, contribuindo para a busca de soluções mais justas e culturalmente sensíveis na gestão de conflitos ambientais. A exemplo podemos citar a **figura 2,** que nos apresenta uma atividade de

cartografia social, trazendo a questão da participação do social, formando no fim uma cartografia não apenas técnica, vista de fora, mas uma cartografia que conta uma história, contada por olhos que presenciam aquela realidade.

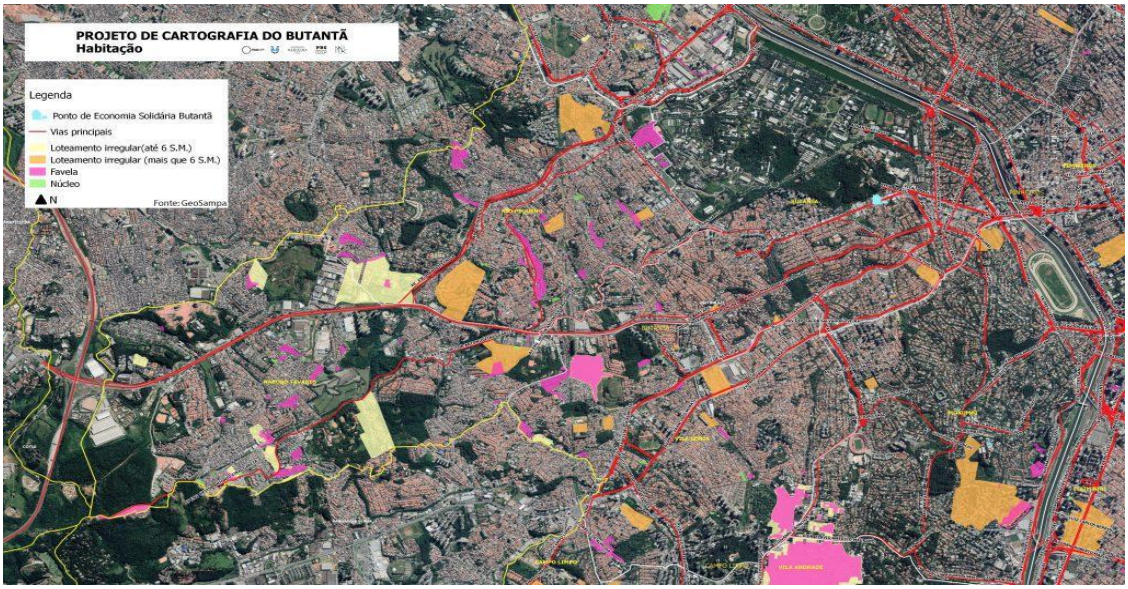
Figura 2- Trabalho de cartografia social feito pela Dirección de Economía e Información Agroalimentaria.



Fonte: direiaerios.blogspot.com (2023).

Por mais que o profissional tenha todo um conhecimento de geotecnologias, é necessário o conhecimento do lado social de quem tem uma vivência com tal processo,as geotecnologias nesse caso auxilia na representação ilustrativa dessa vivência. A **Figura 3** nos traz esse complemento da cartografia social, onde o profissional põe em prática o conhecimento de softwares, utilizando SIG para a obtenção de um resultado completo, contendo os detalhes sociais e as técnicas das ciências geodésicas. Dessa forma a gestão de conflitos pode atuar do ponto de vista empírico, e não apenas de uma forma superficial, não só levando em consideração dados superficiais.

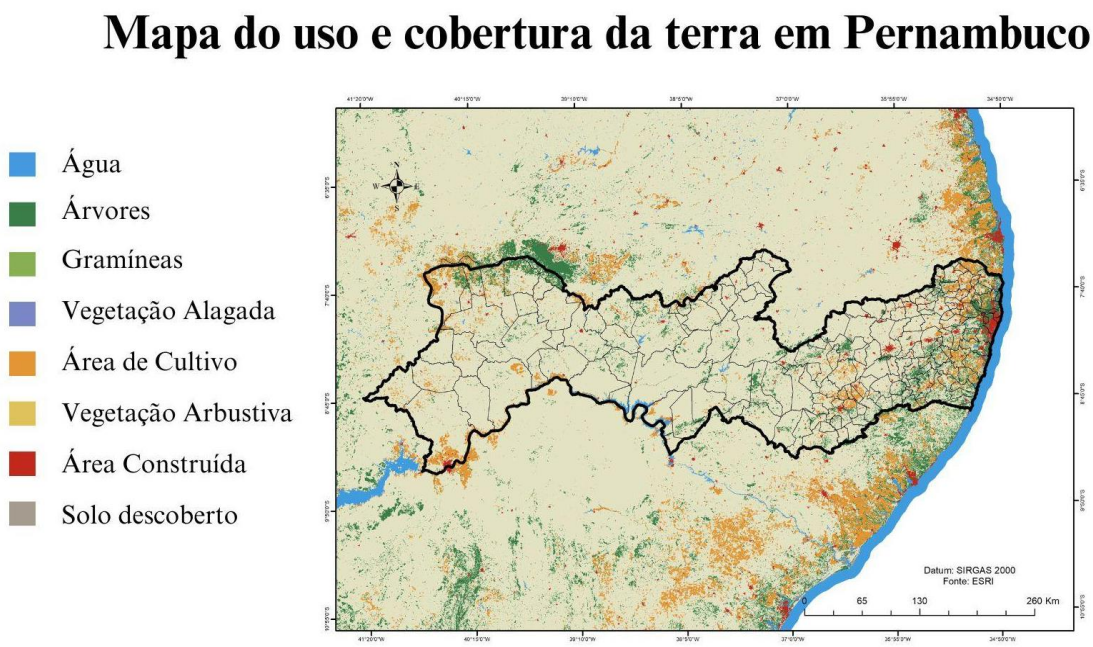
Figura 3 - Cartografia Social no Território do Butantã



Fonte: Cartografia Social – Cartografia social no território do Butantã (usp.br)

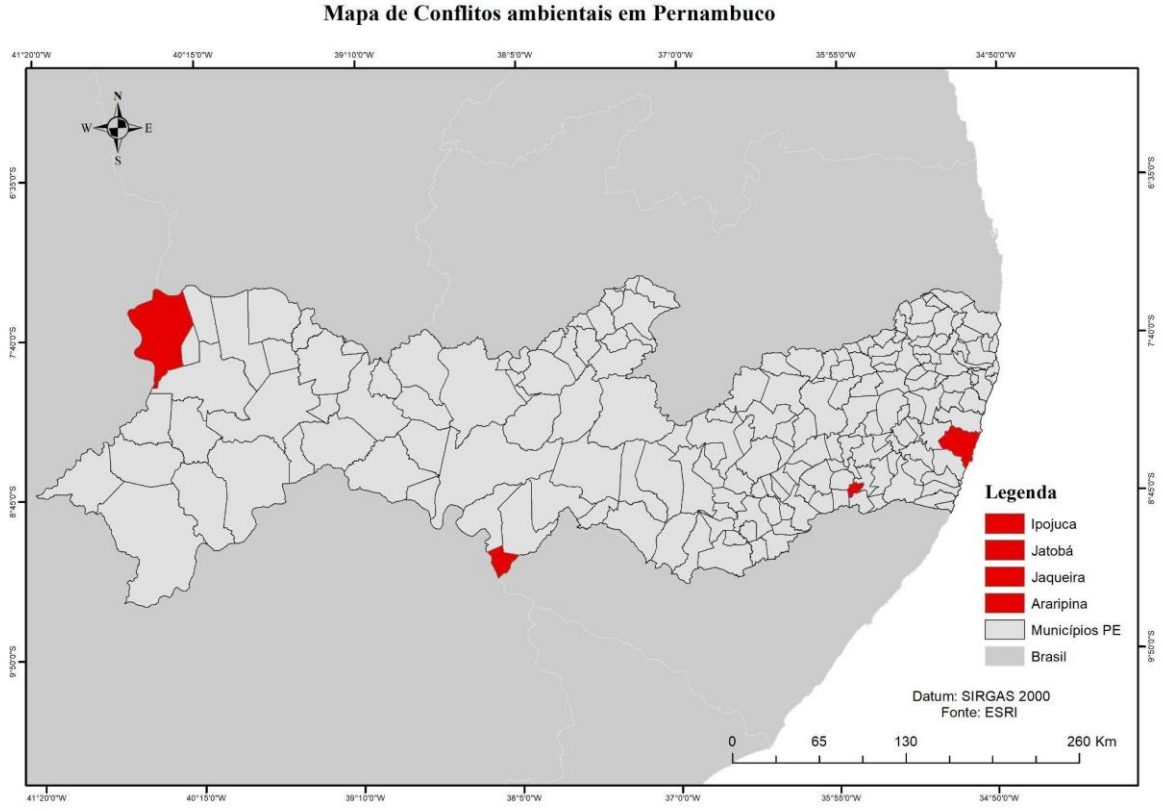
Outra forma de utilização de SIG em gestão de conflitos é a análise de impactos ambientais, como na avaliação de ameaças de ecossistemas, nessa opção mapas de uso e cobertura da terra **Figura 4** podem ser empregados facilitando o manuseio de informações.Também pode ser citados zoneamento ambiental, mapeamento de conflitos ambientais **Figura 5** e mapas interativos para análise espacial.

Figura 4 - Mapa interativo do uso e cobertura da terra em Pernambuco.



Fonte: Autores (2023).

Figura 5 - Mapa baseado em conflitos envolvendo injustiça ambiental em Pernambuco.



Fonte: Autores, (2023).

Quadro 1 – Quadro de conflitos envolvendo injustiça ambiental em Pernambuco.

Nome	UF	Município	Populações	Atividades Geradoras do Conflito	Impactos Socioambientais
PE - Camponeses de Jaqueira, Zona da Mata pernambucana, lutam contra empresa que tenta inviabilizar sua existência na terra em que vivem há várias décadas e da qual tiram o seu sustento	PE	Jaqueira (PE)	Agricultores familiares	Especulação imobiliária	Alteração no regime tradicional de uso e ocupação do território
PE - Camponeses lutam por território, pela manutenção de sua agricultura familiar e contra a monocultura de eucaliptos	PE	Araripina (PE)	Agricultores familiares	Atuação de entidades governamentais, Mineração, garimpo e siderurgia, Monoculturas, Transgênicos	Alteração no regime tradicional de uso e ocupação do território, Desmatamento e/ou queimada, Mudanças climáticas
PE - No complexo de Suape, agricultores familiares lutam por indenizações justas e por seus direitos	PE	Ipojuca (PE)	Agricultores familiares, Pescadores artesanais	Atuação de entidades governamentais, Indústria química e petroquímica	Falta / irregularidade na autorização ou licenciamento ambiental, Poluição atmosférica, Poluição de recurso hídrico
PE – Tensão entre indígenas da TI Pankararu e posseiros não tem data para acabar	PE	Jatobá (PE)	Agricultores familiares, Povos indígenas	Atuação de entidades governamentais, Barragens e hidrelétricas	Alteração no regime tradicional de uso e ocupação do território, Falta de saneamento básico, Favelização, Poluição de recurso hídrico

Fonte: Adaptado mapa de conflitos injustiça ambiental e saúde no Brasil, (2023).

CONCLUSÃO

Neste sentido, a presente pesquisa visou atentar para os resultados que podem ser obtidos através da perspectiva possibilitada nos sistemas de informação geográfica voltados para a gestão de conflitos em áreas de conservação. Mediante a pesquisa bibliográfica encontrada, é perceptível a dificuldade de trabalhos estritamente voltados ao tema em questão, se deparando como incentivador na abordagem da temática aliada à utilização de técnicas das ciências geodésicas, desse modo proporcionando um novo olhar para a resolução do tema e concomitantemente estimulando novas pesquisas nas áreas de conservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSELRAD, Henri. **Sobre os usos sociais da cartografia**. 2010.

HAESBART, Rogerio. Ordenamento territorial**.** Nota. n. 1, (26): 117-124, 2006. **Boletim Goiano de Geografia.**

SILVEIRA, K. A. (2010). **Conflitos Socioambientais e participação social no complexo industrial portuário de SUAPE, Pernambuco,** Dissertação de Mestrado, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil**.**

PÁDUA, M. T. J. **Efetividade das políticas de conservação da biodiversidade**. Anais do II Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Campo Grande: vol I. 2000. p. 104-116. Acesso em: 13 nov. 2023.

SANTOS, Dorival. Cartografia Social: O estudo da cartografia social como perspectiva contemporânea da Geografia. **Interespaço.** Revista de geografia e interdisciplinaridade. 2016

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: EDUSP, 2002.

SOUZA, Marcelo Pereira de. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática**. São Carlos: Editora Riani Costa. Acesso em: 12 nov. 2023.

VARGAS, G. M. Conflitos sociais e sócio-ambientais: proposta de um marco teórico e metodológico. **Sociedade & Natureza**, 2007, v.19, n.2, p. 191-203. Acesso em: 13 nov. 2023.

UTILIZAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DAS INTERNAÇÕES POR CAUSAS EXTERNAS ENTRE OS ADOLESCENTES DA REGIÃO SUL DA BAHIA

João Gabriel de Moraes Pinheiro[(a)], Heliana Argôlo Santos Carvalho[(b)], Stênio Carvalho Santos[(c)], Geovana Carvalho Cardoso Lima[(d)], Emanuella Gomes Maia[(e)]

[(a)]Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz, jgmpinheiro.bge@uesc.br
[(b)]Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, hascarvalho@uesc.br
[(c)] Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, scsantos@uesc.br
[(d)]Departamento de Ciências da Saúde, Universidade Estadual de Santa Cruz, geovanna_carvalho11@hotmail.com
[(e)] Departamento de Ciências da Saúde, Universidade Estadual de Santa Cruz, egmaia@uesc.br

Resumo: O objetivo do presente trabalho é realizar uma análise das geotecnologias como subsídio à análise da distribuição espacial das causas externas para o público adolescente residentes nos 30 municípios que compõem as regiões de saúde de Itabuna e Ilhéus. As causas externas configuram-se como uma das principais causas de internação e óbito dos adolescentes, neste sentido, entende-se por causas externas, as causas exógenas à saúde, tendo início súbito, como por exemplo, homicídio, suicídio, violência interpessoal e autoprovocada entre outros. Para a realização da pesquisa, os dados foram obtidos no Sistema de Internação Hospitalar (SIH) do Departamento de Informática do SUS (DATASUS), na qual as variáveis de coleta foram: município, sexo, faixa etária e as causas contempladas no capítulo XX da CID-10. Após a coleta de dados, foram calculados coeficientes de morbidade que integrados ao SIG, foi possível realizar o mapeamento epidemiológico da região evidenciando os municípios mais acometidos pelas internações. Após a análise dos dados, constatou-se que houve uma redução no coeficiente de morbidade hospitalar por causas externas em quase metade dos municípios, sendo a principal causa de morbidade hospitalar foi "outras causas externas de lesões acidentais", em que ambas as regiões (de Itabuna e de Ilhéus) apresentaram mais de 60%. Dessa forma, a utilização das ferramentas de geoprocessamento aliada aos Sistemas de Informação em Saúde evidenciou a necessidade de implantação/implementação de políticas públicas que visem a promoção integral à saúde dos adolescentes.

Palavras-chave: Sistemas de Informação em Saúde; Sistemas de Informação Geográfico; Adolescentes.

Abstract: The objective of this work is to carry out an analysis of geotechnologies as a support for the analysis of the spatial distribution of external causes for adolescents living in the 30 municipalities that make up the health regions of Itabuna and Ilhéus. External causes are one of the main causes of hospitalization and death of adolescents, in this sense, external causes are understood as causes exogenous to health, having a sudden onset, such as homicide, suicide, interpersonal and self-inflicted violence between others. To carry out the research, data were obtained from the Hospital Admission System (SIH) of the SUS IT Department (DATASUS), in which the collection variables were: municipality, sex, age group and the causes covered in chapter XX of the ICD-10. After data collection, morbidity coefficients were calculated and integrated into the GIS, it was possible to carry out epidemiological mapping of the region, highlighting the municipalities most affected by hospitalizations. After analyzing the data, it was found that there was a reduction in the coefficient of hospital morbidity due to external causes in almost half of the municipalities, with the main cause of hospital morbidity being "other external causes of accidental injuries", in which both regions (Itabuna and Ilhéus) presented more than 60%. Thus, the use of geoprocessing tools combined with Health Information Systems highlighted the need to implement public policies aimed at comprehensively promoting adolescent health.

Keywords: Health Information Systems; Geographic Information Systems; Teenagers.

INTRODUÇÃO

A adolescência é elucidada como um período biopsicossocial que, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) compreende a faixa etária de 10 a 19 anos, este critério também é adotado pelo Ministério da Saúde do Brasil e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), todavia para o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) o período compreendido como o da adolescência é de 12 aos 18 anos. A adolescência, por ser caracterizada por ser um período de transição para outro ciclo

de vida, não está isenta de vulnerabilidades, e o reflexo disso são as taxas de mortalidade de adolescentes cada vez crescentes. A morbimortalidade de adolescentes é um problema que afeta três setores da sociedade, a saber: i) setor social, ii) setor econômico, e iii) saúde pública. Embora os cálculos estatísticos, como índices e porcentagens, quantifiquem o número de vidas perdidas e o impacto que isso causa nos setores da sociedade, é importante ressaltar o peso que isso tem para a família e para as comunidades desses adolescentes (Pereira; Queiroz, 2016).

Em vias gerais, os estudos de morbimortalidade deste ciclo de vida estão predominantemente focados nas condições de vida dos seus locais de moradia que podem estar associados a uma maior probabilidade de risco de mortalidade em comparação com as condições domiciliares e com condições próprias do indivíduo (Pereira; Queiroz, 2016). Nesse sentido, existe uma correlação entre as altas taxas de morbimortalidade, como por homicídio de jovens, por exemplo, e os indicadores socioeconômicos, como o de renda familiar, indicando maiores desvantagens e suscetibilidades para lugares com piores condições de vida, estando os adolescentes suscetíveis, predominantemente, às causas externas.

Outrossim, entende-se "por causas externas", óbitos por fatores não naturais, como traumatismos, lesões e qualquer outros agravos à saúde, podendo ser de natureza intencional ou não, tendo início súbito e como consequência imediata de violência ou causa exógena. Nesse grupo de causas externas incluem-se, quedas, afogamentos, acidentes de transportes, homicídios, envenenamento, suicídios, queimaduras, lesões, lesões por deslizamentos e enchentes e outras ocorrências (Gonsaga et al, 2012). O conceito de causas externas e evitáveis tem seu advento no fim do século XX e início do século XXI, época na qual foi observada, em alguns países desenvolvidos, a variância nos parâmetros de escolhas para se definir as causas de morte e variáveis explicativas, ao longo do tempo alterou-se esses critérios, estando presente atualmente no capítulo de número XX da Classificação Internacional de Doenças (CID-10) (Modesto et al; 2019).

Dentro das causas externas, as mais frequentes no Brasil, em termos quantitativos dos adolescentes, são: i) acidentes de trânsito, ii) homicídios suicídios, iii) quedas e iv) lesões intencionais e acidentais. Vale salientar que algumas cidades brasileiras apresentam panoramas muito preocupantes, na qual existe um número significativo de mortes violentas, com índices alarmantes semelhantes a locais que vivem guerras declaradas (Modesto et al, 2012). Destarte, no núcleo central de conhecimentos da saúde coletiva, a geografia e a epidemiologia sempre tiveram uma relação estrita. Nesse sentido, o geoprocessamento configura-se como uma importante ferramenta que subsidia a localização, identificação e acompanhamento das populações vulneráveis a determinantes do processo saúde-doença.

Especificamente para a população adolescente, a análise da distribuição espacial das causas externas nos municípios alicerça os estudos sobre a transmissibilidade nas regiões e áreas de abrangência, permitindo o acesso rápido às informações necessárias para realizar o acompanhamento e vigilância dos casos. Além disso, proporciona oportunidades para avaliar a pertinência da descentralização dos tratamentos, indicando áreas de maior impacto na população. Isso simplifica o trabalho dos profissionais, facilita a distribuição de medicamentos, promove a implementação de programas educacionais contínuos e permite a realocação eficiente dos recursos humanos e físicos (Nardi et al., 2013). A utilização de tecnologias de georreferenciamento na análise de dados tem sido fundamental no contexto da saúde pública, uma vez que o público adolescente possui o seu desenvolvimento comprometido devido à violência e as outras causas externas, proporcionando suporte essencial para o planejamento, gestão em saúde, vigilância e análise de dados socioespaciais (Ibiapina; Bernardes, 2019). Conforme apontado por Ferreira e Raffo (2012, p. 178), "a aplicação de conhecimentos de SIG no campo da saúde pública tem servido a dois propósitos: pesquisa científica sobre a espacialização de doenças e atendimento às necessidades de planejamento e gestão dos serviços".

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é realizar o mapeamento da distribuição espacial das causas externas para o público adolescentes, que reside nas regiões de saúde de Itabuna e Ilhéus, no sul da Bahia, nos últimos dez anos, evidenciando quais são as principais causas de internação e os principais determinantes que agravam a saúde deste público. Este estudo justifica-se pela capacidade que este tem em subsidiar a criação de políticas públicas, ações e diretrizes voltadas para a promoção integral da saúde dos adolescentes, bem como demonstrar o geoprocessamento como uma ferramenta importante de análise espacial e epidemiológica necessária para as ações de saúde pública.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da área e da população escolhida para o estudo

Trata-se de um estudo observacional, com abordagem quantitativa, realizado por meio da coleta de dados secundários. A população de interesse neste estudo foi o público adolescentes, que é circunscrita na faixa etária de 10 a 19 anos, de acordo com a OMS e o Ministério da Saúde do Brasil. A área de estudo escolhida foram as regiões de saúde de Itabuna e de Ilhéus que compreendem 30 municípios, sendo 22 da região de saúde Itabuna (Almadina, Aurelino Leal, Barro Preto, Buerarema, Camacan, Coaraci, Floresta Azul, Gongogi, Ibicaraí, Ibirapitanga, Itabuna, Itajú do Colônia, Itajuípe, Itapé, Itapitanga, Jussari, Maraú, Pau Brasil, Santa Cruz da Vitória, São José da Vitória, Ubaitaba e Ubatã), e 8 da região de saúde de Ilhéus (Canavieiras, Ilhéus, Itacaré, Mascote, Santa Luzia, Una e Uruçuca).

Segundo o último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010, as regiões de saúde de Itabuna e Ilhéus totalizaram 835.315 habitantes, sendo 159.374 adolescentes (19,1%). Todavia, segundo o censo demográfico realizado para o ano de 2022, a população total é de 761.999 habitantes, destes, 114.174 são adolescentes, o que corresponde a 14,7% da população total.

Coleta e análise dos dados

A coleta de dados referente às causas de morbidade entre os adolescentes foi realizada por intermédio do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e com os dados computados e notificados no Sistema de Internação Hospitalar (SIH). O SIH possibilita o acesso às informações de internações hospitalares e o processamento das Autorizações de Internações Hospitalares (AIH) (Ministério da Saúde, 2021).

Os dados foram acessados por intermédio do DATASUS com acesso instantâneo. Os dados são públicos, e disponibilizados gratuitamente e de maneira on-line no site: < https://datasus.saude.gov.br/acesso-a-informacao/morbidade-hospitalar-do-sus-sih-sus/>. A organização dos dados deste estudo consistiu em inserir a variável “lista morbidade CID-10” na coluna, e a variável “ano de atendimento (de 2011 até 2021)” na linha. Além disso, as seguintes variáveis foram utilizadas como filtro de seleção: i) município da Bahia; ii) faixa etária (de 10 até 19 anos); iii) sexo; iv) Capítulo XX da CID – 10 (Causas externas).

Devido à limitação de trabalhar com a frequência absoluta, com o objetivo de comparar o perfil de morbidade pelas Causas Externas entre os diferentes municípios, foi calculado também o Coeficiente de Morbidade Específica (CME) por Causas Externas. Para a análise dos dados, a fórmula utilizada para calcular os coeficientes foi:

$$Y=(A/B) *1000$$

sendo:

Y, o coeficiente geral de morbidade;
A, a frequência absoluta de hospitalizações por morbidade de doenças por veiculação hídrica entre os adolescentes do município e ano específico;
B, população adolescente residente no município e ano específico.
Uma vez calculado, a população específica não exerce mais influência, haja vista que todos possuem o denominador em comum, nesse caso o 1000.

O CME permite comparar as tendências de aumento ou diminuição temporal e mensura quantos adolescentes foram internados a cada mil.

Representação espacial

Após os coeficientes serem calculados, os mesmos foram utilizados para a realização do mapeamento epidemiológico dos municípios das regiões de saúde de Ilhéus e Itabuna. Os coeficientes foram tabulados e associados aos respectivos municípios, em seguida, a planilha em formato .csv, serviu como input no Sistema de Informação Geográfica (SIG), neste caso foi utilizado o software Quantum Gis (Qgis) versão 3.30.0. O método utilizado para a representação espacial foi o mapa coroplético bivariado.

O método coroplético combina as variáveis de cor e valor, esse último representando gradiente variado de tons do mais claro ao escuro. Esse método permite a representação e associação de variáveis quantitativas e ordenadas, haja vista que revela uma ordem dos valores numéricos (Menezes & Silva, 2020). O mapa coroplético bivariado, por sua vez, é composto por duas variáveis, para isso uma matriz com nove cores é construída, neste estudo as variáveis e classes foram definidas e organizadas de acordo com as propostas teórico-metodológico de elaboração de mapas coropléticos bivariados desenvolvida por Stevens (2015). Tanto o mapa coroplético bivariado como a matriz de nove cores foram elaboradas no Qgis, e os valores das variáveis foram classificados utilizando o método de Quebra Natural (Jenks). Este método específico minimiza a variabilidade dos valores dentro de uma mesma classe, ao passo que maximiza a variação entre classes (Dent; Torguson; Hodler, 2009).

RESULTADO E DISCUSSÃO

De modo geral, observou-se uma redução no coeficiente de morbidade hospitalar por causas externas entre os adolescentes dos municípios das regiões de saúde de Itabuna e Ilhéus, ainda que municípios como Aurelino Leal, Itajú do Colônia e Pau Brasil tenham se destacado com um coeficiente de morbidade hospitalar maior que 7,0 internações por 1000 adolescentes. Quatorze municípios apresentaram uma tendência de redução entre 2010 e 2020 (Almadina, Arataca, Barro Preto, Buerarema, Canavieiras, Coaraci, Floresta Azul, Mascote, Santa Luzia, São José da Vitória, Ubaitaba, Ubatã, Una, Uruçuca), onze apresentaram tendência de aumento (Aurelino Leal, Gongogi, Ilhéus, Itacaré, Itaju do Colônia, Itajuípe, Itapé, Jussari, Maraú, Pau Brasil, Santa Cruz da Vitória) e cinco municípios mantiveram seus coeficientes de morbidade hospitalar na mesma faixa de intervalo (Camacan, Ibicaraí, Ibirapitanga, Itabuna, Itapitanga).

Em 2010, os coeficientes de morbidade hospitalar por causas externas oscilaram da faixa de 0,0 a 1,9 internações por 1000 adolescentes (Gongogi, Ibicaraí, Itapé, Itapitanga, Jussari, Santa Cruz da Vitória), até a faixa de 6,0 a 6,9 internações por 1000 adolescentes (Itajú do Colônia, Mascote e São José da Vitória). Dos 30 municípios, o intervalo de coeficiente mais frequente foi de 0,0 a 1,9 internações por 1000 adolescentes (Gongogi, Ibicaraí, Itapé, Itapitanga, Jussari, Santa Cruz da Vitória), e de 3,0 a 3,9 internações por 1000 adolescentes (Aurelino Leal, Camacan, Canavieiras, Ibirapitanga, Itabuna, Ubatã) (Figura 1).

Em 2020, os coeficientes de morbidade hospitalar por causas externas oscilaram da faixa de 0,0 a 1,9 internações por 1000 adolescentes (Almadina, Coaraci, Ibicaraí, Itapitanga, Mascote) até a faixa acima de 8,0 internações por 1000 adolescentes (Itajú do Colônia, Pau Brasil). Dos 30 municípios, o intervalo de coeficiente mais frequente foi de 3,0 a 3,9 internações por 1000 adolescentes (Arataca, Barro Preto, Camacan, Gongogi, Floresta Azul, Ibirapitanga, Itabuna, Itacaré, Itapé, Santa Cruz da Vitória, Ubaitaba, Una) (Figura 2).

Das 3367 internações por causas externas entre adolescentes, na região de Saúde de Itabuna, destacam-se: i) Outras causas externas de lesões acidentais (72,6%, n=2445), ii) Fatores relacionados a outras causas (12,9%, n=434), e iii) Acidentes de transporte (4,5%, n=150). Na região de Ilhéus foram notificadas 2438 internações por causas externas, destacando-se: i) Outras causas externas de lesões acidentais (65,7%, n=1601), ii) Causas externas não classificadas (20,6%, n=502), e iii) Acidentes de transporte (4,6%, n=112).

Lemos et al. (2017), através da análise de dados disponibilizados pelo SIH, constatou que da década de 1980 a 2012 houve uma redução de 24,8% de vítimas de homicídio de jovens brancos, em contrapartida para a população negra, no mesmo período, houve um aumento de 38,7% de homicídios. Ficando evidente, desta forma, que o homicídio no Brasil, especificamente para o público jovem, tem cor.

Outrossim, o racismo no Brasil é institucionalizado, na qual as discriminações sofridas pela população negra são naturalizadas tal qual muitas são praticadas pelas instituições do Estado mesmo

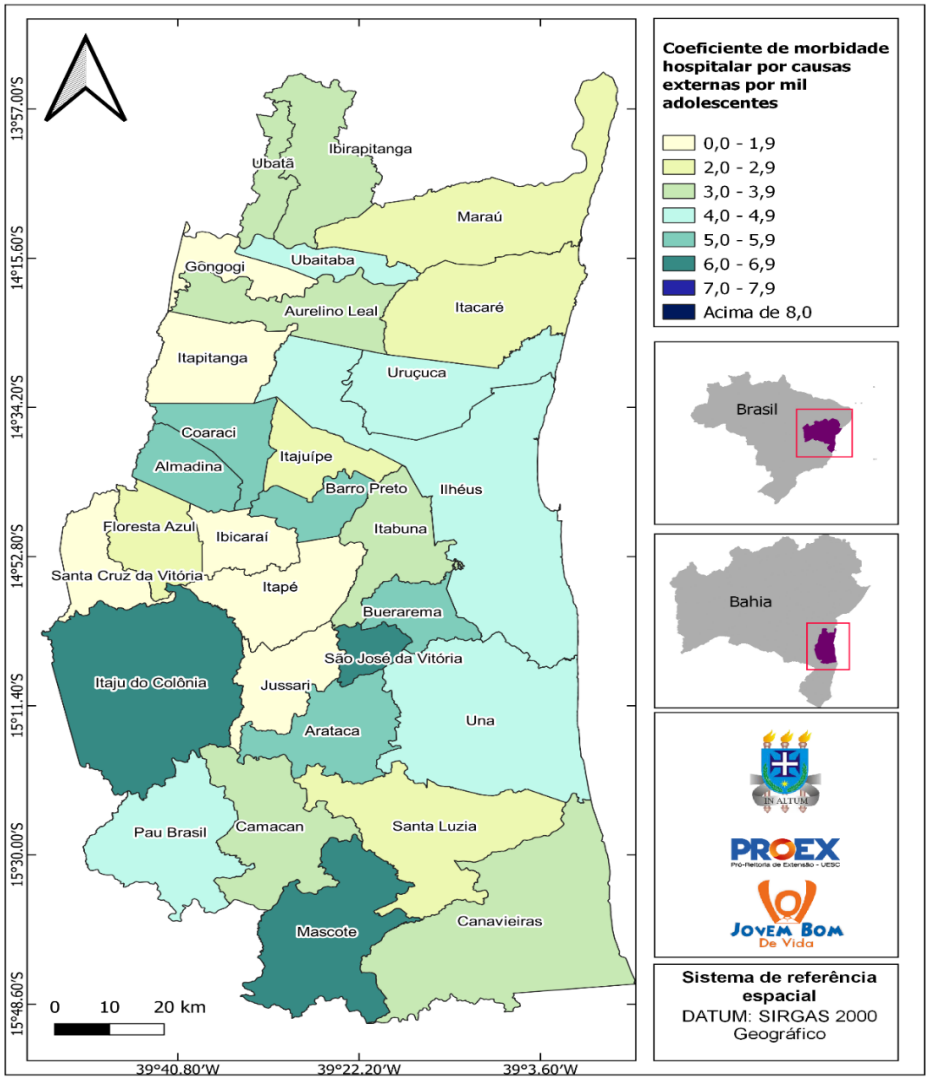
que de forma disfarçada, para muitos a mortalidade de jovens negros, bem como os outros ciclos de vida desta população, são apenas dados estatísticos, mascarando todo o panorama de discriminação vivenciados por esses sujeitos (Nicolau, 2017).

Ao discorrer sobre a mortalidade de adolescentes no Brasil é imprescindível falar sobre a causa que mais ganha destaque nas estatísticas: a mortalidade por causas externas. A literatura, bem como pesquisas pretéritas e atuais, versa sobre as causas externas como principal causa de morte de adolescentes

Este grupo de óbitos, por sua vez, subsidia a sobrecarga dos sistemas de saúde, do sistema judiciário e reverbera em outros setores da sociedade, isso se justifica pelas políticas públicas deficientes em relação à intensificação deste processo, dessa forma pode-se concluir que as altas taxas de mortalidade por causas externas, sobretudo para os jovens, é o produto das várias falhas sistemáticas do Estado, que afeta esse e outros grupos.

Os óbitos por causas externas, no geral, têm maior frequência nos adolescentes do sexo masculino, isso se justifica através das mudanças comportamentais apontadas por Modesto et al (2012): muitos adolescentes homens em muitas culturas do ocidente seguem um padrão de masculinidade tradicional, na qual, para o exercício da masculinidade na cultura dos adolescentes, é validado o uso de álcool, drogas e ações ilegais. Esse comportamento degradante é influenciado pela mídia, responsáveis, adultos e outros adolescentes.

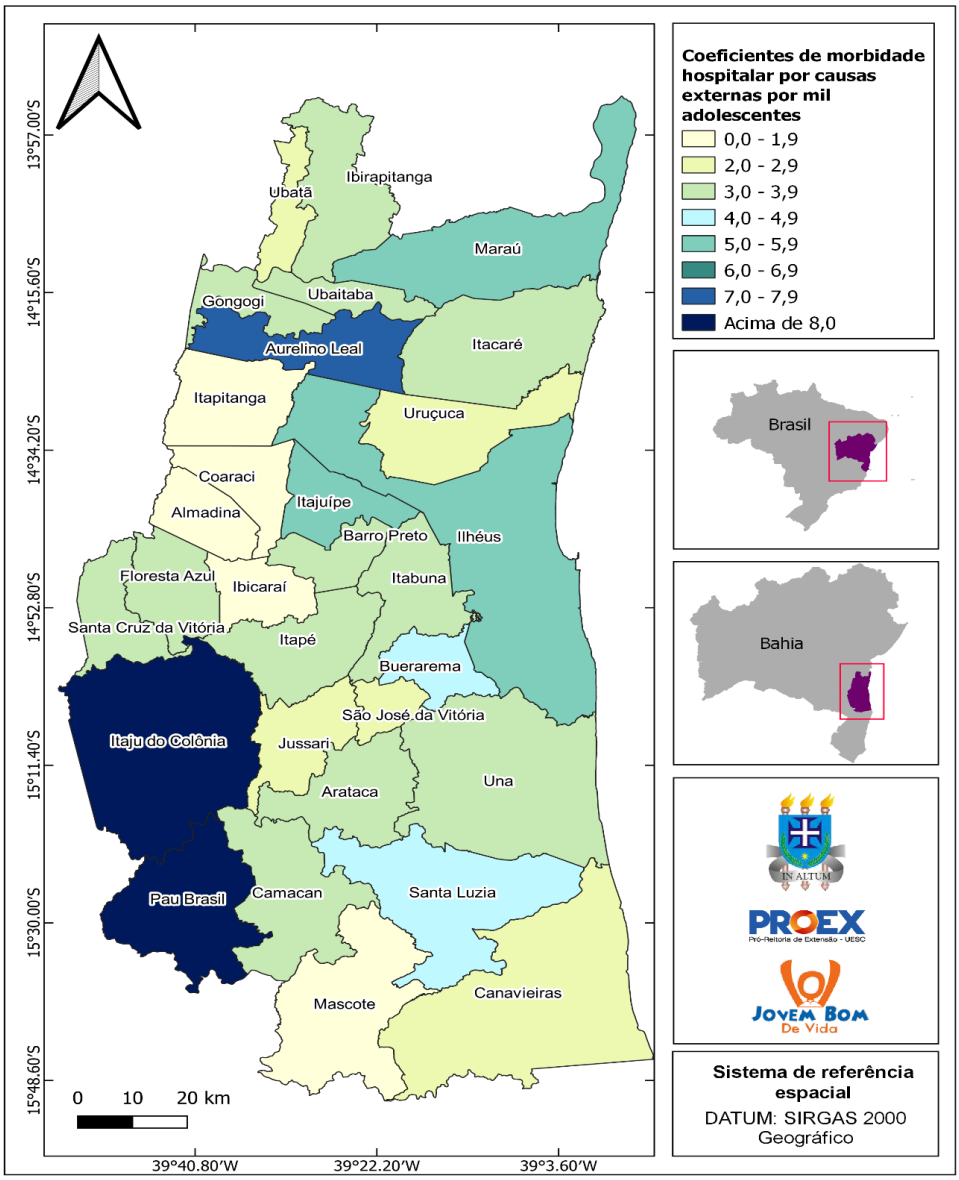
Figura 1: Coeficiente de morbidade hospitalar por causas externas entre os adolescentes (10 a 19 anos) nas regiões de saúde de Itabuna e Ilhéus, 2010



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

.

Figura 2: Coeficiente de morbidade hospitalar por causas externas entre os adolescentes (10 a 19 anos) nas regiões de saúde de Itabuna e Ilhéus, 2020



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A Teoria Social Cognitiva de Gênero ressalta que o desenvolvimento de gênero de adolescentes tem influência através da sua observação do comportamento de gênero de outras pessoas, bem como as recompensas e punições que eles recebem por comportamentos apropriados ou inapropriados para seu gênero, outrossim a realidade das classes discriminadas resultante da situação socioeconômica ocasiona em panoramas diferentes para a vulnerabilidade à riscos (Modesto et al, 2012).

Dados divulgados pela OMS em 2011 mostraram a proporção desigual de óbitos por causas externas para o gênero masculino e feminino, dessa forma a proporção de óbitos é de 18,8% para o público masculino e 10,3% para o feminino, logo, no Brasil, assim como no mundo, os homens são as principais vítimas de causas externas. O sexo feminino, por sua vez, são as maiores vítimas de violência que nem sempre leva à óbito, sendo os autores da agressão os próprios homens (Marques et al., 2017).

Marques et al. (2017) apontam ainda que a OMS calculou em 2012 que aproximadamente 1,3 milhão de adolescentes de 10 a 14 anos morreu devido à algumas categorias de causas externas, como: acidentes de trânsitos, suicídio e agressões.

CONCLUSÃO

A utilização das ferramentas de geoprocessamento, do SIG e dos Sistemas de Informação em Saúde, conseguiu evidenciar na última década (2010-2020) uma redução no coeficiente de morbidade hospitalar por causas externas em quase metade dos municípios (n=14). Em 2010, Itajú do Colônia, Mascote e São José da Vitória apresentaram o maior coeficiente de morbidade hospitalar; em 2020, destacaram-se os municípios de Itajú do Colônia e Pau Brasil. A principal causa de morbidade hospitalar foi "outras causas externas de lesões acidentais", em que ambas as regiões (de Itabuna e de Ilhéus) apresentaram mais de 60%. Por outro lado, em relação ao coeficiente de mortalidade, observou-se um aumento no coeficiente para quase metade dos municípios (n=14). Em 2010, Ubaitaba apresentou maior coeficiente de mortalidade, enquanto em 2020, destacou-se o município de Almadina. A principal causa de mortalidade foi "agressões", em que ambas as regiões apresentaram mais de 65%.

Portanto, a articulação intersetorial, assim como a utilização das geotecnologias aliadas com diálogos ampliados e pautados no enfrentamento das situações que colocam em risco a vida e saúde dos adolescentes, deve ser incentivada e implementada nos territórios. Os dados do SIH permitem a realização de análises situacionais de saúde que podem e devem subsidiar o planejamento estratégico, direcionado para o desenvolvimento de ações que contemplem a integralidade da atenção, a promoção da saúde e a qualidade de vida para os adolescentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Extensão da Universidade Estadual de Santa Cruz (PROBEX/UESC) e ao Observatório Regional de Saúde do Adolescente do Núcleo Jovem Bom de Vida da UESC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DENT, B. D.; TORGUSON, J. S.; HODLER, T. W. (2009). **Cartography Thematic Map Design** (6nd ed.). McGraw Hill.

IBGE. Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (2010). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/. Acesso em: 12 ago. 2022.

FERREIRA, R. V.; RAFFO, J. G. 2012. O uso dos sistemas de informação geográfica (SIG) no estudo da acessibilidade física aos serviços de saúde pela população rural: revisão da literatura. **Hygeia, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, 8, (15), p. 177-189.

GONSAGA, R. A. T. et al. 2012. Avaliação da mortalidade por causas externas. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, 39, p. 263-267.

IBIAPINA, E.; BERNARDES, A. 2019. O mapa da saúde e o regime de visibilidade contemporâneo. **Saúde e Sociedade**, 28, p. 322-336.

LEMOS, F. C. S. et al. 2017. **O extermínio de jovens negros pobres no Brasil: práticas biopolíticas em questão**. Revista Pesquisas e Práticas Psicossociais, 12, (1), p. 164-176.

MARQUES, S. H. B. et al. 2017. Mortalidade por causas externas no Brasil de 2004 a 2013. **Revista Baiana de Saúde Pública**, 41, (2), p. 394-409.

MEDEIROS, T. J.; MALFITANO, A. P. S. 2015. Entre a violência e a cidadania: um olhar sobre a mortalidade juvenil. **O Mundo da Saúde**, 39, (1), p. 62-73.

MODESTO, J. G et al. 2019. Fatores que influenciam na mortalidade de jovens por causas externas no brasil: uma revisão da literatura. **Multidebates**, 3, (2), p. 137-155.

NARDI, S. M. T. et al. 2013. Geoprocessamento em Saúde Pública: fundamentos e aplicações. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, 72, (3), p. 185-191.

NICOLAU, A. C. N. A. **O extermínio de jovens negros sob a ótica do racismo institucional**. 2017. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

PEREIRA, F. N. A.; QUEIROZ, B. L. 2016. Diferenciais de mortalidade jovem no Brasil: a importância dos fatores socioeconômicos dos domicílios e das condições de vida nos municípios e estados brasileiros. **Cadernos de Saúde Pública**, 32, p. e00109315.

IV SIGNE
& VI GISday

GEOGRAFIA HUMANA & SIG

3º EIXO

ASPECTOS MORFODINÂMICOS DE PROCESSOS EROSIVOS POR MEIO DE SIG NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DO BOI - MUNICÍPIO DE ITACURUBA, SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO

Ilamar Antonio da Silva[(a)], Kleber Carvalho Lima[(b)]

[(a)]Graduado em Geografia, Universidade de Pernambuco, Campus de Garanhuns, ilamar.silva@upe.br
[(b)] Departamento de Geografia/PPG Saúde e Desenvolvimento Socioambiental, Universidade de Pernambuco – Campus de Garanhuns, kleber.carvalho@upe.br

Resumo: A degradação dos terrenos por processos erosivos tem sido considerada como um dos graves problemas ambientais em regiões secas. Do ponto de vista geomorfológico, a erosão está relacionada a processos morfodinâmicos que, devido a usos inadequados da terra, podem causar desequilíbrio na relação erosão-sedimentação e, consequentemente, degradação dos ambientes. Dito isso, o objetivo da pesquisa foi analisar as contribuições metodológicas apresentadas por propostas de mapeamento do relevo em nível de detalhe, na bacia hidrográfica do Boi - Itacuruba, semiárido de Pernambuco, que enfatizam processos erosivos. Para isso, foram utilizados ortofotos e MDT do PE3D para se mapear feições erosivas lineares na escala 1:5000 em SIG, a serem utilizadas em duas propostas metodológicas. Na carta de morfoconservação dos terrenos, foram representadas as erosões lineares em conjunto com classes de uso e cobertura da terra, cujos dados indicaram setores prioritários para ações de recuperação ambiental. A carta de densidade de feições erosivas lineares, por sua vez, demonstrou os setores onde a densidade de erosão linear em m/m² é maior; indicando os setores prioritários para ações de controle e prevenção de erosões. Apesar dos procedimentos técnicos de execução das duas propostas em SIG serem complexos, considera-se que as cartas podem ser utilizadas como instrumentos técnicos eficazes para subsidiar ações de gestores voltadas ao planejamento, gestão e recuperação de terrenos degradados por erosão no semiárido.

Palavras-chave: Erosão hídrica; SIG; Cartografia; LIDAR.

Abstract: Land degradation by erosion processes has been considered one of the serious environmental problems in dry regions. From a geomorphological point of view, erosion is related to morphodynamical processes that, due to inappropriate land use, can cause an imbalance in the erosion-sedimentation relationship and, consequently, environmental degradation. That said, the objective of the research was to analyze the methodological contributions presented by proposals for mapping the relief at a detailed level, in the Boi-Itacuruba River basin, semi-arid region of Pernambuco/Brazil, which emphasize erosion processes. For this, orthophotos and DEM from PE3D were used to map linear erosion features on a 1:5000 scale in GIS, to be used in two methodological proposals. In the land Morphoconservation map, linear erosion was represented together with classes of land use and cover, whose data indicated priority sectors for environmental recovery actions. The map of density linear erosion features, in turn, demonstrated the sectors where the linear erosion density in m/m² is greater; indicating the priority sectors for erosion control and prevention actions. Although the technical procedures for implementing the two GIS proposals are complex, it is considered that the charts can be used as effective technical instruments to support managers' actions aimed at planning, managing and recovering land degraded by erosion in the semi-arid region.

Keywords: Water erosion; GIS; Cartography; LIDAR.

INTRODUÇÃO

O impacto da erosão acelerada dos solos tem provocado diversos prejuízos à sociedade, uma vez que, assim como a água e o ar, os solos são um recurso fundamental para a sustentação da vida terrestre no planeta (FAO, 2015; GARCIA-RUIZ et al, 2015). Por esse motivo, considera-se que a degradação dos solos é um dos possíveis e graves problemas ambientais encontrados nos últimos tempos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). Nessa linha, Goudie (2013) salienta que, dentre os diversos processos morfodinâmicos, a erosão acelerada é o que traz os maiores prejuízos.

Segundo Santos et. al. (2007), em regiões semiáridas, o processo de degradação dos solos provocado pela erosão hídrica, é um problema que vem sendo pesquisado por órgãos que buscam entender os aspectos e as relações socioeconômicas e físicas do semiárido. Os processos erosivos são os

grandes responsáveis pela perda de partículas do solo, eventos como chuvas concentradas em alguns meses do ano, desmatamento e produção agrícola, aceleram esse processo. Os processos de perda do solo se iniciam com a ação do splash, como aponta Guerra (2010), a partir do impacto da gota d'água no solo, ocorre a desagregação de partículas, assim as partículas vão ocasionar a selagem do solo, favorecendo o escoamento superficial, onde ocorrem o transporte de sedimentos.

A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação estabelece a degradação da terra como uma das principais causas da desertificação. A degradação da terra pode ser resultado de um processo ou da combinação de vários processos, abrangendo também os que resultam da atuação antrópica. Entre esses, se destacam a erosão do solo, a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo e a destruição da vegetação por períodos prolongados (BRASIL, 1998a).

A erosão dos solos é reconhecida como uma das principais causas da degradação dos solos e, a depender do seu estágio de evolução, pode se tornar um processo irreversível. Um dos possíveis problemas relacionados aos processos erosivos consiste na eliminação da camada superficial do solo, rica em matéria orgânica e partículas minerais finas, que garantem a nutrição necessária ao crescimento da vegetação. Em específico no ambiente semiárido, o intemperismo é pouco espesso e é consequência de um balanço denudacional que beneficia a erosão sobre os agentes pedogenéticos (CORRÊA; SOUZA; CAVALCANTI, 2014).

Com a exploração dos recursos naturais em regiões áridas ou semiáridas, ocorreu o aumento dos problemas ambientais em muitas áreas desérticas e áreas suscetíveis à desertificação. Este processo está fortemente relacionado com os métodos e práticas da pecuária, mineração e produção agrícola, tendo em vista que muitas vezes esse processo ocorre de forma desordenada e insustentável, esses aspectos podem sofrer influência também das mudanças climáticas, e assim comprometem a dinâmica social (ONU, 1997) e a cessação da produção constante. Esses fatores podem afetar grandes e pequenas propriedades rurais, que dependem exclusivamente das terras para subsistência. Grande parte dos solos encontrados no semiárido tem baixo potencial de produção agrícola e elevada vulnerabilidade à erosão, que podem ser causadas pelas limitações na rede de drenagem ou pelo baixo teor de carbono orgânico (GIONGO et al., 2011).

Perante os problemas ambientais que ocorrem em diferentes aspectos e níveis, a Geomorfologia é essencial e serve como base para agregar os estudos ambientais e ações de recuperação de áreas degradadas ou com suscetibilidade à degradação, além de ser extremamente útil para uma melhor gestão dos recursos e para proteger a qualidade de vida das pessoas em um determinado ambiente (GUERRA; MARCAL, 2006).

O uso desordenado, abusivo e precário do solo é um dos fatores primordiais que condicionam a desertificação e a perda dos nutrientes do solo, estão ligados a unidades geomorfológicas, se tornando fatores primordiais para o funcionamento do espaço e de como ele se organiza (ROSS, 2006). Algumas atividades agrícolas, por vezes, têm tido práticas de forma desordenada e sem um manejo adequado, onde não têm um acompanhamento adequado de profissionais que podem orientar a população para um manejo adequado, assim as atividades praticadas levam à redução dos recursos ambientais, modificando a vegetação, sendo, portanto, degradada e assim causando impacto ao solo, à hidrografia e ao clima, fazendo com que a sociedade sofra consequências futuras.

Os impactos ambientais podem ser vistos como um resultado da ação antrópica sobre os solos, e podem ser caracterizados de uma forma bastante complexa, em áreas rurais e também em áreas urbanas, e ocorrem de forma mais intensa onde a degradação das terras ocorre.

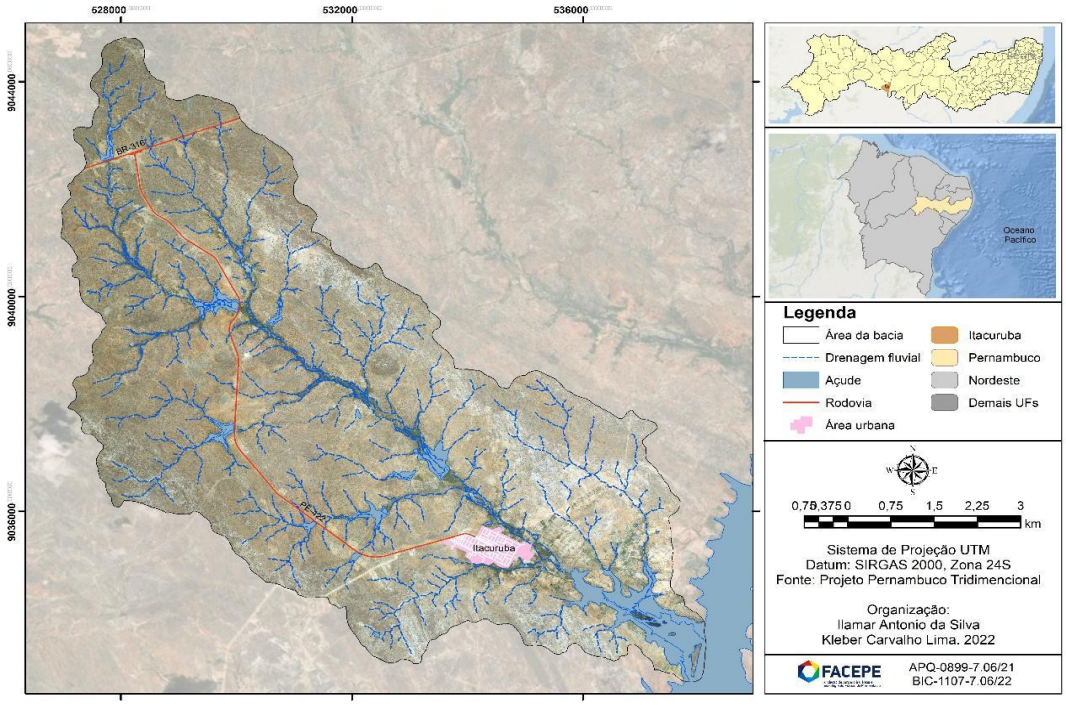
Desse modo, o objetivo geral da pesquisa foi analisar as contribuições metodológicas apresentadas por propostas de mapeamento do relevo em nível de detalhe na bacia hidrográfica do Boi – PE, que enfatizam processos morfodinâmicos de gênese erosiva, em áreas de intensa degradação ambiental situadas no município de Itacuruba, semiárido de Pernambuco.

Pretendeu-se analisar os produtos derivados de sensores remotos utilizados como base para os mapeamentos, em função da escala de análise adotada, avaliar os procedimentos técnicos e operacionais de elaboração dos produtos cartográficos correspondentes a cada metodologia, bem como verificar as possibilidades e restrições das propostas a serem utilizadas em setores morfodinâmicos de maior intensidade erosiva.

MATERIAL E MÉTODO

A bacia hidrográfica riacho do Boi é um subsistema inserido na parte inferior da bacia do Rio Pajeú, e localiza-se na microrregião de Itaparica no sertão pernambucano. A área da bacia é de 66,24 km². Encontra-se inserida no núcleo de desertificação de Cabrobó (Figura 1) de acordo com o mapeamento realizado pelo MMA do Brasil (BRASIL, 1998b). A bacia se encontra entre as coordenadas 8° 44' 58" e 8° 38' 27" S, 38° 39' 8" e 38° 44' 41" O. A área em estudo abrange parte no município de Itacuruba, que se encontra a 471,8 km a noroeste da cidade de Recife, na Mesorregião São Francisco Pernambucano e Microrregião Sertão de Itaparica.

Figura 1- Localização da bacia hidrográfica do riacho do Boi (PE)



Fonte: Autores (2023).

A bacia hidrográfica está inserida na folha editada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército Floresta (SC-24-X-A-IV). A bacia hidrográfica riacho do Boi está inserida, geologicamente, na Província Borborema (BELTRÃO et al, 2005), ao sul do lineamento de Pernambuco. Segundo Gomes e Santos (2001). A área inclui litótipos do Complexo Belém do São Francisco, Depósitos Aluviares, granitoides indiscriminados e Complexo Cabrobó, Ibô (CPRM, 2005) (Figura 2 - A).

Em relação ao clima se apresenta o tipo Tropical Semiárido, com chuvas que se iniciam de novembro e acaba em abril (CPRM, 2005). A precipitação média anual é de 431,8mm. A classificação climática da região segundo Koppen (1948) é do tipo clima BSh – Semiárido quente, e as temperaturas se encontram entre os 28°C e no verão ultrapassam os 30°C aumentando as taxas de evapotranspiração.

A bacia hidrográfica está nos domínios da macrobacia hidrográfica do rio São Francisco, da Bacia hidrográfica do rio Pajeú e do Grupo de Bacias de Pequenos Rios Interiores. O padrão da drenagem é o dendrítico e os cursos d'água têm regime intermitente, típico de regiões secas (BELTRÃO et al., 2005).

Predominantemente ocorrem dois três tipos de relevo, o primeiro são as planícies fluviais, distribuída à margem do riacho Boi, compostas por depósitos de sedimentos transportados por rios (ROSS; SANTOS, 1982). O segundo são regiões aplainadas, recorrentes em áreas com clima semiárido, onde apresentam pedimentos extensos com grande ocorrência de afloramentos rochosos (WINGE, 2001), além de inselbergues (Figura 2 - B).

O relevo da bacia hidrográfica do Riacho do Boi apresenta altitude relativamente homogênea, com maiores altitudes nos inselbergues atingindo os 388 m. No setor a montante da bacia hidrográfica,

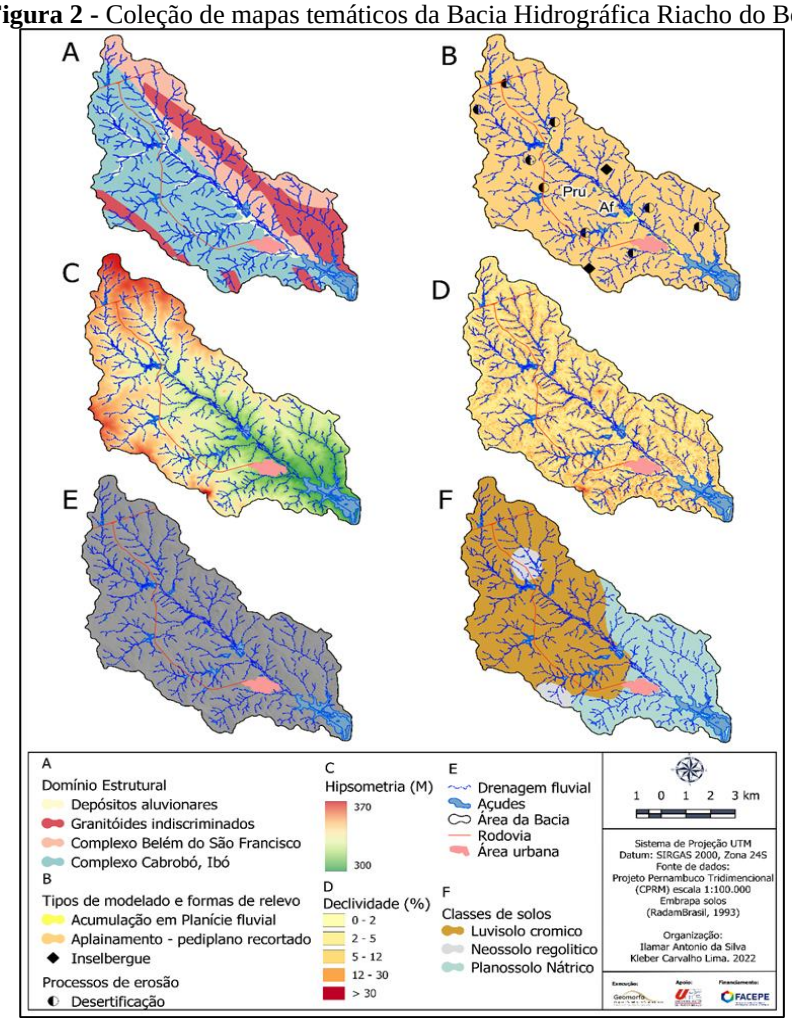
encontram-se altitudes que chegam aos 375 m, que decrescem suavemente a jusante, até cerca de 300 m, no Lago de Itaparica (Figura 2 – C).

A área apresenta baixa declividade nas vertentes, com as maiores declividades ligadas aos inselbergues (Figura 2 – D). A declividade é ligeiramente acentuada nos vales onde predominam a classe de 5 a 12%, considerada como suavemente ondulado. Nos inselbergues as classes variam entre 12 e 30%, onde é considerado o valor máximo para o desenvolvimento da mecanização agrícola, e as demais áreas da bacia a declividade varia de 2 a 5%, consideradas como áreas planas.

Quanto aos solos, predomina a classe dos Luvissolos Crômicos (Figura 2 – F), de cores fortes, vermelhas ou amarelas. Apresenta o caráter eutrófico (alta saturação por bases nos horizontes subsuperficiais) que favorece o enraizamento em profundidade. Outro aspecto refere-se à presença de minerais primários facilmente intemperizáveis (reserva nutricional). São solos rasos, ou seja, raramente ultrapassam 1 m de profundidade e apresentam usualmente mudança textural abrupta, com tendência muito forte à erosão e presença de pedregosidade (SILVA; SILVA; CAVALCANTI, 2005). As limitações de uso relacionam-se à quantidade de pedras no horizonte superficial que pode dificultar o uso de mecanização agrícola e a suscetibilidade à compactação. Devido à mudança textural abrupta, são suscetíveis à erosão (EMBRAPA, 1999).

Os Neossolos Regolítico (Figura 2 – F) são pouco desenvolvidos, não hidromórficos e de textura normalmente arenosa, apresentando alta erodibilidade principalmente em declives mais acentuados (EMBRAPA, 1999). Segundo Santos et al. (2012, p. 684), “São solos com sequência de horizontes A-C-R e textura geralmente variável de arenosa a média, que apresentam por definição teores de minerais primários alteráveis superiores a 4 % nas frações areia e cascalho nos primeiros 150 cm”. De acordo com Araújo Filho et al. (2000), os principais impedimentos na sua utilização relacionam-se com a baixa fertilidade natural, a baixa capacidade de retenção de água e o déficit hídrico.

Figura 2 - Coleção de mapas temáticos da Bacia Hidrográfica Riacho do Boi.



Fonte: Autores (2023).

Os Planossolos Nátricos (Figura 2 – F), possuem alta saturação por sódio, estrutura prismática ou colunar. O gradiente textural elevado causa grande suscetibilidade à erosão, também favorecida pela baixa permeabilidade do horizonte B, devido à alta concentração de sódio (EMBRAPA, 1999). Ocorrem tipicamente em áreas de cotas baixas, planas a suave onduladas. São, geralmente, pouco profundos, com horizonte superficial de cores claras e textura arenosa ou média (leve), seguido de um horizonte B plânico (horizonte característicos dos planossolos), de textura média, argilosa ou muito argilosa, adensado, pouco permeável, com cores de redução, decorrente de drenagem imperfeita, e responsável pela formação de lençol suspenso temporário. Geralmente apresentam drenagem imperfeita e estrutura variada, destacando-se a presença de estrutura em blocos e/ou prismas no horizonte B. Têm argila de alta atividade, pH próximo da neutralidade e podem apresentar elevada saturação por sódio (ARAÚJO FILHO et al., 2000).

Na área de estudo a vegetação de caatinga é classificada como Savana Estépica Parque. De acordo com o IBGE (2012), caracteriza-se por apresentar arbustos e pequenas árvores, geralmente da mesma espécie com distribuição espaçada, entremeada com espécies herbáceas e gramíneas (Figura 3). São espécies que se caracterizam pela xerofilia (Caatinga hiperxerófila), sendo o clima como principal fator de sua adaptação. Contudo, a vegetação na bacia hidrográfica encontra-se degradada, com áreas raleadas, isto é, áreas abertas desprovidas de vegetação, como solo exposto. Como consequência, ocorrem áreas afetadas por processos erosivos intensos, como apontou Rocha Filho (2016) (Figura 3).

Figura 3 – Vista aérea da bacia do riacho do Boi (PE), onde visualiza-se a superfície de aplainamento com Caatinga Parque espaçada e áreas com solo exposto, degradadas por processos erosivos.

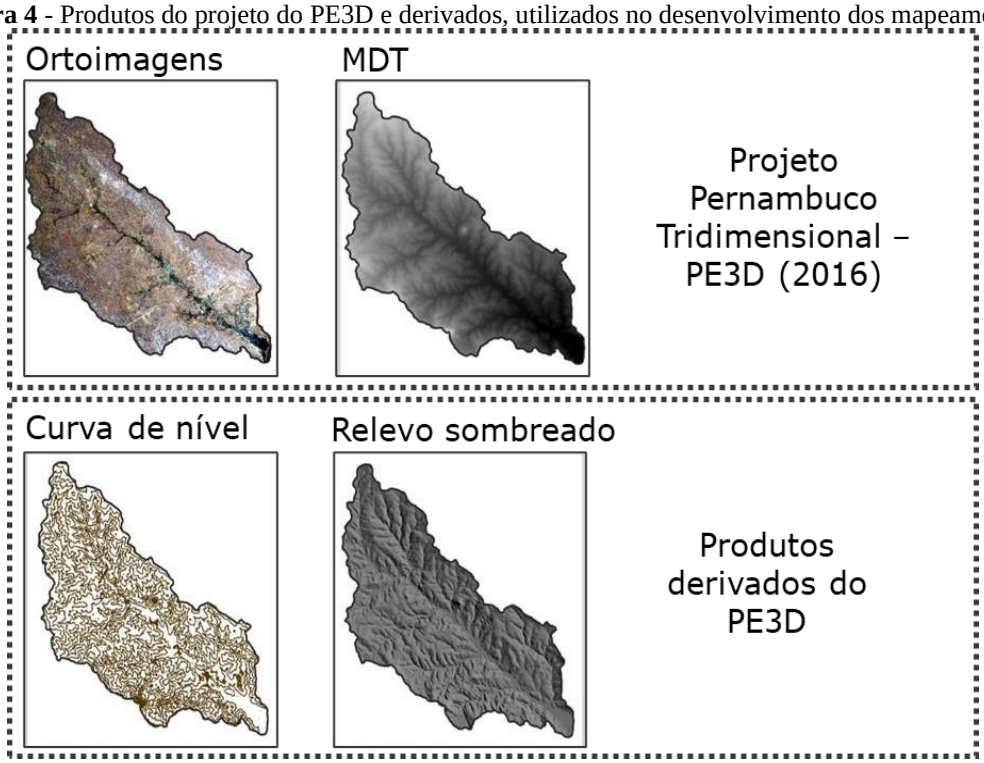
Fonte: Autores (2022).

Para a confecção da carta de erosão linear, foram utilizadas ortoimagens e modelos digitais do terreno do PE3D (Figura 4), além de produtos derivados, como relevo sombreado e aspecto do relevo, para a extração das formas de erosão em escala 1:5000, a partir do método de interpretação visual por composição de informações (ZHANG E LIU, 2019) e do método de extração automática (SOUZA E ALMEIDA, 2014).

A carta de erosão linear é considerada um produto cartográfico de síntese que permite a compreensão dos processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) a partir da sua distribuição espacial e correlação com elementos da paisagem que permitem ou dificultam o desenvolvimento do fenômeno. Proposta inicialmente por Stefanuto (2019), foram realizadas adaptações de acordo com proposições apresentadas por Lima et al. (2023) para o contexto semiárido, de modo a contemplar os

elementos mais significativos ao contexto da área analisada. Os elementos identificados na área de estudo foram agrupados por classes temáticas, visualizadas no quadro 1.

Figura 4 - Produtos do projeto do PE3D e derivados, utilizados no desenvolvimento dos mapeamentos.



Fonte: Autores (2023).

Quadro 1- Classes e respectivos elementos representados na carta de erosão linear.

Terreno e hidrografia	Curva de nível Drenagem fluvial Lagoa sazonal Área da bacia
Uso e cobertura da terra	Rodovia Estrada não pavimentada Área urbana Assentamento rural Área agrícola Solo exposto
	Tipos de vegetação
	Vegetação ciliar Vegetação rarefeita Vegetação densa
	Açude
	Área com água Area seca
Feições erosivas	Erosão linear

Fonte: Autores (2023).

A carta de densidade de feições erosivas lineares foi proposta por Andrade (2021), e tem como principal objetivo identificar os locais onde as formas mais extensas se concentram e apresentam maior intensidade, para que assim possa ocorrer uma avaliação das características do terreno que podem ser suscetíveis ao desenvolvimento de processos erosivos, apontando assim as áreas mais críticas.

A elaboração da carta se estabeleceu em duas etapas. A primeira etapa que correspondeu a identificação e mapeamento das feições erosivas presentes na área de estudo, que também serviu de base

para a elaboração da carta de erosão linear, e a segunda etapa está ligada aos diferentes métodos de interpolação das erosões lineares (Figura 4), cujos procedimentos foram realizados no ArcGIS 10.6.

Inicialmente, foi criado um buffer de 500 metros a partir da área de bacia e, em seguida, foi realizado o mapeamento das feições lineares. A partir disso, foi feita a construção de uma malha quadriculada sobre a área com a ferramenta Create Fishnet. Para melhor representação da realidade, foram realizados diversos testes, adotando a dimensão de 500 metros para as quadrículas.

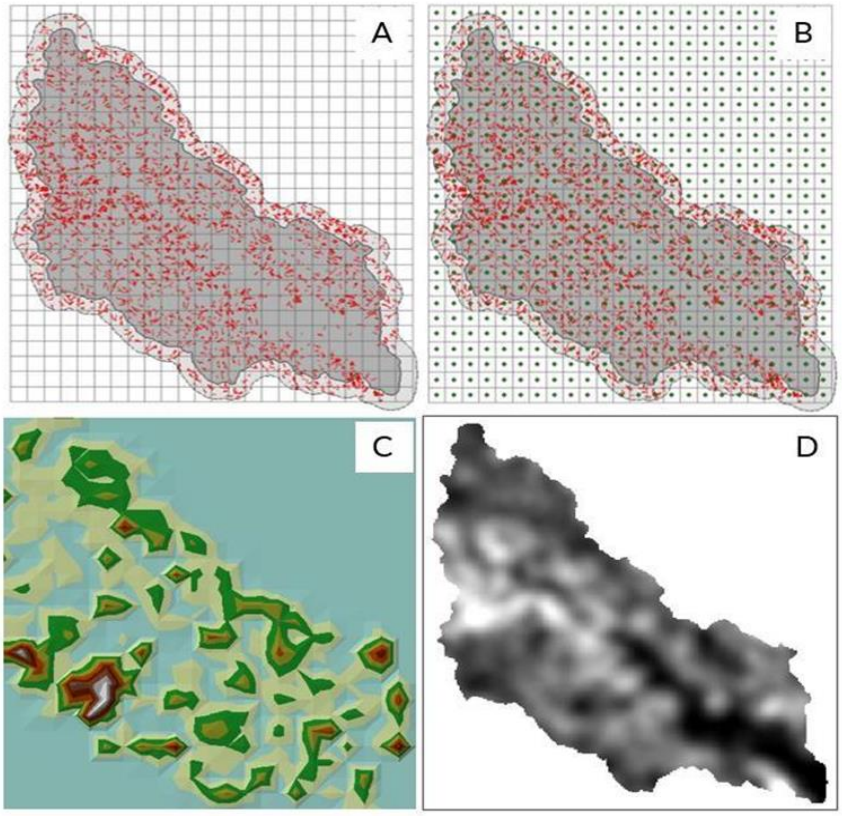
Foi realizado o processo de quebra das feições por quadrícula, onde foi executada através da ferramenta Intersect. Na etapa seguinte, os shapefiles referentes a cada feição erosiva foram separados pelos limites das quadrículas da malha, assim a quantificação das dimensões de cada feição que corresponde a uma determinada quadrícula foram separadas. Na tabela de atributo do shapefiles foi criado uma nova coluna, onde por meio da opção calculate geometry, foi realizado o cálculo do comprimento (em metros) referentes às feições erosivas da área de estudo.

Por meio da ferramenta Join and Relates: join os dados dimensionais de cada feição erosiva foram associados às quadrículas. Em seguida foi realizado a soma dos comprimentos das feições no interior de cada quadrícula, assim sendo dividido por 250.000 m², número referente ao tamanho de cada quadrícula, dessa forma foram obtidos os dados referentes a densidade de feições erosivas em cada quadrícula da malha regular.

A partir dos dados obtidos, foi feita a Triangular Irregular Network (TIN) com a finalidade de notabilizar se os dados referentes à densidade de feições erosivas. Utilizando a ferramenta Create TIN, onde no campo Input Feature Class foi selecionado o shapefile referente ao ponto central da quadrícula, e no campo Height Field selecionou-se a coluna referente à densidade de feições erosivas.

Após a criação do TIN, é feita a última etapa, onde o arquivo (TIN) é transformado para o formato raster por meio da ferramenta TIN to Raster. No campo Method foi escolhida a opção Natural Neighbors, buscando uma interpolação mais precisa. Para a elaboração do mapa final, os níveis de densidade de feições erosivas foram divididos em cinco classes em intervalos exponenciais.

Figura 4 - Etapas de desenvolvimento da carta de densidade de erosão linear: criação da malhar regular sobre a área da bacia (A); criação de centroides por quadrícula (B); malha triangular – TIN (C); transformação dos dados em raster (D).



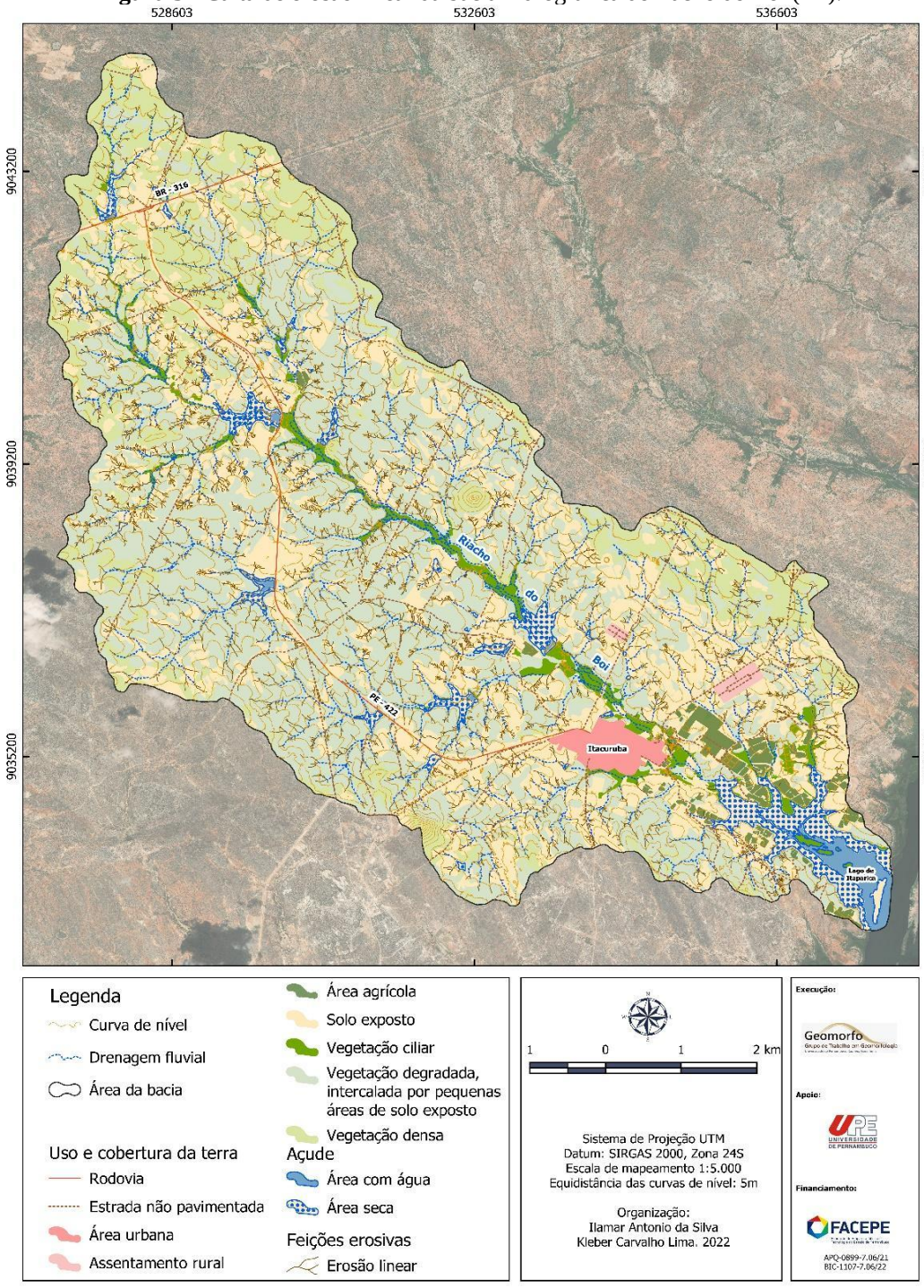
Fonte: Autores (2023).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Análise dos processos erosivos

Através da carta de erosão linear (Figura 5), foi possível observar a grande quantidade de erosões presentes em toda área de estudo, em especial nos setores com solo exposto e nas áreas de entorno de alguns açudes. Além disso, foi possível observar uma quantidade menor de formas erosivas nas áreas em que ocorrem algum tipo de vegetação. Ao todo, foram mapeadas na bacia do riacho do Boi, 6.056 feições erosivas lineares, com comprimento variando entre 2,91 m e 501, 5 m.

Figura 5 - Carta de erosão linear da bacia hidrográfica do riacho do Boi (PE).



Fonte: Autores (2023).

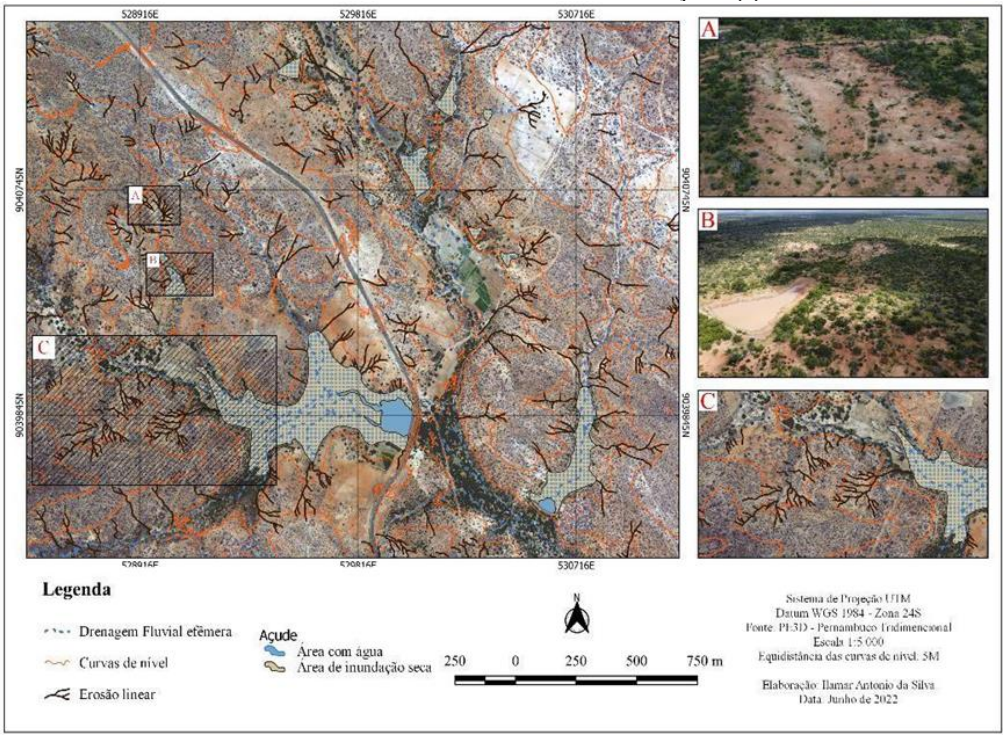
Foram representados 11 açudes no ano de 2016, ano correspondente a uma longa estiagem ocorrida em Pernambuco (ASFORA et al., 2017), assim como no semiárido brasileiro. Em decorrência disso, foram mapeadas a área de inundação dos açudes (que se encontravam seca) e a lâmina de água presente no momento do imageamento. Assim, as áreas de inundação apresentaram 255.397m², enquanto a área ocupada por água apresentou 21.807,5m². Nas áreas secas, foram identificadas feições indicativas do leito fluvial, submersos em períodos com água. Dos açudes mapeados, todos apresentaram feições erosivas lineares no seu entorno, grande parte conectadas diretamente à área de inundação dos reservatórios.

As erosões lineares se caracterizaram, em grande parte, por apresentarem bifurcações, que indicaram o estabelecimento de um sistema erosivo em rede com avançado grau de desenvolvimento. Em geral, as feições lineares nessas áreas são extensas, com comprimento entre 4 e 35 metros, sendo que, um total de 267 feições se conectam diretamente a algum açude da bacia hidrográfica e apresentaram extensão total de 8.827,78m. Percebeu-se que em diversos açudes, há a associação entre os sistemas erosivos e extensas áreas de solo exposto no seu entorno.

A partir desses dados, infere-se que a ocorrência de feições lineares nesse contexto, está associada a fatores que incluem a característica natural dos solos (mudança textural abrupta entre os horizontes), a exposição dos horizontes superficiais pela retirada da vegetação, precipitações concentradas em alguns meses do ano (chuvas torrenciais), a fragilidade dos terrenos diante dos processos de desertificação (BARBOSA NETO et al., 2020) e a frequente oscilação da lâmina de água dos açudes por causa da irregularidade hidrológica.

Em áreas de entorno de reservatórios, processos erosivos podem ser comuns em decorrência da alteração no nível de base original das drenagens, que pode desencadear processos erosivos a montante (PEREZ FILHO E QUARESMA, 2011). No semiárido brasileiro, as estiagens são responsáveis pelo rebaixamento acentuado, ou mesmo total, do nível de água nos açudes, permanecendo longos períodos nesta condição. Dessa forma, acredita-se que os açudes presentes na bacia do riacho do Boi alteraram o nível de base local e, consequentemente, modificam o equilíbrio pré-existente, desencadeando os processos erosivos, tanto no entorno imediato, quanto a montante dessas áreas. Em alguns trechos, percebeu-se feições indicativas da migração das incisões, decorrentes dos ajustes ao nível de base local, regulados pelas oscilações da água (Figura 6).

Figura 6- Setor representativo da BH do riacho do Boi com ocorrência erosão linear no entorno de açudes: feições erosivas a montante de um pequeno açude (a); pequeno açude seco em 2016 e com água em 2022 (b) e; sistemas erosivos em rede, conectadas a açude (c).

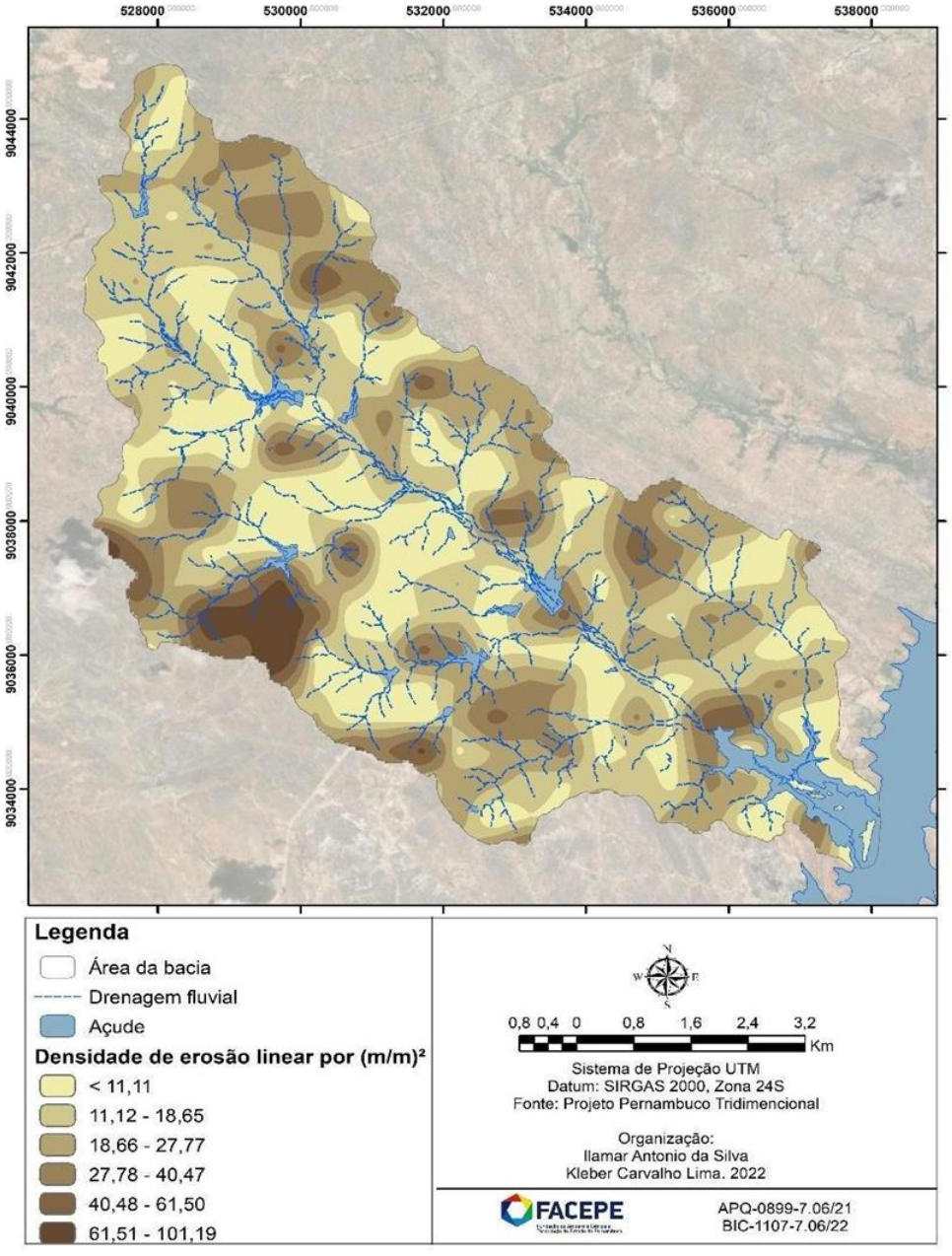


Fonte: Autores (2023).

A partir do mapeamento de densidades de feições erosivas lineares (Figura 7), foi possível compreender a distribuição espacial das erosões, além de se identificar os setores mais afetados pela erosão linear (Figura 7). Notou-se que a classe (I), que está representada com o valor <11, se distribuiu por toda área de estudo de forma não homogênea, porém, concentrou-se na parte central da bacia hidrográfica.

A classe com valor entre 11 e 18, está distribuída com sua maior presença na parte superior da bacia, enquanto o seu restante apresenta uma mesma distribuição bastante espaçada. Entre a classe 18 e 27, ela se distribui ao centro da área de estudo e também na parte sul de forma igual, e com pequenas presenças na parte ao norte da Bacia Hidrográfica. A classe que corresponde a 27 e 40, se apresenta de forma bem discreta, e com pontos bastante centrais. Entre a classe que vai de 40 até 61, se apresenta de forma bastante pontual, se tornando uma das menores classes. Com respectiva a última classe, que vai de 61 até 101, ela se localiza especialmente a Oeste da Bacia Hidrográfica, onde estão localizadas as erosões com maior extensão.

Figura 7 - Carta de densidade de feições erosivas lineares da Bacia Hidrografia do riacho do Boi.



Fonte: Autores (2023).

Avaliação dos procedimentos técnicos e das possibilidades e restrições das cartas

Para a confecção da carta de Morfoconservação dos terrenos, foi necessária a representação de diversos temas mapeados, já que o produto cartográfico priorizou os elementos diretamente relacionadas com a ocorrência e concentração de erosões lineares na área de estudo. Assim, considera-se que a carta permitiu a leitura e interpretação integrada dos diversos elementos associados a erosão, válida como instrumento técnico integrador.

Entretanto, os procedimentos técnicos de execução foram considerados de alta complexidade, já que se trata de um produto de alta resolução, que requer rotinas de extração das informações que demandam conhecimento técnico do software de SIG e conhecimento sobre a temática e a área de estudo por parte do pesquisador. Destaca-se a necessidade da padronização cartográfica dos elementos mapeados em função da escala adotada. Além disso, a leitura e interpretação da carta pode ser dificultada em função da quantidade de temas representados.

A carta apresentou papel importante ao indicar os setores que podem ser estabelecidos como prioritários para ações de recuperação ambiental devido à maior concentração de erosão linear. Além disso, demonstrou setores cujas erosões estão diretamente associadas a variáveis secundárias aos solos, como as áreas com solo exposto, vegetação espaçada e vegetação degradada, estradas não pavimentadas, rodovias pavimentadas e também ao grande número de açudes (SILVA et al., 2022).

A carta de densidade de feições erosivas lineares apresentou procedimentos técnicos de execução de média complexidade, já que necessitou da realização de diversas etapas anteriores à finalização da carta, com destaque para o ajuste da malha regular, em função da dimensão da área, com diversos testes para análise dos dados e melhor interpretação dos dados.A carta de erosão linear contribuiu para a análise sistêmica da erosão com as principais atividades antrópicas, pois destacou os principais elementos associados às erosões, além de abranger elementos que facilitam o entendimento dos aspectos do terreno, como por exemplo, as curvas de nível. A carta também permitiu a sobreposição de dados, como por exemplo, o uso e cobertura, que está diretamente ligado ao papel do efeito splash, como apontou Guerra (2014).

A representação da densidade de feições erosivas lineares, por sua vez, demonstrou os setores onde a densidade de erosão linear em m/m² ocorreu com maior frequência, e também os setores que sofriam menores interferências das erosões. A partir da carta foi possível realizar o cruzamento das classes de densidade com os dados litológicos e os pedológicos, indicando setores prioritários para ações de controle e prevenção de erosões, e que podem também ser realizadas iniciativas de recuperação e controle das erosões lineares.

CONCLUSÃO

Os estudos geomorfológicos em escala de detalhe que enfatizam processos morfodinâmicos de erosão dos terrenos no semiárido ainda são escassos, frente a problemática da degradação por processos dessa natureza, sendo necessária a aplicação de diferentes metodologias e em diversos contextos da região. Diante disso, se faz necessária a utilização de técnicas de mapeamento que possam gerar produtos cartográficos a serem utilizadas como instrumentos técnicos que possibilitem subsidiar ações de planejamento e gestão.

Considera-se também que a carta de morfoconservação dos terrenos e a carta de densidade de feições erosivas lineares, são essenciais para a compreensão dos recursos naturais como um todo, em interface com o relevo, impactando positivamente as ações de gestores públicos e privados, voltadas ao planejamento local, de forma a retardar ações de degradação dos solos por ações antrópicas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, pela concessão de bolsa de Iniciação Científica (BIC, processo n° 0221-1.07/21).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Rafael Vilela de. Processos erosivos no relevo de cuestas: **A influência antrópica e a legislação ambiental no município de Botucatu (SP).** 2022.

ARAÚJO FILHO, J. C. et al.Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco. Recife: Embrapa Solos – UEP Recife; Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2000. 318-525, p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 11)

BARBOSA NETO, M.V.; ARAÚJO, M.S.B.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ALMEIDA, B.G. (2020). "Rill and sheet soil erosion estimation in an area undergoing desertification in the Brazilian semi-arid region**". Modeling Earth Systems and Environment**, 6, p. 1-9.

BELTRÃO, B. A. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Itacuruba, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo. 8. ed. São Paulo**: Ícone, 2012

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África. 2. ed. Brasília**: Plano Nacional de Combate à Desertificação**, 1998a. 95 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Mapa da ocorrência da desertificação e áreas de atenção especial. Brasília: **Plano Nacional de Combate à Desertificação**, 1998b.

CORRÊA, A. C. B.; SOUZA, J. O. P.; CAVALCANTI, L. C. S. **Solos do ambiente semiárido**, 2014.

CPRM. Projeto Cadastro das fontes de Abastecimento por água Subterrânea – **Diagnóstico do Município de Itacuruba-PE- Recife**, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, 1999.

GIONGO, V. Carbono do sistema solo-planta no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 1.233-1.253, 2011.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental.** Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2006.

GUERRA, A.J.T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A.J.T., SILVA, A.S. e BOTELHO, R.G.M. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos - conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 5ª edição, 2010, p. 15-55.

GOUDIE, A. S. **The Human Impact on the Natural Enviorment: Past, Present and future.** 7. ed. Oxford: John Wiley & Sons, 2013. 410 p.

GOMES, H. A.; SANTOS, E. J. (Org.). **Geologia e recursos minerais do estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2001. 214 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro**: IBGE. 2012. 272 p.

LIMA, K.C.; LUPINACCI, C.M.; GOMES, D.D.M.; SOUZA, S.O.; ALEXANDRE, F.S. Erosao em áreas sucetiveis a desertificação no semiarido: possibilidades de análise por meio da cartografia

geomorfológica baseada em imagens de altíssima resolução. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n.1, p.1-15, 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África. Brasília, DF: **Ministério do Meio Ambiente**, 1997.

ROCHA FILHO, Gilson Brandão da et al. **Estudo do potencial agrícola e não agrícola do município de Itacuruba, Pernambuco, Brasil**. 2016.

ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia. São Paulo**, FFLCH-USP, n. 6, p. 17-19, 2006.

ROSS, J. L. S.; SANTOS, L. M. Geomorfologia. In: BRASIL. **Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD. 21 – Cuiabá: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. p. 193 - 256.

SANTOS, CELSO A. G., SILVA, RICHARDE MARQUES DA & SRINIVASAN, VAJAPEYAMS. Análise das perdas de água e solo em diferentes coberturas superficiais no semi-árido da Paraíba. OKARA: **Geografia em debate**, v.1, n.1, p. 16-32, 2007.

SANTOS, Jean Cheyson Barros dos et al. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 36, p. 684, 2012.

SILVA, F. H. B. B.; SILVA, M. S. L.; CAVALCANTI, A. C. **Descrição das principais classes de solos. Recife: Embrapa** - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento, 2005. 15 p.

SILVA, I. A. et al. **Feições erosivas no entorno de pequenos açudes do município de itacuruba-pe**, 2022.

SOUZA, J.O. P.; ALMEIDA, J.D.M. Modelo digital de elevação e extração automática de drenagem: dados, métodos e precisão para estudos hidrológicos e geomorfológicos. **Boletim de Geografia**, v. 32, n. 2, p. 134-149, 2014.

WINGE, M.; CRÓSTA, A.; NEVES, B.; ALVARENGA, C.; SCHOBBENHAUS, C.; CARNEIRO, C. **Glossário geológico ilustrado**. Publicado na Internet. 2001.

ZHANG, W.; LIU, Y. Research on visual interpretation and spatial distribution pattern of the erosion gully in Luoyugou Watershed of China. **Environment and Natural Resources Research**, v. 9, n. 3, p. 23-31, 2019.7.1 A publicação dos artigos no ebook do evento está condicionada ao atendimento das normas apresentadas.

PROPOSTA DE ZONEAMENTO ECONÔMICO-ECOLÓGICO UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT E GEOPROCESSAMENTO

Gabriel Antonio Silva Soares[(a)], Alessandra de Santana Lima[(b)], Camila Gardenea de Almeida Bandim[(c)], Lívia Andrea Ferreira de Lima Silva[(d)], Nara Tôrres Silveira [(e)]

[(a)] Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil (gabriel.antonios@ufpe.br)
[(b)] Graduada em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil (alessandra.santanal@ufpe.br)
[(c)] Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil (camila.bandim@ufpe.br)
[(d)] Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil (livia.andrea@ufpe.br)
[(e)] Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil, (nara.torres@ufpe.br)

Resumo: Boa Viagem apresenta-se como uma área de alta degradação ambiental decorrente do rápido crescimento populacional, que se constitui de forma predatória e desarmônica com as dinâmicas naturais de ambientes costeiros. Deste modo, a presente pesquisa tem por objetivo a realização de uma proposta de zoneamento, com ênfase nos aspectos socioeconômicos e ambientais da área que compreende todo o bairro de Boa Viagem, em Recife-PE. O método introduzido para a realização deste estudo foi a caracterização e pesquisa da área, com o cruzamento de dados de geoprocessamento. Logo, foram divididas zonas baseadas em critérios para examinar as mudanças advindas através da intensa urbanização no espaço. Além disso, tem-se como finalidade propor possíveis soluções a fim de amenizar os impactos causados pela ação antrópica em ambientes sensíveis como os litorâneos.

Palavras-chave: Impactos ambientais; Zoneamento; Estudos integrados; Urbanização; Ambiente.

Abstract: Boa Viagem presents itself as an area of high environmental degradation resulting from rapid population growth, which occurs in a predatory and disharmonic manner with the natural dynamics of coastal environments. Thus, the present research aims to develop a zoning proposal, emphasizing the socio-economic and environmental aspects of the area that encompasses the entire Boa Viagem neighborhood in Recife, Pernambuco, Brazil. The method employed for this study involved the characterization and research of the area, with the cross-referencing of geoprocessing data. Consequently, zones were divided based on criteria to examine the changes arising from intense urbanization in the area. Furthermore, the goal is to propose possible solutions to mitigate the impacts caused by anthropogenic action in sensitive environments such as coastal areas.

Keywords: Environmental impacts; Zoning; Integrated studies; Urbanization; Environment.

INTRODUÇÃO

Como um dos bairros mais valorizados da cidade do Recife, habitado majoritariamente por uma população de alto poder aquisitivo, com profundas relações entre degradação do solo e disputas territoriais (Araújo, 2008), Boa Viagem apresenta-se como um desafio no que se refere à elaboração de zoneamento ecológico-econômico (ZEE), previsto como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo decreto nº 4.297/2002, por apresentar uma homogeneidade territorial ampla, que demanda um estudo mais cauteloso e detalhado.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o ZEE tem como objetivo "viabilizar o desenvolvimento sustentável a partir da compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a proteção ambiental". Em Boa Viagem, os objetivos da ZEE estão atrelados às eventuais diversidades, tratando-as como potencializadoras da região, além de identificar e planejar soluções para os problemas existentes, como, por exemplo, a degradação do mangue, a erosão costeira, o avanço da linha de costa, a intensa verticalização que age como uma barreira artificial e impede o avanço dos ventos em direção ao continente, o que consequentemente irá interferir diretamente no conforto térmico e na qualidade de vida da população local, e também a escassez de áreas verdes em pontos estratégicos de Boa Viagem que poderiam atuar como um minimizador das altas temperaturas (Costa et al., 2008; Gois et al., 2013; Gregório et al., 2017; Manso et al., 2006).

No mais, a observação da paisagem e de toda a sua dinâmica ao longo do tempo atuaram de forma imprescindível no que se refere ao entendimento de todo o funcionamento do local nos dias de hoje. Sendo assim, o zoneamento que aqui está sendo apresentado também carrega fatores históricos relacionados ao processo de urbanização do bairro de Boa Viagem e todos os impactos ambientais, sociais e econômicos causados a partir dele. Tais fatores se desenrolam ao longo do século XX, tendo o pontapé inicial na década de 1920 com o projeto e a execução da obra, o que deu origem à Avenida Boa Viagem. O objetivo principal da concretização desta obra era integrar Boa Viagem ao aglomerado urbano do Recife, já que até então a localidade era considerada um ambiente rural que concentrava principalmente atividades relacionadas à pesca. Com isso, foi possível a instalação de complexos habitacionais, comércios e alternativas de lazer para a população. Desta forma, dava-se início ao processo de urbanização de Boa Viagem, responsável pelo aumento de mais de 100% da população entre as décadas de 1950 e 1960, exigindo assim a construção de prédios com mais de 5 pavimentos. A arquitetura do bairro estaria ali mudando de forma bastante significativa e interferindo diretamente na vida cotidiana da população em relação à sua qualidade de vida, e no balanço dos ecossistemas locais (Diário de Pernambuco, 2018; UOL, 2018).

À medida que esse espaço urbano se verticaliza sem considerar seus novos dimensionamentos, com o passar dos anos, a desconfiguração total na vertical, ocasionando prejuízos na praia como o local de lazer, a qual começou a ficar privada de sol pela tarde devido à altura das torres de apartamentos, vai se consolidando e se sobrepondo aos interesses econômicos (Casaril; Fresca, 2017; Costa et al., 2008; Mikosz et al., 2013; Morigi; Bovo, 2016). Outro elemento de bastante significância para entendermos os impactos ambientais de Boa Viagem é a construção e inauguração do Shopping Recife ao longo da década de 1970 e o ano de 1980. Uma vasta área de manguezal precisou ser aterrada para que toda a estrutura fosse instalada. Além disso, toda a dinâmica espacial que envolve relações econômicas e sociais também foi alterada com a chegada do empreendimento.

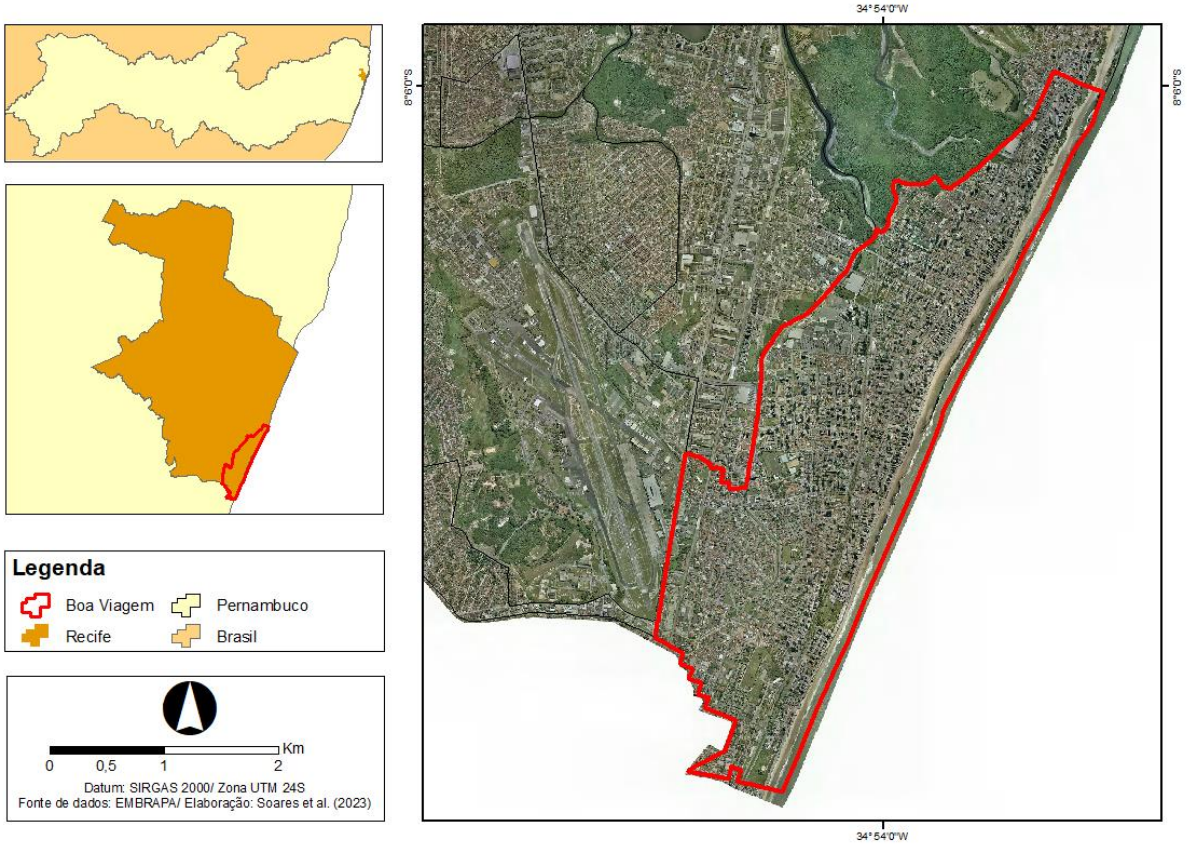
Segundo a Resolução CONAMA nº 01/1986, considera-se impacto ambiental qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. Por fim, a discussão dessas dinâmicas atuará como base para que seja possível propor soluções para as ações dos agentes degradantes do meio ambiente que vêm atuando em um tempo histórico considerável. Desta forma, a presente investigação tem como objetivo a realização de uma proposta de zoneamento, com ênfase nos aspectos socioeconômicos e ambientais da área que compreende todo o bairro de Boa Viagem, em Recife-PE.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área selecionada para o Zoneamento Ambiental compreende o bairro de Boa Viagem, estendendo-se desde sua orla até as localidades próximas ao Shopping Recife. Este bairro está situado na Zona Sul da cidade de Recife (Pernambuco), nas coordenadas de latitude 8° 05’ 02’’ - 8° 08’ 06’’ S e longitude 34° 52’ 48’’ - 34° 53’ 47’’ W, sendo delimitado pelos bairros do Pina, Imbiribeira e Piedade, com uma população de 122.922 habitantes (IBGE, 2010) e uma extensa faixa litorânea de quase 8 km de extensão (Figura 1).

Figura 1: Localização do bairro de Boa Viagem no Mapa de Recife (PE)



Fonte: Os autores (2023).

O município de Recife, seguindo a classificação de Köppen-Geiger, possui um clima do tipo As', ou seja, tropical úmido com chuvas em grande parte do ano. Além disso, sua costa apresenta características de baixas latitudes, como planícies litorâneas, e exibe ecossistemas e vegetações diversas, incluindo resquícios de mata atlântica, restinga e manguezais (MMA, 2006). Entretanto, devido à urbanização, poluição por resíduos sólidos e impermeabilização do solo, o bairro de Boa Viagem experimenta a perda de sua vegetação original. Atualmente, alguns trechos passam a apresentar vegetação de porte arbóreo e arbustivo, ou seja, gramados que contribuem para o esfriamento da temperatura na localidade (Neto, 2015). Segundo Silva et al. (2006), a partir da década de 70, sua urbanização crescente e acelerada, impulsionada pela intensificação turística e demanda imobiliária no território, aliada à falta de um planejamento adequado, resultou na exploração do ambiente costeiro e em uma verticalização intensa da costa no bairro de Boa Viagem. Isso levou à concentração de grandes empreendimentos turísticos e imobiliários, prejudicando tanto os ecossistemas quanto os moradores e frequentadores da localidade.

Procedimentos Metodológicos

A produção dos mapas temáticos foi realizada utilizando os softwares de acesso livre Google Earth Pro e Quantum GIS (QGIS). Inicialmente, com base nos critérios estabelecidos, as zonas foram delimitadas no Google Earth Pro, por meio da criação de polígonos. Esses polígonos foram posteriormente exportados no formato ".kml" e processados no software QGIS, onde foram convertidos em shapefile, no formato ".shp". A base de dados empregada para o desenvolvimento dos mapas foi proveniente do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

NDVI

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um processo de realce por operações matemáticas em bandas de imagens de satélites, utilizado para identificar o vigor da vegetação a partir de unidades estabelecidas. Com a obtenção de imagens de satélite (LANDSAT 8), foram processados os NDVIs, a fim de analisar a densidade da cobertura vegetal, assim como sua espacialidade, na região de estudo. O Zoneamento Ecológico-Econômico desempenha o papel correlacional entre os dados ambientais, econômicos e sociais, estabelecendo a relação destes com a degradação ambiental. Para o estudo, foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8, da cidade de Recife-PE, de 2019, adquiridas através do *United States Geological Survey* (USGS). Essas imagens apresentavam apenas 10% de cobertura de nuvens. Seguindo a metodologia proposta por Gomes e Ferreira (2016), foram empregados os termos aditivos e múltiplos, utilizando a seguinte fórmula para obtenção dos NDVI:

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} \quad \textbf{(1)}$$

Onde: NIR, corresponde a banda do infravermelho próximo; e Red, a banda do vermelho.

Por se tratar de uma área pequena e apresentar algumas uniformidades, foram definidas seis unidades para os NDVIs do bairro de Boa Viagem, a fim de delimitar o uso e realizar uma análise evolutiva da degradação:

- Faixa de -1 a 0: Representando a presença de água.
- Faixa de 0 a 0.2: Indicando ocupação urbana de alta densidade.
- Faixa de 0.2 a 0.3: Sinalizando ocupação urbana de baixa densidade.
- Faixa de 0.3 a 0.5: Relacionada à vegetação herbácea.
- Faixa de 0.5 a 0.7: Correspondente à vegetação de baixa densidade.
- Faixa de 0.7 a 0.9: Refletindo a presença de vegetação densa.

O processamento das imagens de satélite ocorreu no software ERDAS Imagine, e a construção dos mapas com o produto final do NDVI foi realizada no QGIS.

Zoneamento Ecológico-Econômico

Para o desenvolvimento do zoneamento ecológico-econômico, adotou-se a metodologia proposta por Crepani et al. (2001; 2008). Essa abordagem atribui pontos às classes de atributos consideradas importantes e relevantes para a compreensão da dinâmica local. Neste trabalho foram empregados critérios socioeconômicos e ambientais, visando integrar variáveis e compreender o bairro como um todo, além de analisar as interações ocorridas nesse espaço. Os critérios selecionados incluíram demografia, renda da população residente, uso do solo e vegetação.

O Quadro 1 demonstra a classificação geral dos critérios escolhidos para realizar o zoneamento ecológico-econômico no bairro de Boa Viagem. O critério de densidade demográfica ilustra a quantidade de pessoas concentradas em uma determinada região dentro de um espaço geográfico específico, quantificado a partir dos dados do IBGE. A renda dos habitantes do bairro oferece um panorama geral sobre a distribuição das classes sociais com base no capital arrecadado pelos moradores locais. No que diz respeito ao uso do solo na área selecionada, assim como em todo o bairro de Boa Viagem, os critérios foram definidos por meio da consulta de literatura que aborda a relação entre os índices obtidos no NDVI e a taxa de ocupação antrópica em regiões preestabelecidas por cada autor. Para a classificação da vegetação existente na região, os dados utilizados para a classificação de uso do solo e do caráter vegetativo são os mesmos. No entanto, eles são apresentados de formas diferentes nas tabelas, devido à relação inversamente proporcional entre as duas grandezas.

Quadro 1: Classificação geral dos critérios para Zoneamento

Classificação geral dos critérios para Zoneamento					
Classificação		***Densidade demográfica***	***Renda em R$, segundo IBGE***	***NDVI (Uso do Solo)***	***NDVI (Vegetação)***
Pontos	***Níveis***				
5	baixo	1 - 50,0 hab	< 1.874,0	> 0,5	0,01 - 0,2
4	baixo/médio	50,01 - 100,0 hab	1.874,01 - 3.748,0	0,4 - 0,5	0,2 - 0,3
3	médio	100,01 - 200,0 hab	3.748,01 - 9.370,0	0,3 - 0,4	0,3 - 0,4
2	médio/alto	200,01 - 300,0 hab	9.370,01 - 18.740,0	0,2 - 0,3	0,4 - 0,5
1	alto	> 300,01 hab	> 18.740,01	0,01 - 0,2	> 0,5

Adaptado de: Crepani (2001; 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

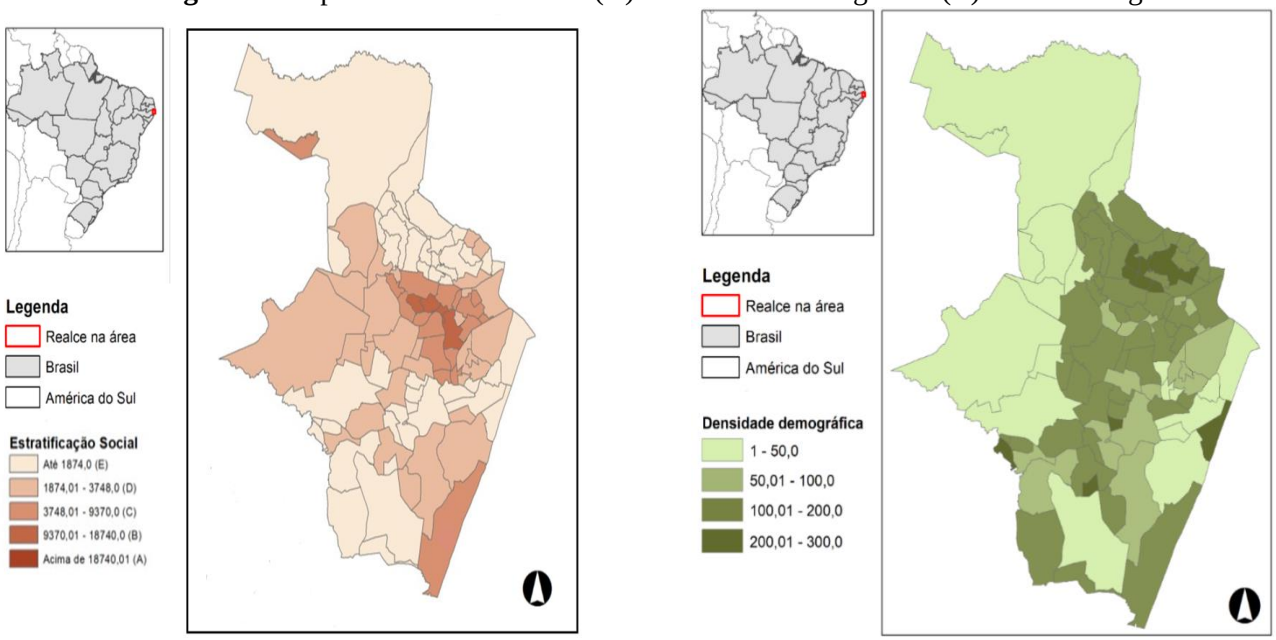
Para efetivar o zoneamento ecológico-econômico, é essencial compreender as especificidades locais e analisar de forma integrada os aspectos, visando entender os procedimentos e suas inter-relações. Nesse contexto, a dinâmica socioeconômica torna-se um dos principais fatores que influenciam na aplicação do zoneamento na área selecionada. Os mapas e tabelas a seguir são ferramentas comprobatórias que orientam e definem as zonas neste trabalho. A partir dessas representações, os dados são cruzados e, utilizando o sistema de pontos apresentado anteriormente, é determinada a qual zona cada área pertence com base em suas características analisadas.

Para a análise dos critérios de renda e densidade demográfica no bairro, foram utilizados dois mapas temáticos elaborados por Silva (2019), apresentados na Figura 2. A análise da renda evidencia como a dinâmica socioeconômica do bairro está entrelaçada ao capital, tanto no bairro quanto em seus arredores. Esse capital monetário, além de possibilitar diversas opções imobiliárias para quem o possui, serve também como forma de estratificação social e gentrificação da área. Fica claro que as áreas com menor capital não estão espacializadas de forma homogênea; pelo contrário, essas áreas estão localizadas em pontos estratégicos da cidade do Recife, geralmente onde há concentração de recursos financeiros preenchidos por grandes empreendimentos imobiliários e empresariais. Em Boa Viagem, isso não é diferente, e a paisagem muitas vezes parece se repetir devido à semelhança das estruturas urbanas. Além disso, é possível observar uma certa descontinuidade nos dados relacionados à renda da população e à sua especialização. O mapa abaixo ilustra a distribuição da população em cada bairro de acordo com a densidade demográfica. Ao analisar esse mapa, torna-se evidente que as áreas com maior concentração populacional correspondem às áreas mais carentes da cidade do Recife, situação que se destaca ainda mais ao observar as regiões onde existe uma maior concentração dos morros.

O NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) (Figura 3) foi empregado para compreender os parâmetros do uso e ocupação do solo e da cobertura vegetal. Este índice diferencia espaços com e sem cobertura vegetal, captando valores específicos em cada ambiente por meio da banda espectral e permitindo a diferenciação desses ambientes através de colorações representativas. Na Figura 3, nota-se uma predominância de áreas urbanizadas, indicando uma redução das áreas vegetadas no bairro. Essa predominância é resultado da especulação econômica significativa em Boa Viagem, o que aumenta a demanda por residência nesse espaço. As áreas destacadas em vermelho e laranja abrangem todo o NDVI, e as zonas verdes localizadas a noroeste, próximas ao Parque dos Manguezais, estão quase totalmente ocupadas para uso urbano. Uma outra área notável no bairro é um conjunto de zonas verdes na parte sudoeste do mapa, indicando que ainda existem espaços com presença de vegetação, embora a

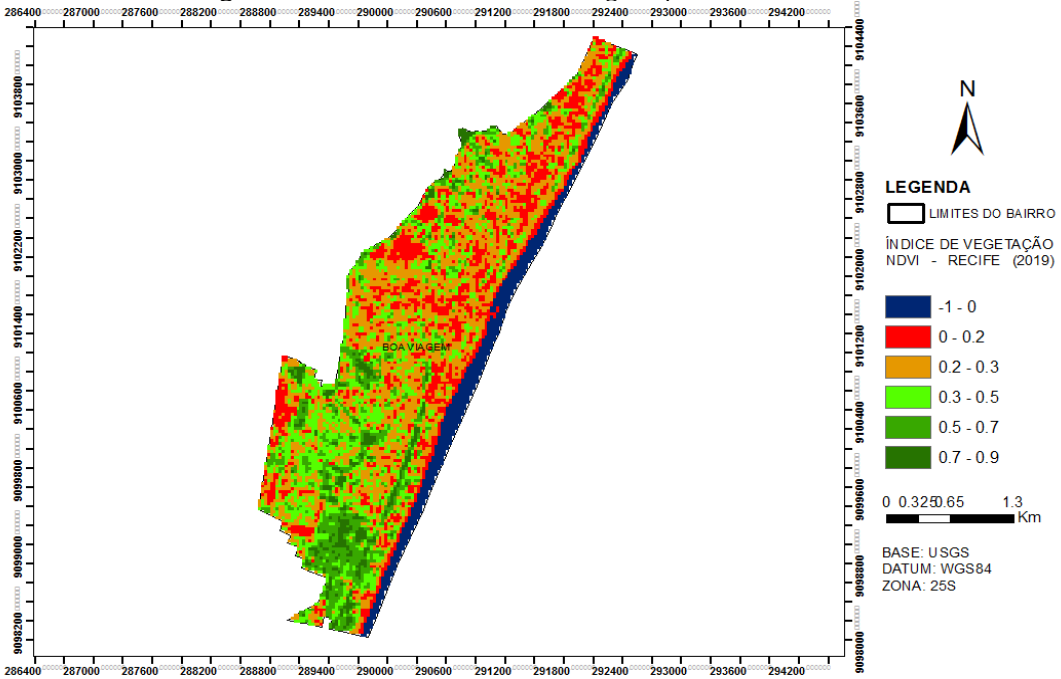
maioria do território seja ocupada por comércios e edifícios. Como consequência da intensa urbanização, surgem diversos problemas relacionados à temperatura, circulação dos ventos, aquecimento da superfície e outros problemas decorrentes da impermeabilização do solo e da remoção da cobertura vegetal (Nóbrega; Verçosa, 2011).

Figura 2: Mapas temáticos de renda (A) e densidade demográfica (B) em Boa Viagem



Fonte: Silva (2019).

Figura 3: NDVI do bairro de Boa Viagem, para o ano de 2019



Fonte: Os autores (2023).

A partir dos critérios adotados, foi desenvolvido um sistema de pontos utilizado na definição das zonas com base em suas características. Após analisar as áreas do bairro com imagens de satélite, apoiando-se nos mapas e tabelas presentes neste trabalho, foi possível atribuir características e

pontuações, assim definindo cada zona do zoneamento ecológico-econômico proposto, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Atribuição de zonas a partir do somatório entre os critérios do zoneamento

Resultado do somatório entre os critérios e atribuição de zonas					
Demografia	***Renda***	***Uso do Solo***	***Vegetação***	***Somatório***	***Zonas***
5	5	5	5	Acima de 15	Preservar integral
4	3	3	4	Entre 11 e 15	Preservar uso sustentável
3	4	3	3	Entre 8 e 11	Ambiente transicional
2	4	3	2	Entre 6 e 8	Zona urbana plena I
1	1	1	1	Até 5	Zona urbana plena II

Fonte: Os autores (2023).

Estabelecidos os critérios para o Zoneamento (uso, vegetação, demografia, renda), distribuídos pontos para as características locais e representado o cenário atual através do próprio sistema de pontos, foi desenvolvido um mapa representativo dos ideais do grupo para o bairro de Boa Viagem - o zoneamento propriamente dito. Pontuações foram atribuídas às localidades com base no conhecimento de campo, nos mapas e tabelas, e na bibliografia existente, permitindo o reconhecimento das características específicas de cada zona e a pontuação correspondente em todos os critérios. Após a atribuição das pontuações, os pontos foram somados, e a partir dessa soma, determinou-se em qual área cada zona estaria situada. Posteriormente à definição matemática, foi confirmada a compatibilidade dos números com a realidade ambiental dos locais por meio do uso do software Google Earth Pro. Neste software, cada uma das zonas definidas foi observada, e os critérios atribuídos, conforme apresentados no Quadro 3, foram verificados.

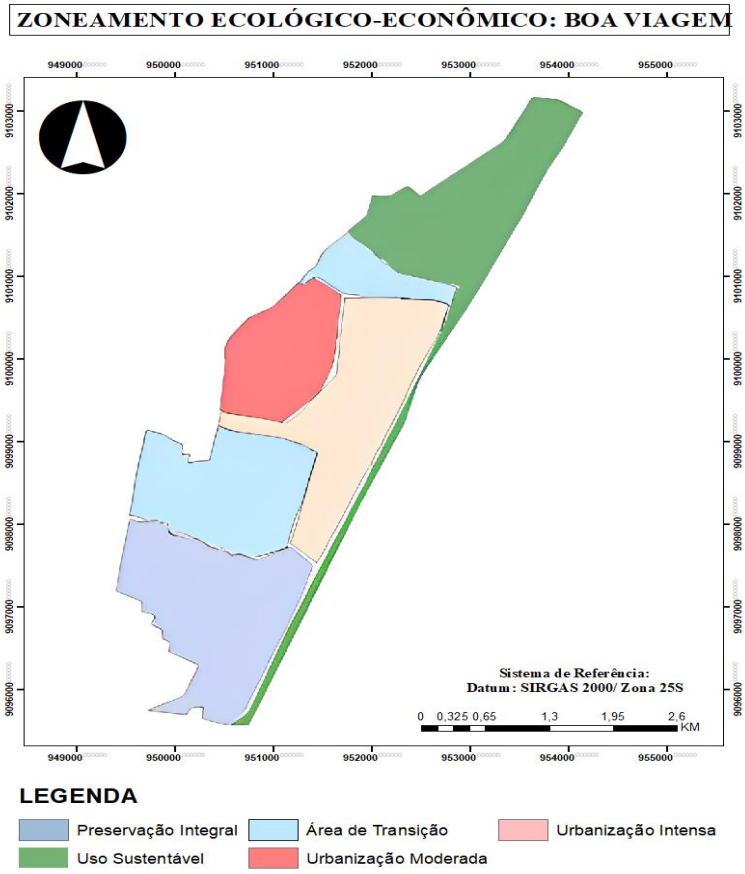
Quadro 3: Resultado do somatório entre os critérios para atribuição das zonas

Resultado do somatório entre os critérios para atribuição de zonas						
Zonas	***Demografia***	***Renda***	***Uso do Solo***	***Vegetação***	***Somatório***	***Atribuição***
Zona 1	5	2	5	5	17	Preservar integral
Zona 2	4	4	3	3	14	Preservar uso sustentável
Zona 3	5	5	2	2	14	Preservar uso sustentável
Zona 4	3	1	5	3	12	Zona urbana plena I
Zona 5	1	2	2	4	9	Zona urbana plena I

Fonte: Autores (2023).

As zonas definidas para o zoneamento do bairro de Boa Viagem foram as seguintes: Zona de Preservação Integral; Zona de Uso Sustentável; Zona de Área de Transição; Zona de Urbanização Fraca; Zona de Urbanização Intensa (Figura 4).

Figura 4: Zoneamento Ecológico-Econômico em Boa Viagem



Fonte: Os autores (2023).

Na Zona de Proteção Integral, será implantada uma Área de Proteção Ambiental para garantir a preservação da vegetação típica natural e o desenvolvimento de um ambiente saudável, onde pesquisadores podem conduzir estudos em prol do aprimoramento da qualidade de vida das espécies presentes, promovendo uma interação harmônica entre o ser humano e o meio. Nessa zona, a atividade humana deve ser mínima, enquanto a presença de vegetação deve ser máxima. Devido a ser um espaço vegetado, a temperatura será agradável, e não haverá residências ou visitação frequente.

Já na Zona de Uso Sustentável, serão implantadas unidades governamentais, abrigando espaços para coleta seletiva de lixo, com profissionais qualificados, e ambientes escolares para o desenvolvimento de projetos como a plantação de mudas do mangue e oficinas sobre educação ambiental. A atividade humana nesse espaço deve ser média, com presença de vegetação alta. A temperatura será agradável, e a demografia será baixa, pois não haverá residências nesses espaços, apenas construções específicas (estações de coleta e projetos).

Enquanto, nas Zonas de Área de Transição, serão realizados projetos da Zona de Uso Sustentável, em parceria com os moradores da área, visando desenvolver uma consciência ambiental e incentivar a preservação do meio ambiente. Nessa zona, haverá atividade humana e vestígios de vegetação. A densidade será média, a renda será baixa, e a temperatura começará a oscilar, prejudicando o conforto térmico.

Na Zona de Urbanização Fraca, ocorre intensa atividade comercial e construções humanas, classificada como Urbanização Fraca devido à altitude das construções. Nessa zona, destaca-se o Shopping Center Recife, onde o conforto térmico é comprometido, o adensamento populacional é elevado, e a renda média. Para preservar o ambiente, não serão permitidas novas construções de casas

ou outros tipos de edificações. O plantio de mudas de mangue é realizado para revitalizar a área e melhorar a sensação térmica.

Por fim, na Zona de Urbanização Intensa, predomina a presença de edifícios altos e empreendimentos comerciais de luxo. Há pouca vegetação devido ao uso intenso, e serão implementados projetos de reflorestamento na área em colaboração com a comunidade. Uma galeria será construída para realocar os bares da orla, preservando a zona costeira já degradada. Assim como na Zona de Urbanização Fraca, será proibida a construção de novos edifícios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A praia de Boa Viagem revelou-se como uma área de contrastes ambientais e socioeconômicos, tendo a atividade humana como o principal determinante de alteração ambiental no local. Portanto, este estudo teve como objetivo destacar a importância do zoneamento ambiental para mitigar os impactos presentes na área estudada, buscando apresentar soluções que resultarão na redução dos problemas identificados em campo e na pesquisa, e na melhoria da qualidade de vida tanto para os residentes quanto para os frequentadores do bairro.

A implementação do zoneamento ambiental, como proposto neste estudo, desempenha um papel fundamental na gestão urbana e na preservação do meio ambiente em Boa Viagem. Por meio da definição de diferentes zonas, é possível adaptar estratégias específicas para cada região, considerando suas características ambientais e socioeconômicas únicas. O zoneamento não apenas regula o uso do solo, mas também orienta o desenvolvimento sustentável, equilibrando as necessidades da comunidade com a conservação dos recursos naturais. É uma ferramenta crucial para mitigar impactos ambientais, promover a coexistência harmônica entre o homem e o meio e garantir um futuro mais sustentável para Boa Viagem.

Para que essa mudança na conscientização da responsabilidade humana em relação ao meio ambiente se concretize, é crucial uma gestão do planejamento urbano que incorpore ferramentas como o zoneamento e o plano diretor da cidade local, além do Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) das localidades em estudo. Dessa forma, os impactos negativos podem ser minimizados. Um fator adicional importante é a conscientização dos moradores e usuários sobre o valor ecológico e social, o que levará a população a preservar o ambiente e compreender que a degradação impacta negativamente a própria comunidade.

Além disso, é essencial que os projetos e possíveis soluções mitigadoras sejam implementados. Isso garantirá que os mecanismos sejam introduzidos na área de pesquisa, contribuindo não apenas para o desenvolvimento econômico, mas também para a preocupação e compromisso em relação às questões ambientais.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas concedidas ao primeiro, terceiro, quarto e quinto autores.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. C. B de. (2008). **Praia da Boa Viagem, Recife-PE: Análise Sócio-Ambiental e Proposta de Ordenamento**. Tese de Doutorado, UFPE, Recife, PE, Brasil.

CASARIL, C. C.; FRESCA, T. M. (2017). Verticalização urbana brasileira: histórico, pesquisadores e abordagem. **Revista Faz Ciência**, 9(10), 169-190.

COSTA, M. F., *et al*. (2008). Verticalização da Praia da Boa Viagem (Recife, Pernambuco) e suas consequências sócio-ambientais. **Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management**, 8(2), 233-245.

CREPANI, E., *et al.* (2001). Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/ Acesso em: outubro/2023.2001.

CREPANI, E.; et al. (2008). Zoneamento ecológico-econômico. Oficina de textos; ed. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**, 285-318. São Paulo.

DIÁRIO DE PERNAMBUCO. **Diário dos bairros**. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2018/07/avenida-boa-viagem-uma-via-que-mudou-o-recife.html>. Acesso em: outubro/2023. 2018.

GOIS, L. A.; GALVÃO, N. M. A. O.; AMARAL, V. V. M. do. (2013). Processos erosivos costeiros da praia de Boa Viagem. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, 12(27), 111-133.

GREGÓRIO, M. N., *et al*. (2017). Mudanças posicionais da linha de costa nas praias do Pina e de Boa Viagem. **Tropical Oceanography**, 45(1),44-61.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010: resultados do universo: características da população e dos domicílios**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: oututbro/2023. 2010.

MANSO, V. do A. V., *et al*. (2006). Erosão e progradação do litoral brasileiro: Pernambuco. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 179-196. Disponível em: <https://www.mma.gov.br>. Acesso em: outubro/2023. 2006.

MIKOSZ GONÇALVES, R., *et al*. (2013). Urbanização costeira e sombreamento na praia de Boa Viagem, Recife-PE, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, 54, 241-255.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Apresentação**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial.html>. Acesso em: outubro/ 2023.

MORIGI, J. B.; BOVO, M. C. (2016). A verticalização urbana em cidades de porte: o caso da cidade do Campo de Mourão-Paraná, Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, 33(1), 48-67.

NETO, R. X. M. (2015). **Temperatura da superfície dos materiais de pavimentação: uma contribuição ao desenvolvimento urbano.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

NÓBREGA, R. S.; VERÇOSA, T. (2011). O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geografia (Recife)**, 28(1), 93-109.

SILVA, J. S., *et al*. (2006). Ocupação da praia da Boa Viagem (Recife/PE) ao longo de dois dias de verão: um estudo preliminar. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 1(2), 91-98.

SILVA, J. F.; PINHO, M. A. B. de.; OLIVEIRA, B. R. B. de. (2019). Coworkings são para todos? Uma análise de preços dos ambientes de trabalho compartilhados em Recife - PE (Brasil). **NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia**, 9(4), 206-227.

UOL. **Recife em transformação**. (2018). Disponível em: <http://especiais.jconline.ne10.uol.com.br/recifeemtransformacao/boa-viagem-de-area-rural-ao-bairro-mais-verticalizado-do-recife>. Acesso em: 3/10/ 2023.

TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE - PE

Frederico Antonio Peregrino Wanderley da Costa Neto [(a)], Rebecca Borja Gonçalves Gomes de Menezes [(b)], Anderson Luiz Ribeiro de Paiva [(c)], Sylvana Melo dos Santos [(d)], Leidjane Maria Maciel de Oliveira [(e)]

[(a)]Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, frederico.neto@ufpe.br
[(b)]Mestranda do PPGEC, UFPE, rebecca.borja@ufpe.br
[(c)]Docente do PPGEC, UFPE, anderson.paiva@ufpe.br
[(d)]Docente do PPGEC, UFPE, sylvana.santos@ufpe.br
[(e)]Docente do PPGEC, UFPE, leidjane.oliveria@ufpe.br

Resumo: A análise morfométrica de uma bacia hidrográfica é um procedimento inicial e frequentemente adotado em estudos hidrológicos e ambientais. Seu intuito é elucidar diversas questões relacionadas à compreensão da dinâmica ambiental em escalas locais e regionais. Este trabalho teve como objetivo identificar as principais características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, em Pernambuco, aplicando técnicas de geoprocessamento. Foram analisados diversos parâmetros morfométricos, como área de drenagem, fator de forma, coeficiente de compacidade, densidade de drenagem, sinuosidade do curso d'água, elevação média da bacia e declividade média. Os resultados evidenciaram que a bacia possui uma área de 7.578,50 km² e um perímetro de 727,67 km. O fator de forma de 0,08 e o coeficiente de compacidade de 2,36 indicaram que a bacia não possui alta susceptibilidade natural a inundações com base em sua forma. No entanto, a bacia tem um histórico de inundações, conforme relatado em diversas literaturas. A densidade de drenagem da bacia foi calculada em 0,39 km/km², indicando baixa densidade de rios na região e; a sinuosidade do curso d'água principal foi de 1,59, sugerindo um formato irregular. Esse estudo ressaltou que para a avaliação da susceptibilidade a inundações, deve-se levar em consideração não apenas as características naturais da bacia, mas também fatores como o crescimento urbano, efetividade da drenagem e influência das marés em regiões próximas a costa.

Palavras-chave: SRTM; SIG; QGIS; inundações.

Abstract: The morphometric analysis of a watershed is an initial and often adopted procedure in hydrological and environmental studies. Its purpose is to elucidate various issues related to understanding environmental dynamics at local and regional scales. This study aimed to identify the main morphometric characteristics of the Capibaribe River Watershed in Pernambuco, applying geoprocessing techniques. Various morphometric parameters were analyzed, such as drainage area, form factor, compactness coefficient, drainage density, stream sinuosity, average elevation of the basin, and average slope. The results showed that the basin has an area of 7,578.50 km² and a perimeter of 727.67 km. The form factor of 0.08 and the compactness coefficient of 2.36 indicated that the basin does not have high natural susceptibility to floods based on its shape. However, the basin has a history of floods, as reported in various literature. The drainage density of the basin was calculated at 0.39 km/km², indicating low river density in the region; and the sinuosity of the main watercourse was 1.59, suggesting an irregular shape. This study emphasized that for assessing flood susceptibility, one must consider not only the natural characteristics of the basin but also factors such as urban growth, drainage effectiveness, and the influence of tides in coastal areas.

Keywords: SRTM; GIS; QGIS; floods.

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são áreas da superfície terrestre definidas pelo escoamento superficial e subsuperficial das águas das chuvas que, ao caírem, são direcionadas pela força da gravidade, a partir dos divisores de água, para as regiões mais baixas do relevo predominantemente por ravinas, canais, córregos e tributários, até alcançar o rio principal (Piroli, 2022). Ainda esse mesmo autor ressalta que

no Brasil, além das características naturais, a bacia hidrográfica é oficialmente designada pela Lei n. 9.433 de 1997 como uma unidade fundamental para a gestão dos recursos hídricos, tornando-a um local apropriado para a administração de outros recursos naturais. Isso se deve ao fato de ser uma área com características físicas e biológicas relativamente similares, delimitada pelos divisores de água.

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos realizados em estudos hidrológicos ou ambientais. Seu propósito é esclarecer múltiplas questões relacionadas à compreensão da dinâmica ambiental em nível local e regional (Teodoro *et al.*, 2007). Os parâmetros morfométricos podem apresentar indicadores físicos específicos para uma determinada região, permitindo a avaliação das mudanças ambientais. Sua relevância também é evidenciada nos estudos sobre a vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas. As informações produzidas podem apoiar o planejamento integrado dessas unidades de gerenciamento territorial e dos recursos hídricos (Soares *et al.*, 2016; Antoneli e Thomaz, 2007).

O Sensoriamento Remoto (SR) apresenta-se como uma ferramenta aplicável para coleta dessas informações em bacias hidrográficas. Segundo Novais *et al*. (2011), o uso do SR tem adquirido crescente importância como tecnologia para estudar condições climáticas e ambientais devido a sua capacidade de possibilitar análises abrangentes ou detalhadas do objeto de estudo, pela rapidez no processamento dos dados e pelo custo relativamente baixo. Complementarmente, ressalta-se que o mapeamento da superfície terrestre, através de imagens orbitais, é um método amplamente utilizado desde os anos de 1950, sendo ampliado com o avanço da ciência do SR, visando auxiliar na compreensão da cobertura e uso da terra, no planejamento sustentável do território, bem como no monitoramento e gestão ordenada e racional do meio físico (Rudorff *et al*, 2007; Rodrigues, 2018).

Em meio às várias metodologias disponíveis, atualmente a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas faz uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e análise de imagens orbitais para auxiliar na determinação de medidas para o manejo ambiental. Os SIGs têm sido amplamente empregados devido à sua flexibilidade e disponibilidade, sendo sistemas computadorizados que permitem a sobreposição de diversas informações espaciais da bacia hidrográfica. No Brasil, dados de informações geoespacializadas da superfície terrestre são disponibilizados de forma gratuita possibilitando o subsídio para análise do relevo. Nesse contexto, muitas pesquisas vêm sendo conduzidas para analisar, comparar e atualizar informações sobre a superfície terrestre por meio de dados topográficos (Silva e Costa, 2023; Rodrigues *et al.*, 2020; Silva Júnior *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2017; Soares *et al.*, 2016; Ferreira *et al.*, 2015).

A Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (BHRC) é uma das mais significativas, senão a mais importante, bacia hidrográfica completamente situada em território pernambucano. É nessa área que se encontra, em grande parte, o município do Recife, a capital do Estado de Pernambuco e onde se desenvolvem algumas das cidades mais relevantes do Agreste pernambucano. Os mais expressivos usos da água na bacia ocorrem nos reservatórios e no próprio rio Capibaribe, apenas no seu baixo curso, que é perene. Os déficits hídricos limitam a expansão da agricultura irrigada na região, com destaque para as grandes demandas para irrigação de cana-de-açúcar das usinas (Diaz, 2021). Nesse contexto de importância da BHRC, esse trabalho objetivou realizar a caracterização morfométrica da BHRC, visando subsidiar estudos hidrológicos e ambientais.

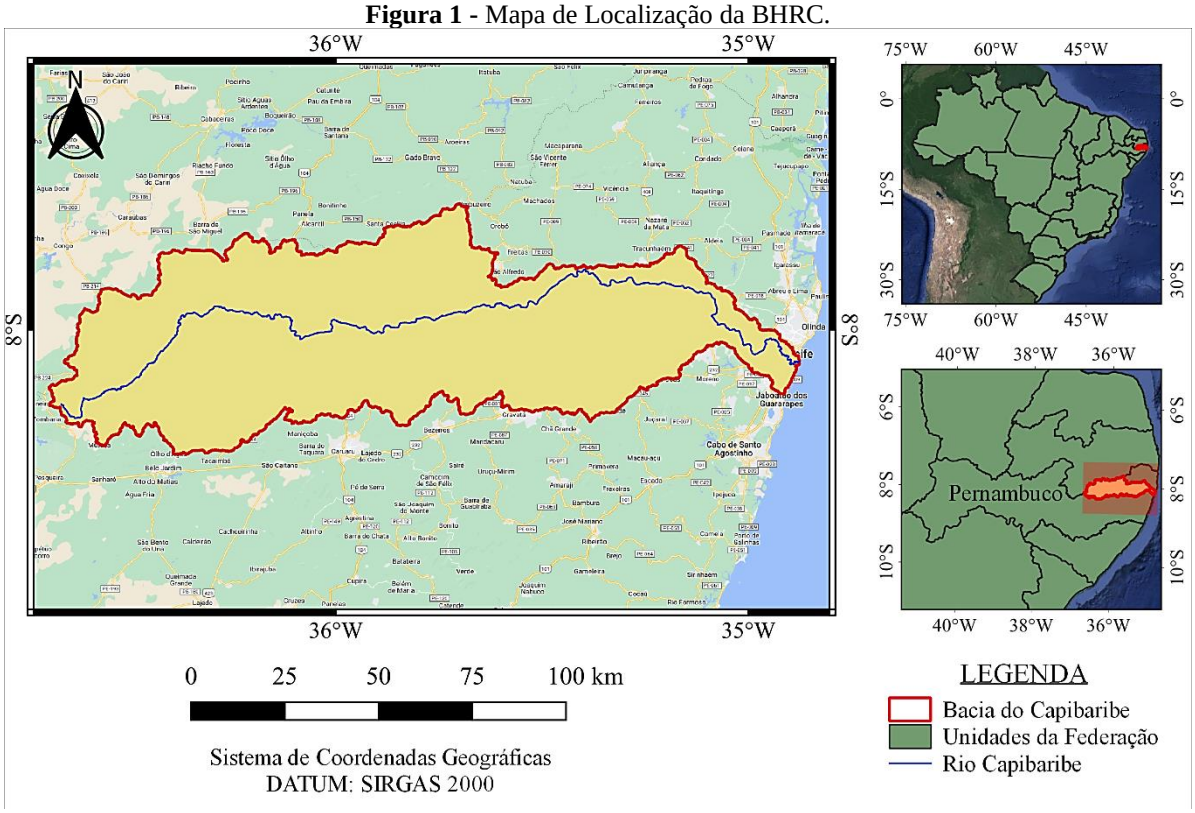
MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo do presente trabalho caracteriza-se pela Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, localizada na porção Nordeste do estado de Pernambuco (Figura 1), entre as latitudes 8,30°S e 7,70°S e longitudes 34,88°W e 36,70°W. Conforme informado pela Agência Pernambucana de Águas e Climas - APAC, a BHRC engloba 42 municípios pernambucanos, sendo sua nascente na divisa dos municípios de Jataúba e Poção e seu exutório, na cidade do Recife.

Para início da caracterização morfométrica da bacia, foi necessário obter seu Modelo Digital de Elevação (MDE), baixado gratuitamente através do site *Earth Explorer*, pertencente ao *United States Geological Survey* (USGS). Foi utilizada a base de dados SRTM *1 Arc-Second for Global Coverage*, com resolução espacial de 30 m e DATUM horizontal WGS 84.

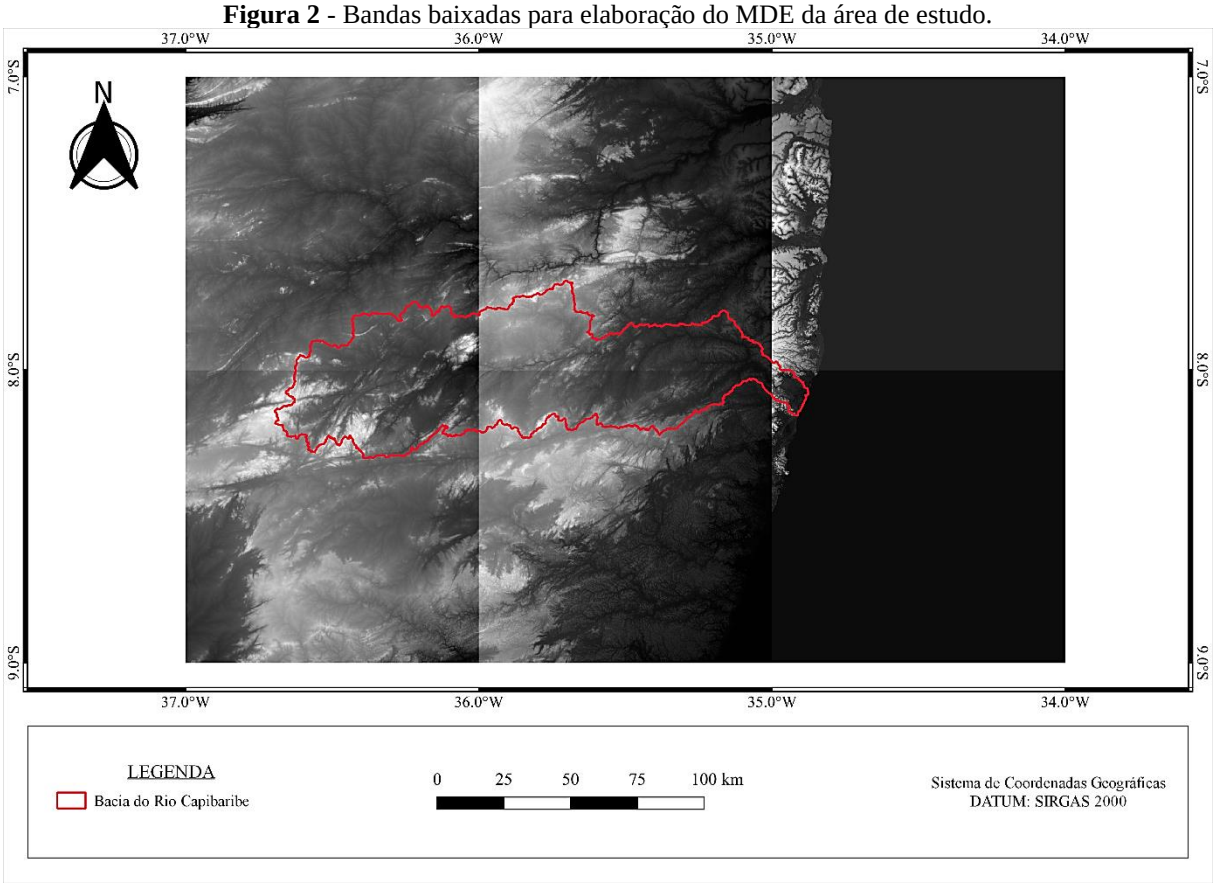
Para compor toda a área de estudo foram necessárias 6 bandas do satélite, com data de publicação em 23/09/2014. A Figura 2 apresenta as imagens utilizadas, com destaque para a delimitação da bacia avaliada.

Figura 1 - Mapa de Localização da BHRC.



Fonte: Autores (2023).

Figura 2 - Bandas baixadas para elaboração do MDE da área de estudo.



Fonte: Autores (2023).

Após o levantamento do MDE, realizou-se o tratamento das imagens com auxílio do *software* de livre acesso QGIS, versão 3.16.7. Inicialmente, aplicou-se a função de preencher os pixels sem dados a partir de uma interpolação com os demais pixels do entorno, além de ser realizado o mosaico das bandas baixadas, permitindo o desenvolvimento do estudo em um raster único e sem inconsistências. A imagem mosaicada foi então reprojetada para o sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000.

Em seguida, foi utilizada a ferramenta GRASS GIS, versão 7.8.5, para iniciar os estudos de delimitação da bacia e de sua rede de rios. Para isto, foram aplicados os seguintes geoalgoritmos (1) "*r.fill.dir*", para remover os possíveis pontos de depressão ainda existentes no MDE; (2) "*r.watershed*", para obtenção da área acumulada e direção do fluxo; (3) "*r.water.outlet*", para delimitação da bacia de contribuição tomando como base o pixel de seu exutório e; (4) "*r.stream.extract*", para obtenção da rede de rios vetorizada.

Além destes, também foi possível, através do MDE gerado, obter parâmetros referentes às elevações, ao relevo e às declividades máximas, médias e mínimas da bacia, os quais serão utilizados para a caracterização morfométrica.

Com isso, foram identificados oito parâmetros morfométricos: área de drenagem, fator de forma, coeficiente de compacidade, densidade de drenagem, sinuosidade do curso d'água, elevação média da bacia, declividade média da bacia e declividade do talvegue principal.

De acordo com Barbosa Júnior (2022), a área de drenagem (A) de uma bacia pode ser definida como a área plana inclusa entre divisores topográficos, na qual todo o fluxo proveniente da precipitação será escoado para um mesmo ponto de menor cota, também chamado de exutório da bacia. Para obtenção deste parâmetro foi utilizada a calculadora de campo do *software* QGIS, a qual permite através da delimitação da geração de um vetor poligonal, a obtenção deste valor.

O fator de forma (Kf) é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia, servindo como indicador da tendência de enchentes da bacia, de modo que quanto menor for o fator de forma, menor será a probabilidade de ocorrência de enchentes. Segundo Barbosa Júnior (2022), isso ocorre, pois, uma bacia estreita e longa possui uma probabilidade menor de ocorrência de chuvas em toda sua extensão. A Equação 1 dispõe da fórmula utilizada para cálculo deste parâmetro, onde A é a área de drenagem e L é o comprimento do talvegue principal.

$$Kf = \frac{A}{L^2} \tag{1}$$

O coeficiente de compacidade (Kc) é outro indicador utilizado para caracterizar a forma da bacia, sendo definido pela relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo com área igual à da bacia de estudo. O valor encontrado é adimensional e maior que 1. Bacias que apresentam valores próximos a 1 possuem tendência de concentrar seu escoamento, tornando-se mais susceptíveis a inundações. A obtenção deste valor para o presente estudo se deu conforme Barbosa Júnior (2022), a partir da Equação 2, onde P é o perímetro da bacia.

$$Kc = 0{,}28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \tag{2}$$

A densidade de drenagem (Dd) é a relação entre o comprimento de todos seus cursos d'água, sejam eles perenes, intermitentes ou efêmeros, com sua área total. Bacias com alta densidade de drenagem possuem uma resposta rápida para com eventos pluviométricos (Collischonn e Dornelles, 2015). Para obtenção deste parâmetro aplicou-se a Equação 3, onde L é a soma do comprimento de todos os cursos d'água no interior da bacia, incluindo cursos efêmeros e intermitentes.

$$Dd = \frac{\Sigma L}{A} \tag{3}$$

Como um indicador da velocidade de escoamento no curso hídrico têm-se a sua sinuosidade (sin), definida pela relação entre o comprimento do rio principal (L) e o comprimento em linha reta entre sua nascente e exutório (Ld) (Barbosa Júnior, 2022). A Equação 4 demonstra a fórmula utilizada para obtenção deste parâmetro.

$$sin = \frac{L}{Ld} \tag{4}$$

O parâmetro de elevação média de uma bacia é importante para compreender o grau de influência das altitudes no balanço hídrico dela, uma vez que altas amplitudes de elevações geram diferenças significativas nas temperaturas e nas taxas de evapotranspiração da bacia. Para determinar este valor utilizou-se a ferramenta proveniente do GRASS GIS, versão 7.8.5, "Histogramas Zonais", a qual disponibiliza os valores máximos, médios e mínimos de elevação a partir do MDE gerado. Por fim, têm-se as declividades médias da bacia e do talvegue principal. Assim como a elevação, a declividade média da bacia foi obtida com auxílio da ferramenta "Histogramas Zonais", obtendo as declividades máximas, médias e mínimas. Já a declividade do curso hídrico principal (I) foi calculada pela diferença de cota em sua nascente e exutório (ΔH), em relação à sua extensão horizontal total (L), conforme Equação 5.

$$I = \frac{\Delta H}{L} \tag{5}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das informações obtidas para a BHRC, com a utilização dos dados do SRTM e técnicas de geoprocessamento, foi possível analisar as características geométricas da bacia e de sua rede de drenagem. A Tabela 1 apresenta os resultados encontrados referente às características geométricas da bacia.

Tabela 1 – Síntese das características geométricas da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe.

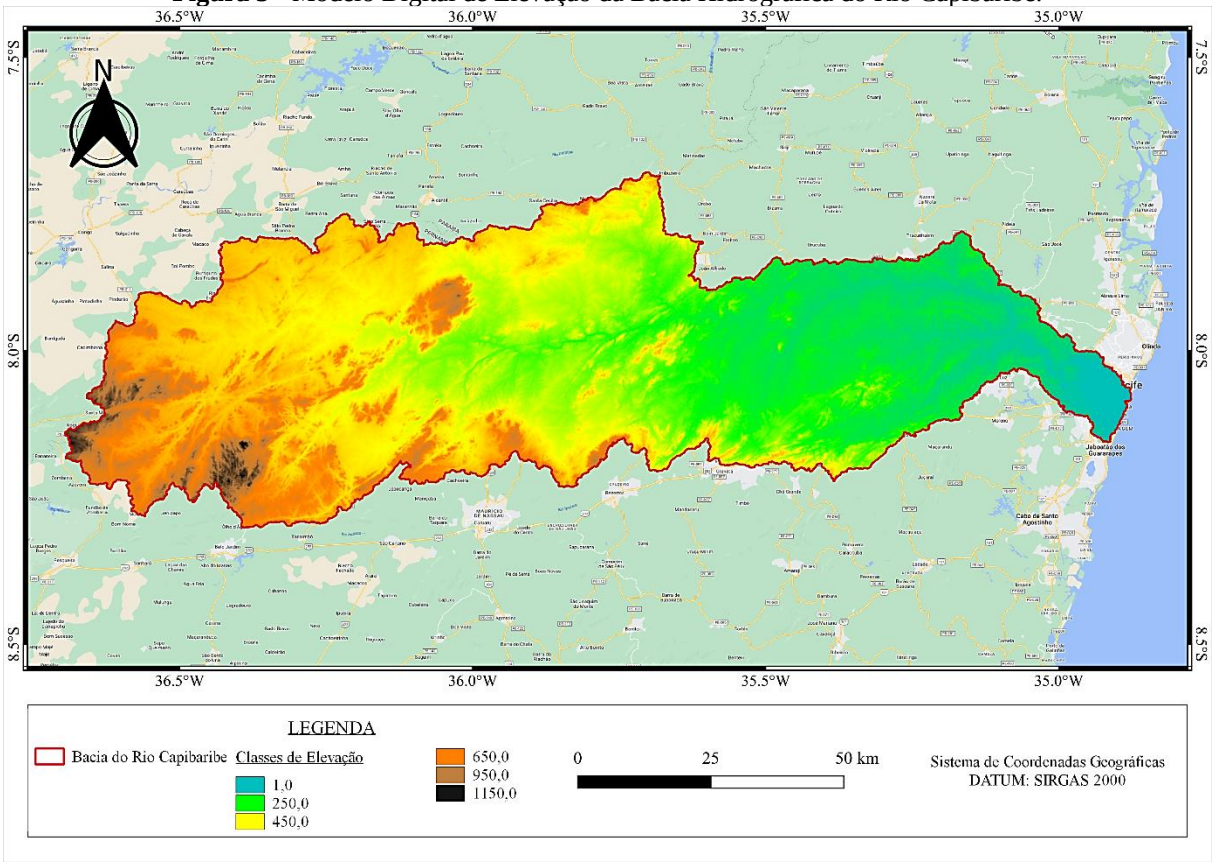
Característica Geométrica	Sigla	Valor
Área da Bacia (km²)	A	7.578,50
Perímetro da Bacia (km)	P	727,67
Fator de Forma	Kf	0,08
Coeficiente de Compacidade	Kc	2,36
Elevação mínima (m)	El min	0,00
Elevação média (m)	El med	407,42
Elevação máxima (m)	El max	1.200,00

Fonte: Autores.

Conforme a Tabela 1 observa-se que a BHRC apresentou área de 7.578,50 km² e perímetro de 727,67 km, evidenciando leve incremento (1,66%) quando comparada com a área disponibilizada em APAC (2023) de 7.454,88 km². Este leve incremento encontrado não se caracteriza como significativo e, conforme citado por Melo *et al*. (2020) e Raiol *et al*. (2022), essa leve diferença pode estar relacionada com o fato de a bacia estar em proximidade com o oceano, acarretando dificuldades na identificação do contato entre a terra e o mar, podendo também ser decorrente da metodologia empregada para delimitar a bacia.

Na Figura 3 pode ser observado o Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado no presente estudo, contando com os intervalos de elevação separados por cores diferenciadas. Foram identificadas elevações mínimas de 0,0 m, localizadas nas regiões próximas ao exutório, elevação média de 407,42 m e máxima de 1.200 m.

Figura 3 - Modelo Digital de Elevação da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe.



Fonte: Autores (2023).

Conforme citado anteriormente, o fator de forma (Kf) e o coeficiente de compacidade (Kc) são ferramentas valiosas para classificação da susceptibilidade a inundações da bacia. Como evidenciado na Tabela 1, o Kf encontrado foi de 0,08, enquanto o Kc, de 2,36. Ambos os resultados encontrados indicam que a BHRC, tomando como base exclusivamente sua forma, não possui susceptibilidade natural a inundação. Entretanto, conforme o estudo de Costa e Portela (2021), a presente bacia possui um histórico de ocorrência de inundações e cerca de 30% de sua área classificada com alta ou muito alta vulnerabilidade. Assim, a partir dos resultados encontrados no presente estudo, entende-se que as inundações não ocorrem devido à forma natural da bacia, sendo impulsionada por outros fatores. Algumas hipóteses para a ocorrência dessas inundações giram em torno do crescimento urbano exacerbado no entorno dos cursos hídricos principais, o qual somado com sistemas de drenagem existentes e o efeito das marés, provoca o aumento da cota do nível d'água, gerando transbordamento dos canais.

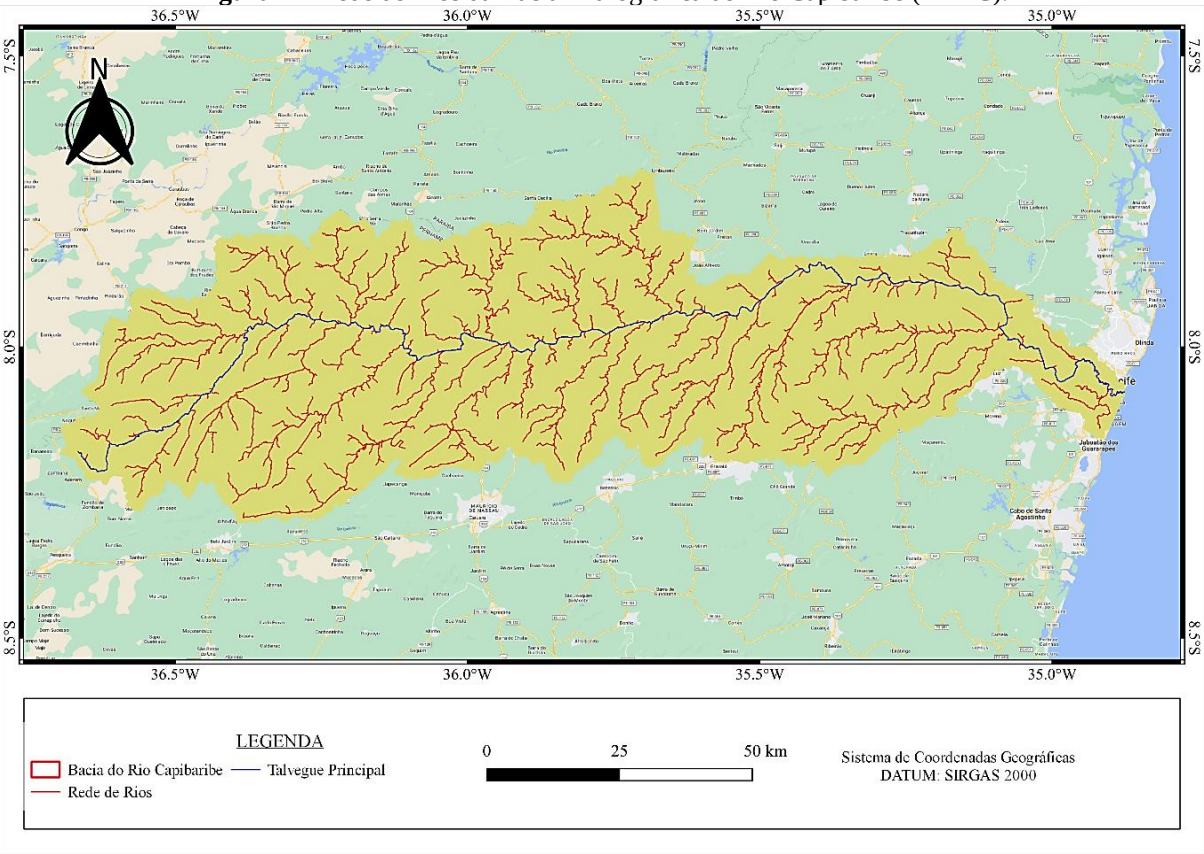
Tabela 2 – Síntese das características da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (BHRC).

Características da Rede de Drenagem	Sigla	Valor
Comprimento do curso d'água principal (km)	L	314,31
Comprimento total dos cursos d'água (km)	Lca	2.934,30
Densidade de Drenagem (km/km²)	Dd	0,39
Comprimento em linha reta entre a nascente e exutório do talvegue principal (km)	Ld	197,52
Sinuosidade do curso d'água principal	Sin	1,59
Declividade do talvegue principal (%)	I	0,26

Fonte: Autores (2023).

Quanto às características da rede de drenagem, observa-se na Tabela 2 a síntese dos resultados encontrados no presente estudo. A Figura 4, por sua vez, apresenta a rede de drenagem da bacia obtida através do tratamento dos dados SRTM baixados.

Figura 4 – Rede de Rios da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (BHRC).



Fonte: Autores (2023).

Conforme disposto na Tabela 2, foi identificado que o comprimento total do curso d'água principal, caracterizado pelo Rio Capibaribe é de 314,31 km, considerando desde o ponto de sua nascente até sua foz, no qual foi identificada uma declividade média do talvegue de 0,26%. Já o comprimento de toda a rede de drenagem gerada (Figura 4), obteve-se um valor total de 2.934,30 km.

Com os resultados evidenciados, foi possível a obtenção da densidade de drenagem, na qual resultou no valor de 0,39 km/km². De acordo com as classes de declividades utilizadas no estudo de Campos *et al*. (2016), o valor encontrado no presente estudo caracteriza a rede de drenagem da BHRC como de baixa densidade.

Quanto ao índice de sinuosidade, Raiol *et al.* (2022) citam que os resultados deste parâmetro podem variar entre 1 e 2, de modo que talvegues mais retilíneos tendem a se aproximar de uma sinuosidade igual a 1. Para o presente estudo, conforme evidenciado na Tabela 2, a sinuosidade do Rio Capibaribe apresentou um valor de 1,59, indicando um formato irregular do curso hídrico, o qual pode também ser visualizado na Figura 4, destacado em azul. Souza *et. al.* (2017), realizando a caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí – Paraná, obtiveram 1,56 para o valor do índice de sinuosidade sugerindo transição entre formas regulares e irregulares, com canais retilíneos e sinuosos. Assim, uma alta sinuosidade do curso hídrico principal somado a baixas declividades podem ser indicadores de um maior tempo de concentração, ou seja, uma maior quantidade de tempo será necessária para que uma gota d'água de chuva se locomova do ponto mais alto da bacia até seu exutório, retardando a chegada do pico de cheias durante um evento extremo.

CONCLUSÃO

Com os resultados encontrados foi possível estimar o funcionamento hidrológico da bacia, determinando o fator de forma, coeficiente de compacidade, sinuosidade e declividade média do curso hídrico principal, concluindo que a Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe não apresenta alta susceptibilidade à ocorrência de inundações. Entretanto a mesma possui um histórico de ocorrência de inundações severas, onde, possivelmente, decorre a fatores como crescimento urbano exacerbado muito próximo aos cursos d'água principais, a drenagem superficial existente e, para as regiões próximas à costa, como por exemplo a Região Metropolitana do Recife (RMR), observa-se o fator de influência das marés.

Por fim, é importante ressaltar a importância de estudos que auxiliem na caracterização morfométrica das bacias, uma vez que estes permitem compreender as tendências hidrológicas de uma região. Técnicas de sensoriamento remoto se destacaram como ferramentas de alta eficiência para o levantamento de dados geométricos e da rede de drenagem das bacias, possibilitando avaliações efetivas e auxiliando na gestão dos recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de Mestrado da segunda autora (Processo nº IBPG-0922-3.01/22); a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) pela disponibilização de dados para auxílio na realização da pesquisa; ao *United States Geological Survey* (USGS) pelas imagens de satélite e ao Projeto Sensoriamento Remoto aplicado no delineamento espaço-temporal de corpos hídricos e áreas verdes no Semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

Antoneli, V., & Thomaz, E. L. (2007). Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista - Guamiranga-PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46–58.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. (2023). **Bacia do Rio Capibaribe.** Recife-PE. Disponível em: < https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas-rio-capibaribe/162-bacias-hidrograficas-rio-capibaribe/193-bacia-do-rio-capibaribe>. Acesso em: 17/11/2023.

Barbosa Júnior, A. R. (2022). **Elementos de Hidrologia Aplicada.** São Paulo: Blucher.

Campos, S., Uzó, M., Campos, M., Pissarra, T. C. T., & Rodrigues, B. T. (2016). Caracterização morfométrica da microbacia do Rio Bauru/SP obtida por técnicas de geoprocessamento. **InterEspaço: Revista De Geografia E Interdisciplinaridade**, *1*(3), 222–234. https://doi.org/10.18766/2446-6549/interespaco.v1n3p222-234.

Collischonn, W., & Dornelles, F. (2015). **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais.** (2ª ed.). Porto Alegre: ABRH.

Costa, M. R., & Portela, B. M. (2021). Análise da vulnerabilidade a inundações na bacia hidrográfica do rio Capibaribe–PE: Validação das metodologias de análise hierárquica e do atlas de vulnerabilidade a inundações. **XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Diaz, C. C. F. (2021**). Impactos da dinâmica de uso e cobertura da terra sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Capibaribe. 2021.** Tese de Doutorado em Geografia – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Ferreira, R. G., Moura, M. C. O., & Castro, F. S. (2015). Uso de plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pancas – Brasil. **Anais Simpósio Nativas – Pesquisas Agrárias e Ambientais**, 210-216p.

Novais, L. R., Lima, A. C., Rodrigues, J. A., Costa, A. M. S., Borges, E. F., & Anjos, C. S. (2011). Análise da vegetação da Área de Preservação Ambiental de São Desidério – BA, a partir do NDVI e NDWI. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Curitiba, INPE, p. 1888.

Melo, D. O. S., Santana Santos, L., Barbosa, A. G., & Mendes, L. A. (2020). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real pelo uso de dados SRTM e tecnologias SIG. **Revista Brasileira de Geografia Física**.

Piroli, E. L. (2022). **Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas [online].** São Paulo: Editora UNESP, 141 p. ISBN: 978-65-5714-298-1.

Raiol, L. L., Ferreira, M. T., Santos, D. C. R., & Hayashi, S. N. (2022). Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Caripi, Zona Costeira Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 15(05), 2354-2370.

Rodrigues, A. C. F., Silva, C. W. G., Rodrigues, E. S. R., Galvão, S. R. S., & Caldas, A. M. (2020). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Terra Nova – PE. **Revista Semiárido De Visu**, Petrolina, v. 8, n. 1, p. 3-14.

Rodrigues, T. C. S. (2018). **Estudo da cobertura e uso da terra na microrregião do Gurupi, Amazônia maranhense, entre os anos 1976 -2016 por meio da aplicação do sensoriamento remoto e SIG's**. 183 f. Tese de Doutorado, Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente.

Rudorff, C. M., Novo, E. M., Galvão, L. S., & Pereira Filho, W. (2007). Análise derivativa de dados hiperespectrais medidos em nível de campo e orbital para caracterizar a composição de águas opticamente complexas na Amazônia. **Revista Acta Amazônica**, V. 37, n. 2, p. 268 –280.

Silva, A. C., & Costa, A. P. L. (2023). Caracterização morfoestrutural e morfotectônica no alto e médio curso do Rio Capibaribe/PE. **Revista Geotemas** -ISSN: 2236-255X -Pau dos Ferros, RN, Brasil, v. 13, p. 01-23.

Silva Junior, M. A. B., Rodrigues, A. B., Gomes, M. M. A., Ribeiro Neto, A., & Cabral, J. J. S. P. (2019). Geoprocessamento aplicado à caracterização morfo-hidrológica da bacia de drenagem da barragem de Duas Unas, em Pernambuco. **Anais do XXIII Simpósio Brasileiro De Recursos Hidrícos,** Foz do Iguaçu – PR.

Soares, L. S., Lopes, W. G. R., Castro, A. C. L., & Araujo, G. M. C. de. (2016). Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista Do Departamento De Geografia**, 31, 82-100. https://doi.org/10.11606/rdg.v31i0.107715

Souza, C. F., Pertille, C. T., Corrêa, B. J. S., & Vieira, F. S. (2017). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí – Paraná. **Rev Eletrônica do Curso de Geografia,** Jataí, UFG, n. 29, p. 93-110.

Teodoro, V. L. I., Teixeira, D., Costa, D. J. L., & Fuller, B. B. (2007). Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n. 20, p. 137-156.

AVALIAÇÃO MULTITEMPORAL DE ÁREA ALAGADA E DE VEGETAÇÃO NO RESERVATÓRIO POÇO DA CRUZ, SERTÃO NORDESTINO

Anderson José Alves de Sá 1[(a)], Anne Beatriz Carvalho Silveira 2[(b)], Luara dos Santos Soares 3[(c)]; Jose Roberto Lopes da Silva[(d)]; Jocimar Coutinho Rodrigues Junior[(e)]

[(a)]*Graduação em Engenharia Hídrica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, anderson.josealves@ufrpe.br*
[(b)]*Graduação em Engenharia Hídrica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, anne80164@gmail.com*
[(c)]*Graduação em Engenharia Hídrica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, luarasantos195@gmail.com*
[(d)]*Docente de Engenharia Hídrica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, jose.roberto@ufrpe.br*
[(e)]*Docente de Engenharia Hídrica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, jocimar.coutinho@ufrpe.br*

RESUMO: As técnicas de Sensoriamento Remoto são ferramentas úteis para analisar o comportamento dos elementos naturais, a partir de índices espectrais, como o NDVI e o NDWI. Neste estudo, o objetivo consiste em aplicar esses índices para avaliar a área alagada e de vegetação, no entorno do reservatório Poço da Cruz, localizado no município de Ibimirim, em Pernambuco, no período de 2015 e 2020. Foram empregadas imagens do satélite *Landsat 8*, e realizados processamentos do NDVI e NDWI no *software* QGIS. Assim, foi possível observar mudanças que apontam aumento de áreas com NDVI com valores acima de 0,2, entre 2015 e 2020. As áreas alagadas também tiveram crescimento relevante, com maior presença de áreas com valores de NDWI acima de 0,2. Portanto, os valores de NDVI e NDWI foram mais altos em 2020, evidenciando uma presença de vegetação e de água mais abundante no entorno do reservatório de Poço da Cruz.

Palavras-Chave: Recursos Hídricos, Sensoriamento Remoto, Índices Físicos.

ABSTRACT: Remote Sensing techniques are useful tools for analyzing the behavior of natural elements, using spectral indices such as NDVI and NDWI. In this study, the aim is to apply these indices to assess the flooded area and vegetation around the Poço da Cruz reservoir, located in the municipality of Ibimirim, Pernambuco, between 2015 and 2020. Images from the Landsat 8 satellite were used, and NDVI and NDWI were processed using QGIS software. It was thus possible to observe changes that indicated an increase in areas with NDVI values above 0.2 between 2015 and 2020. The flooded areas also grew significantly, with a greater presence of areas with NDWI values above 0.2. Therefore, the NDVI and NDWI values were higher in 2020, showing the presence of more abundant vegetation and water around the Poço da Cruz reservoir.

Keywords: Water Resources, Remote Sensing, Physical Indices.

INTRODUÇÃO

A região do semiárido pernambucano é caracterizada por extensos períodos de estiagem, com um padrão de chuvas imprevisível e variável. A escassez de água representa um dos principais desafios enfrentados pelos municípios e representa um grande obstáculo para o progresso socioeconômico. A ausência de técnicas de supervisão bem direcionadas, juntamente com a irregularidade do ciclo de água, resulta em mudanças significativas na vegetação local. Como consequência, o próprio ciclo hidrológico pode ser impactado, desencadeando mais efeitos negativos (ANDRADE et al., 2018).

Desse modo, o Sensoriamento Remoto (SR) consiste em uma ferramenta essencial em estudos que abordam questões relacionadas à seca em regiões afetadas por essas especificidades. Essa abordagem possui múltiplos usos, incluindo a capacidade de identificar mudanças na cobertura do solo e a detecção de corpos d'água, por meio da análise de parâmetros biofísicos, o que fornece informações para diagnósticos e gestão socioambiental (BACALHAU et al., 2017).

O SR é muito importante para estudos ambientais, por ter fácil acessibilidade das imagens de satélite e na disponibilidade de sensores com diferentes resoluções espaciais, espectrais, temporais e radiométricas. Isso abre caminho para a aplicação de técnicas de processamento de imagens para estudar as dinâmicas ambientais, usando índices espectrais que envolvem operações matemáticas com os valores

numéricos dos pixels das diferentes bandas das imagens (EPIPHANIO et al., 1996;; FARIAS et al., 2017).

Entre os indicadores espectrais utilizados para avaliar parâmetros biofísicos que abrangem tanto a vegetação quanto a água em regiões de bacias hidrográficas, os mais amplamente reconhecidos são o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI).

O NDVI é determinado através da subtração dos espectros de refletância no infravermelho próximo (NIR) e vermelho (RED), e essa diferença é então dividida pela soma desses dois espectros. Então ele pode fornecer dados sobre a quantidade e densidade da vegetação, possibilitando a análise da cobertura vegetal, a detecção de variações ao longo do tempo e a identificação de áreas sujeitas ao estresse hídrico ou desmatamento (ROUSE et al. em 1974).

Ademais, o NDWI é obtido através da subtração do espectro de reflexão no infravermelho próximo (NIR) e do espectro no infravermelho de onda curta (SWIR), dividido pela soma desses dois espectros. Este indicador é particularmente específico na detecção de massas de água, tais como rios, lagos, reservatórios e regiões inundadas. Além disso, o NDWI pode ser empregado para monitorar as flutuações da água, identificar alterações nas áreas costeiras afetadas por inundações ou delinear a extensão de zonas úmidas (MCFEETERS, 1996).

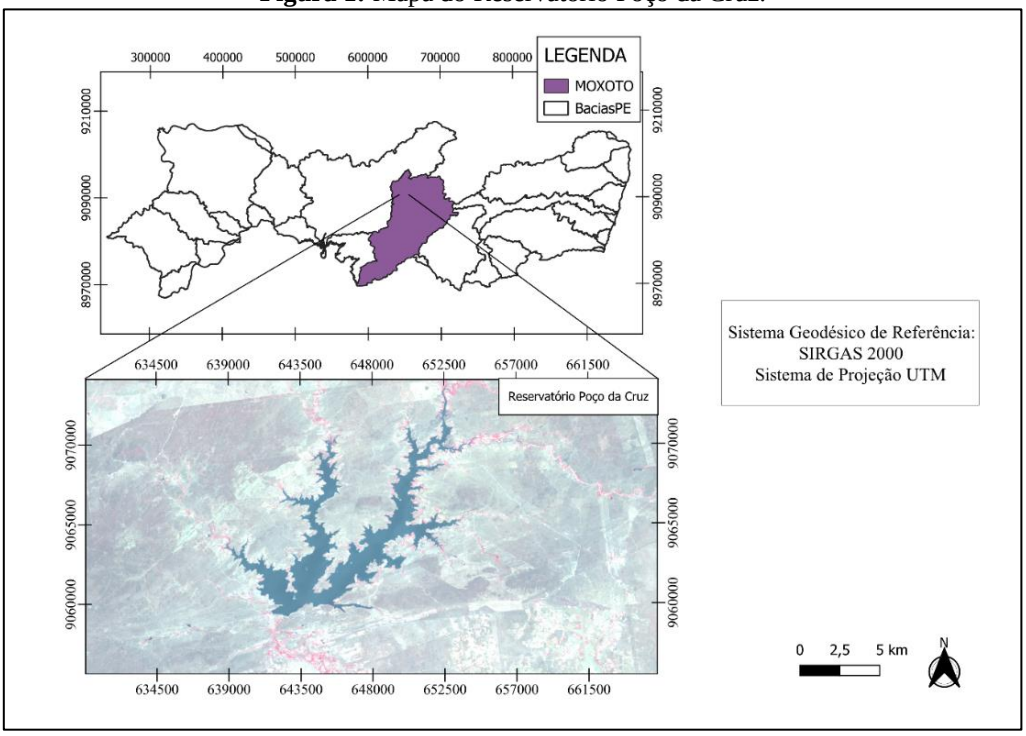
Diante das informações apresentada, esse trabalho tem como objetivo averiguar as mudanças na vegetação e no espelho d'água do Reservatório Poço da Cruz e seu entorno, utilizando o NDVI e o NDWI, para os anos de 2015 e 2020.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área em estudo

O estudo foi realizado no Reservatório Engenheiro Francisco Sabóia também conhecido por Poço da Cruz, localizado no município de Ibimirim no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil, mais precisamente a uma latitude 08º32’26” sul e a uma longitude 37º41’25” oeste. A área está situada na região da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó, como destaca-se na Figura 1.

Figura 1: Mapa do Reservatório Poço da Cruz.



Fonte: Autores (2023).

O município de Ibimirim está a 395 metros acima do nível do mar. Segundo dados do IBGE, o território se expande para 1.882,498 km², com população estimada em 26.595 hab em 2020 e densidade populacional de 14,13 hab/ km² (IBGE, 2023).

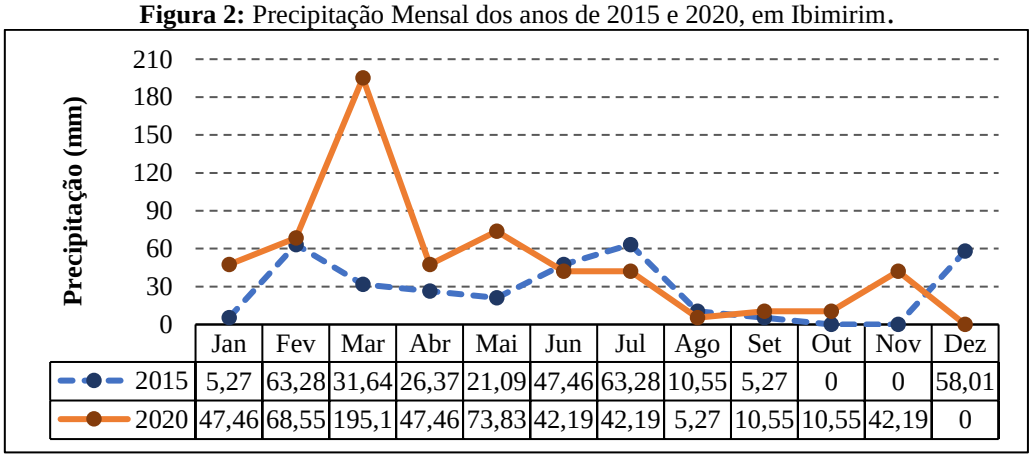
De acordo com a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), a maior parte da bacia hidrográfica do rio Moxotó está localizada no Estado de Pernambuco, com uma parte se estendendo para o sudeste até o Estado de Alagoas, por onde chega o rio São Francisco. E abrange uma extensão total de 9.744,01 km², sendo que 8.772,32 km² estão situadas no território do estado de Pernambuco (APAC, 2023).

Conforme aponta Silva (2006), o desenvolvimento da agricultura irrigada no município de Ibimirim foi impulsionado pela implementação do Perímetro Irrigado do Moxotó pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Esse projeto teve início em 1930 com a construção do reservatório Engenheiro Francisco Saboia (Poço da Cruz) e foi inaugurado oficialmente em 1958 durante a administração do presidente Juscelino Kubitscheck, conforme mencionado por Silva (2006). A região irrigada desempenha um papel fundamental como fonte de renda tanto para a localidade quanto para o estado de Pernambuco. Portanto, é de suma importância implementar medidas integradas de geotecnologia para monitorar o uso responsável do rio e da sua vegetação ciliar, como destacado por Lima et al. (2019). Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) o reservatório tem capacidade total de 504,00 hm³ de água.

Índices pluviométricos

A medição da quantidade de chuva, conhecida como índices pluviométricos, é uma ferramenta crucial para compreender o clima de uma determinada região. Ao analisar a evolução ao longo do tempo, torna-se possível identificar variações e padrões climáticos. Assim, procederemos à comparação dos índices pluviométricos entre os anos de 2015 e 2020 para a cidade de Ibimirim (Figura 2). A determinação do regime de chuvas na área de estudo foi feita com base nos dados mensais fornecidos pelo banco de dados do (NASA POWER, 2023).

Figura 2: Precipitação Mensal dos anos de 2015 e 2020, em Ibimirim.



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2015	5,27	63,28	31,64	26,37	21,09	47,46	63,28	10,55	5,27	0	0	58,01
2020	47,46	68,55	195,1	47,46	73,83	42,19	42,19	5,27	10,55	10,55	42,19	0

Fonte: Autores (2023).

Com base na observação retratada na Figura 2, notamos que o ano de 2015 registrou a menor quantidade anual acumulada de precipitação com 332,23 mm, enquanto o ano de 2020 apresentou o maior índice anual acumulado de precipitação com 585,35 mm. E também constatamos que, no mês de novembro de 2015, a média de realização mensal acumulada foi de 0 mm, ao passo que, em outubro de 2020, esse valor mensal alcançou os 10,55mm.

Obtenção e processamento de imagens

As imagens utilizadas para calcular o NDVI e NDWI foram adquiridas no período compreendido entre 14 de novembro de 2015 e 10 de outubro de 2020. Estas foram capturadas pelo satélite (Landsat 8), através do seu sensor Operational Land Imager (OLI). Este sensor é empregado na

geoespacialização de características na superfície terrestre, como corpos d'água e áreas vegetadas, utilizando bandas espectrais para coleta de dados na região do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, especificamente a uma banda pancromática.

Portanto, o processamento foi conduzido utilizando o software QGIS 3.20 com o objetivo de extrair dados sobre as áreas abrangidas pelos índices espectrais ao longo do período em questão. Inicialmente, foi criado um modelo para calcular o NDVI, que fornece informações sobre a extensão da vegetação verde no entorno do reservatório sob investigação. De acordo com Rouse et al. (1974), o NDVI está calculando a Equação 1.

$$\mathrm{NDVI} = \frac{(\rho\mathrm{NIR} - \rho\mathrm{R})}{(\rho\mathrm{NIR} + \rho\mathrm{R})} \quad (1)$$

onde:
ρNIR: refletância da banda do infravermelho próximo;
ρR: refletância banda do vermelho.

Quanto ao NDWI, ele oferece a capacidade de adquirir dados sobre o comportamento da água na região em análise. Sua fórmula foi originalmente desenvolvida por Gao (1996) para avaliar as condições superficiais de água, conforme expresso na Equação 2.

$$\mathrm{NDWI} = \frac{(\rho\mathrm{Vis} - \rho\mathrm{NIR})}{(\rho\mathrm{Vis} + \rho\mathrm{NIR})} \quad (2)$$

onde:
ρNIR: refletância da banda do infravermelho próximo;
ρVIS: refletância banda do visível.

Os cálculos dos índices espectrais fornecem resultados que variam de -1 a 1. No caso do NDVI, quanto mais próximo de 1 o valor, maior é a presença de cultivos saudáveis na área, o que destaca a resposta espectral das plantas. Por outro lado, os valores abaixo de 0 (zero) indicam a presença de água, diminuindo a presença de corpos hídricos. No que se refere ao NDWI, valores acima de 0 (zero) sinalizam a presença de água, enquanto valores mais próximos de -1 indicam a presença de vegetação com variação no seu vigor vegetativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

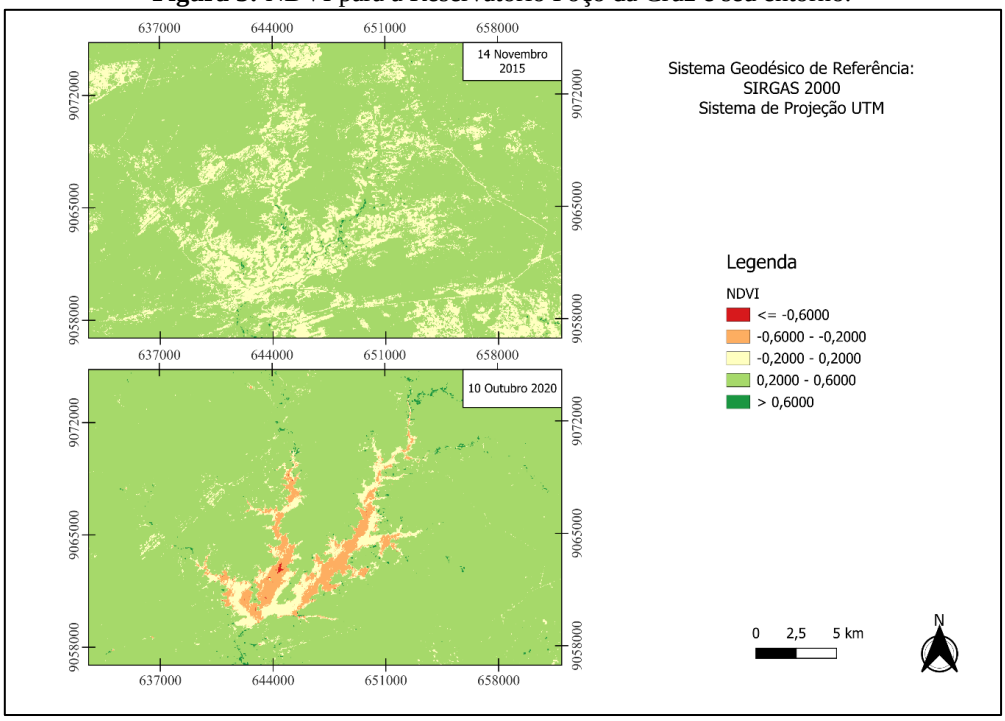
A partir da captura das imagens do satélite Landsat 8, datadas de 14 de novembro de 2015 e 10 de outubro de 2020, foram executados os procedimentos delineados nas Equações 1 e 2 para calcular o NDWI e o NDVI. No que diz respeito à quantidade de chuva, o município de Ibimirim registrou os níveis mensais de ocorrência em 2015 e 2020, conforme ilustrado na Figura 2. Conforme observado, em novembro de 2015 e outubro de 2020, houve uma ocorrência de 0 e 10,55 mm respectivamente. Assim, esses meses são caracterizados por condições de baixa precipitação, ou seja, períodos secos.

Além disso, é importante destacar que não ocorreram chuvas nas datas diárias correspondentes à captura das imagens tanto em 2015 quanto em 2020 no município de Ibimirim. Portanto, levando em conta a ausência de influência da incidência na obtenção das imagens pelo satélite Landsat 8, estas foram demonstradas utilizando o software QGIS 3.20. Os resultados relacionados ao NDVI foram obtidos através da aplicação da Equação 1 (Figura 3).

Desta forma, é possível observar que em 10 de outubro de 2020, ocorreu um aumento nas regiões de NDVI que registraram valores superiores a 0,2 (áreas em frequências de verde claro) nas proximidades do reservatório. Isso indica que a vegetação estava em um estado relativamente mais robusto em comparação com o ano de 2015.

Adicionalmente, observa-se que, especialmente em 2015, há uma notável quantidade de solo descoberto ou áreas vegetais com fraco desenvolvimento. Entretanto, em 2020, houve uma redução dessas regiões e um aumento nas áreas com vegetação, a maioria das quais apresenta um nível de saúde vegetal moderado, conforme indicado pelas áreas que registraram índices de NDVI variando de 0,2 a 0,6.

Figura 3: NDVI para a Reservatório Poço da Cruz e seu entorno.



Fonte: Autores (2023).

A vegetação mais robusta e saudável, com uma resposta espectral mais pronunciada, é encontrada em áreas onde os valores ultrapassam 0,6 (indicando vigor vegetativo mais intenso) no entorno do reservatório. Neste contexto, não foram observadas alterações significativas entre os anos de 2015 e 2020. Por outro lado, as regiões com presença de água, identificadas por valores abaixo de zero (representados em áreas vermelhas), apresentaram um grande aumento em 2020. Pode-se observar que estas novas áreas alagadas fazem parte do reservatório, evidenciando um aumento significativo em seu volume.

Os valores de NDVI, incluindo o valor máximo e o valor mínimo, foram destacados na Tabela 1. Foi observado que em 10 de outubro de 2020, os valores máximos e mínimos eram superiores a 2015. Isso indica uma melhoria relativa na condição da vegetação na área, que agora apresenta uma resposta espectral mais alta.

Tabela 1: Valores do NDVI, para o Reservatório Poço da Cruz.

Anos	Máximo	Mínimo
14/11/2015	0,918673	-0,41262
10/10/2020	1,05519	-1,62531

Fonte: Autores (2023).

Em relação à avaliação do NDWI, a Figura 4 exibe o mapa resultante da análise realizada utilizando o software QGIS 3.20. Assim como observado no caso do NDVI, houve alterações significativas na resposta espectral à presença de água entre os anos de 2015 e 2020.

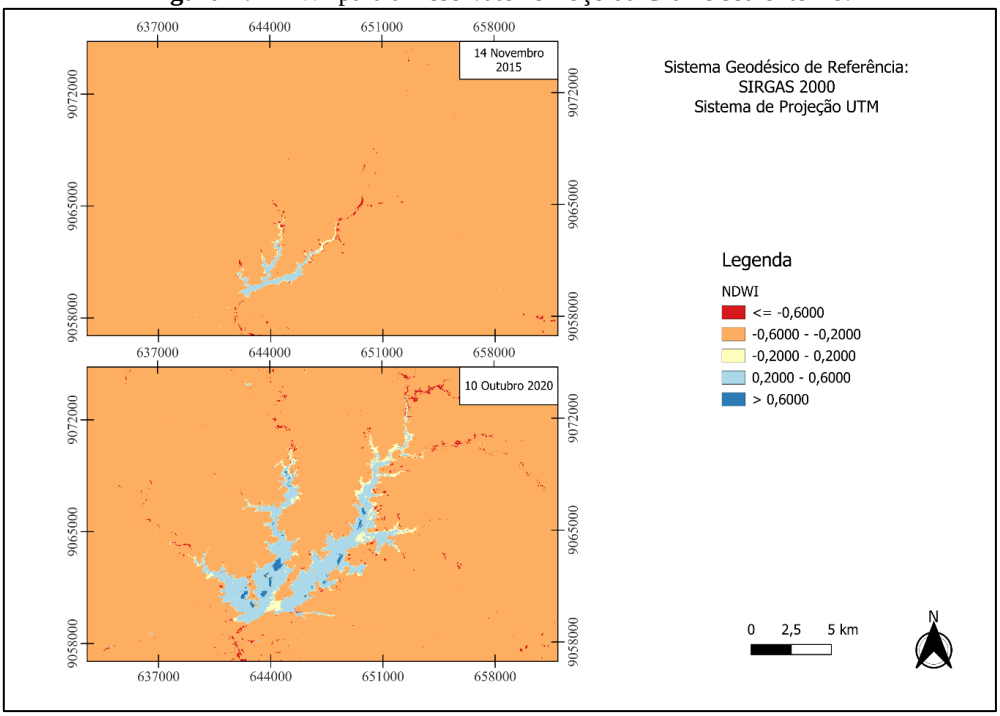
Conforme ilustrado na Figura 3, é possível observar mudanças específicas, como a expansão de regiões com valores de NDWI superiores a zero (áreas azuis) e, também é evidente um aumento relativo àquelas áreas inundadas do reservatório em 2020. Essa constatação está em consonância com os resultados do NDVI, que também indicaram um aumento do nível da área alagada.

Quanto aos valores máximos e mínimos do NDWI em 2015 e 2020, os resultados foram apresentados na Tabela 2. Foi observado que em 10 de outubro de 2020, os valores máximos e mínimos eram superiores a 2015. Em relação às respostas espectrais associadas à presença de água, foi possível

observar uma recuperação do volume armazenado em relação aos anos investigados (2015 e 2020), conforme indicado pelas áreas inundadas.

Em um estudo conduzido em Pernambuco, por Rodrigues Junior et al. (2022), os valores do NDVI para os anos de 2015 e 2020 na bacia hidrográfica do Grupo de Bacias de Pequenos Rios Interiores 6 (GI-6), localizado também na região semiárida de Pernambuco, apresentaram semelhanças notáveis com os resultados apresentados neste trabalho. De forma similar, na área do reservatório Poço da Cruz, os valores de NDVI e NDWI também apontaram maior presença de área alagada e de vegetação em 2020.

Figura 4: NDWI para a Reservatório Poço da Cruz e seu entorno.



Fonte: Autores (2023).

Tabela 2: Valores do NDWI, para o Reservatório Poço da Cruz.

Anos	Máximo	Mínimo
14/11/2015	0,561426	-0,838255
10/10/2020	1,51027	-1,26107

Fonte: Autores (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, foi constatado alterações nos índices NDWI e NDVI entre 14/11/2015 e 10/10/2020 para o município de Ibimirim. Em relação ao NDVI, foi verificado um aumento significativo em 2020 nas áreas com possível presença de vegetação arbustiva ou rasteira, com aumento relevante de locais com valores entre 0,2 e 0,6. Assim, indica-se uma melhoria relativa na condição da vegetação na área em que neste último período estudado, em razão da resposta espectral mais alta, provavelmente associada a dinâmica climática e maior disponibilidade de água no solo em função dos volumes pluviométricos registrados.

Quanto ao NDWI foi evidente um aumento relativo àquelas áreas inundadas do reservatório em 2020, com aumento de áreas com valores acima de 0,2. Essa constatação está em consonância com os resultados do NDVI, que também indicaram um aumento do nível da área alagada. também foram observados valores relativamente mais altos em 2020. Isso indica aumento nas áreas alagadas entre 2015 e 2020, o que pode corresponder a recuperação do nível do reservatório em resposta as chuvas da região.

Diante desse panorama, uma análise multitemporal de parâmetros biofísicos do município de Ibimirim, com o uso de geotecnologias, torna-se importante para traçar medidas progressivas de contenção e controle de impactos ambientais. Assim, dada a localização de Ibimirim na região semiárida de Pernambuco, torna-se crucial a adoção de estratégias planejadas para o planejamento dos recursos hídricos e seu uso, bem como acompanhamento da dinâmica espaço-temporal das áreas de alagamento e vegetação no entorno do reservatório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Climas. **Bacias hidrográficas – Moxotó.** Governo de Pernambuco, 2023. Disponível em: https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas-rio-moxoto/167-bacias-hidrograficas-rio-moxoto/198-bacia-do-rio-moxoto. Acesso: 11 set. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados.** Brasil, 2023. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/ibimirim.html. Acesso: 11 set. 2023.

ANDRADE C. B., *et al*. Avaliação de índices de vegetação e características fisiográficas no Sertão Pernambucano. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, n. 4, p. 97-107, 2018.

BACALHAU, J. R.; NETO, A. R.; OLIVEIRA, L. M. M. Aplicação de índice de vegetação no monitoramento da seca: açude Algodões no sertão pernambucano. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 283-293, 2017.

EPIPHANIO, J. C. N., *et al*. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 06, p. 445- 454, 1996.

FARIAS, M. O., *et al*. Variabilidade espaço-temporal da cobertura do solo por índices de vegetação e água no Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, 7, 91-99, 2017.

GAO, B. NDWI - a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v.58, 257-266, 1996.

LIMA, N. A. S., *et al*. Spectral Indices for remote sensing with the LANDSAT-5 and SENTINEL-2 satellites around the Poço Cruz reservoir-PE. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife. v. 9, n. 5, p. 299-309, 2019.

MCFEETERS, S. K. O uso do Índice de Água de Diferença Normalizada (NDWI) na delineação de características de águas abertas. **Jornal Internacional de Sensoriamento Remoto**, 17(7), 1425-1432, 1996.

NASA POWER. NASA - Prediction Of Worldwide Energy Resources. **Data Access Viewer Classic – Agroclimatologia.** Disponível em: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/. NASA, 2023. Acesso: 11 set. 2023.

RODRIGUES JUNIOR, J. C., *et al*. Parâmetros Biofísicos de Bacia Hidrográfica do Submédio São Francisco por Técnicas de Sensoriamento Remoto. *In*: XVI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste e 15º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa. **Anais...** ABRHidro. Caruaru, Pernambuco, Brasil, 2022.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC Type III Final Report, Greenbelt, Canada, May 27; 371, 1974.

EMPREGO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO COMO SUPORTE NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO SISTEMA COREMAS-MÃE D'ÁGUA

Vinicius Novo da Silva 1[(a)], Maria Lucineide Gomes da Silva 2[(b)], Floriza Maria da Silva Pereira[(c)]

[(a)]Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, viniciusnovo.enge@gmail.com
[(b)]Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, lucineidegmd@gmail.com
[(c)]Departamento de Geoprocessamento, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, florizamaria36@gmail.com

Resumo: A disponibilização de água em quantidade e qualidade adequada para as populações é uma atividade que requer um processo de gestão que monitore constantemente os reservatórios desses recursos. Atividade a qual devido à disponibilidade de mão de obra, equipamentos, área de abrangência a ser monitorada, tamanho do reservatório, quantidade de parâmetros a serem analisados se torna bem onerosa e dificultosa. Como alternativa para contornar essa problemática tem-se o emprego das técnicas de geoprocessamento como uma alternativa viável capaz de auxiliar no monitoramento, proporcionando análises espaciais e temporais. Diante do exposto, este trabalho busca aplicar técnicas de sensoriamento remoto, mais precisamente os índices de NDTI, NDVI, NDCI em dada escala temporal, para análise da qualidade de água do Sistema Coremas-Mãe D'água, um dos principais açudes do Estado da Paraíba. Os resultados se mostram satisfatórios reforçando a potencialidade no emprego das técnicas e dos índices utilizados.

Palavras-chave: Açude, Geoprocessamento, Monitoramento, Semiárido.

Abstract: The availability of water in adequate quantity and quality for populations is an activity that requires a management process that constantly monitors the reservoirs of these resources. Activity that due to the availability of labor, equipment, coverage area to be monitored, reservoir size, the number of parameters to be analyzed turns to be very costly and difficult. As an alternative to circumvent this problem, there is the use of geoprocessing techniques as a viable alternative capable of assisting in monitoring, providing spatial and temporal analysis. Given the above, this work seeks to apply remote sensorially techniques, more precisely the indices of NDTI, NDVI and NDCI on a given time scale, to analyze the water quality of the Coremas-Mãe D'água System, one of the main dams of the State of Paraíba. The results were satisfactory, reinforcing the potential in the use of the techniques and indices used.

Keywords: Dam, Geoprocessing, Monitoring, Semi-arid.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial na garantia de fornecimento de uma qualidade de vida digna para as populações, a disponibilidade desse recurso em quantidade e qualidade adequados são fatores que influenciam no desenvolvimento de regiões, cidades, ou seja, espaços geográficos diversos. Regiões localizadas em áreas semiáridas, devido às condições climáticas existentes, são marcadas por disputas, conflitos e ações de políticas públicas e governamentais que buscam gerir a escassez hídrica nesses espaços (Tenório e Carvalho, 2022).

Na região nordeste do Brasil, que dispõem de maior parte do seu território no semiárido, ações de combate à seca vêm sendo implantadas desde a "grande seca", período de estiagem que ocorreu entre os anos de 1877 e 1879, marcado por um grande rastro de miséria devido a morte de milhares de pessoas de fome e sede, estima-se que ocorreu mais de quinhentos mil mortos no período citado (Souza Júnior, 2020; Sousa, 2022).

Com a perspectiva de mitigar os conflitos, aumentar a disponibilidade do recurso, uma política de infraestrutura hídrica foi implementada, em primeiro momento, e, como principal meio de atuação fomentou-se a construção de reservatórios artificiais (Brasil, 2012), como feedback no decorrer do século passado uma grande quantidade de açudes foram construídos no semiárido brasileiro (Salinas *et al.*, 2021). Esses açudes além de abastecerem as populações provocam uma série de impactos

socioeconômicos, possibilitam o desenvolvimento de culturas irrigadas e pecuária, além de proporcionar atividades de lazer, entre outros (Souza, 2015).

Diante da importância dos açudes, Farto e Silva (2020), chamam atenção para qualidade da água presente nesses reservatórios, a qual pode apresentar variações em decorrência da ocupação da bacia hidrográfica a montante, nível de armazenamento, entre outros fatores. A qualidade da água é definida pelas características biológicas, químicas e físicas e é um aspecto indispensável para se estabelecer os usos múltiplos desses recursos. O monitoramento, fiscalização dos corpos hídricos em geral no Brasil, é precária, o processo é oneroso, realizado por meio de coletas em campos, pontuais, que resultam em dados que refletem um resultado estático no tempo e espaço, não permitindo obtenção de variações espaciais e temporais (Brito et al., 2022).

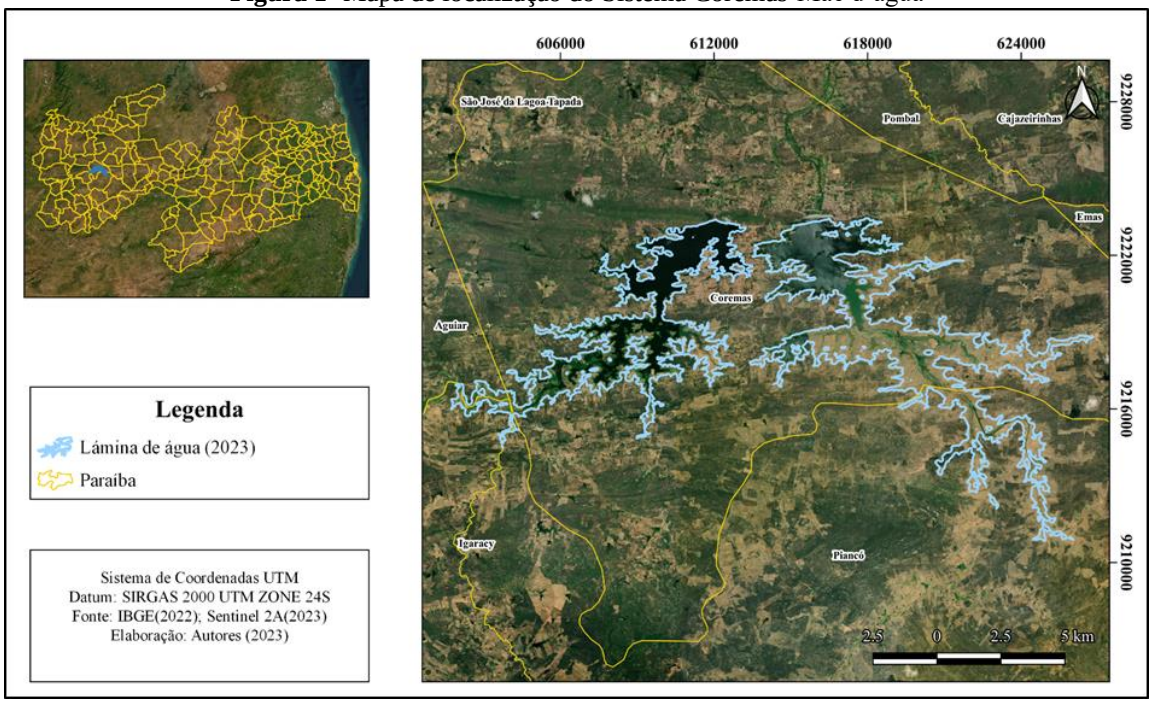
Como resposta à limitação referida tem-se o emprego de técnicas de sensoriamento remoto, Pizani e Maillard (2023), descrevem de modo simplificado o processo, em que os sensores a bordo dos satélites captam as relações entre a radiação refletida e os constituintes presentes no corpo hídrico, gerando informações espectrais que subsidiam a quantificação de determinados parâmetros de qualidade de água. As possibilidades de emprego das técnicas são diversas, pesquisas realizadas demonstram o potencial de aplicação do sensoriamento remoto no monitoramento de bacias hidrográficas, uso ocupação em torno de reservatórios, estimativas dos parâmetros de qualidade de água entre outras (Brito, 2022; Pizani e Maillard, 2023; Santos, Cordeiro, Vieira, 2021; Vitorio, Morais, Cardoso, 2022).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo avaliar a aplicação de índices espectrais de qualidade da água sob uma ótica temporal no sistema Coremas-Mãe D'água no interior do Estado da Paraíba.

MATERIAL E MÉTODO

O Sistema Coremas-Mãe d'água é composto pelos dois maiores açudes ativos do estado da Paraíba, o Açude Coremas o qual dispõe de uma capacidade de armazenamento de 744.144.694 m3, e o Mãe D'água com a capacidade de 545.017.499 m3 (AESA,2023), localizados no município de Coremas, na região semiárida do estado da Paraíba (Figura 1).

Figura 1- Mapa de localização do Sistema Coremas-Mãe d'água



Fonte: Autores (2023).

Os reservatórios apresentam papel de grande importância para a região, sendo observado uso múltiplos da água, com destaque para abastecimento humano e irrigação de lavouras, criação de peixes, geração de energia, e perenização do Rio Piancó (Lima, 2004).

Diante da relevância do sistema, Nóbrega (2015), pontuou diversas influências que provocam alterações no regime hidrológico do sistema, como também na variação dos volumes de escoamento, na qualidade da água desse. Essas decorrem das condições climáticas do semiárido, das características fisiográficas e geológicas, do tipo de cobertura vegetal predominante da caatinga, associadas às múltiplas formas de uso, reforçando a necessidade de estudos, e pesquisas que contribuam com o monitoramento do sistema.

O desenvolvimento desta pesquisa foi dividido em 3 etapas, sendo a primeira focada no levantamento bibliográfico dando a base teórica para abordagem e compreensão dos conceitos apresentados, a segunda etapa focada no processamento das imagens do *Sentinel 2A*, entre os anos de 2019 e 2023, e terceira etapa consistiu na composição dos mapas e análise dos resultados.

O processamento dos dados desta pesquisa se deu em dois ambientes, o *Google Colab*, onde ocorreu a integração com a biblioteca de dados do *Google Earth Engine*, para aquisição das imagens do *Sentinel 2A*, e seu referido processamento por meio de códigos escritos em linguagem *Python*. E no software livre *QGIS*, onde os mapas temáticos foram elaborados e os dados consolidados.

Os parâmetros adotados para a escolha das imagens de satélite utilizados nesta pesquisa foram a sua disponibilidade e a proporção de nuvens. A seleção ocorreu por meio de um algoritmo construído no *Google Colab* que teve como resultado a melhor imagem disponível para o ano de referência, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1- Características das imagens

Satélite	Data	% de nuvens
Sentinel 2A	28/09/2019	0,005551
Sentinel 2A	17/09/2020	0,008036
Sentinel 2A	14/07/2021	0,019741
Sentinel 2A	08/08/2022	0,004436
Sentinel 2A	04/07/2023	0,000657

Fonte: Autores (2023).

Os índices espectrais aplicados nesta pesquisa foram o NDTI - *Normalized Difference Tubidy Index* (Índice de Turbidez por Diferença Normalizada), NDVI - Normalized *Difference Vegetation Index* (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), NDCI - *Normalized Difference Chlorophyll Index* (Índice de Clorofila por Diferença Normalizada).

O NDVI foi definido pela fórmula proposta por Rouse e colaboradores em 1973, no intuito de avaliar o vigor da vegetação, com a diferença normalizada das bandas do vermelho e do infravermelho (Equação 1).

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \qquad \text{Equação 1}$$

A avaliação do NDVI seguiu a análise padrão do índice, que varia de -1 a 1, onde os valores negativos estão geralmente associados a resposta espectral dos corpos hídricos, os valores positivos próximos de 0 são comumente a resposta espectral do solo exposto ou de vegetação de pequeno porte, e os valores mais próximos de 1 representam maior vigor vegetativo.

Uma observação quanto ao NDVI, é que apesar do código florestal definir como Áreas de Preservação Permanente - APPs, a distância de 100 metros desde a margem dos açudes, para uma análise mais detalhada do entorno do corpo hídrico foi gerado um buffer de 500 metros das margens dos polígonos definidos como representantes do espelho d'água em cada ano.

A obtenção do espelho d'água se deu por meio da obtenção de contornos dos rasters no *QGIS*, que geram polígonos, posteriormente editados para melhor representação dos limites dos açudes.

O NDCI, toma como referência o trabalho de Mishra e Mishra (2012) que fazem a diferença normalizada da borda do vermelho com o vermelho para avaliação da clorofila nos corpos hídricos, como apresentado na (Equação 2).

$$NDCI = \frac{(Red\ edge - RED)}{(Red\ edge + RED)} \qquad \text{Equação 2}$$

O NDTI foi desenvolvido por Lascaux *et al*. (2007) para avaliação da turbidez de lagos, e pode ser obtido pela diferença normalizada das bandas vermelha e verde (Equação 3).

$$NDTI = \frac{(RED - GREEN)}{(RED + GREEN)} \quad \text{Equação 3}$$

Os dados do NDCI e NDTI também variam de -1 a 1, contudo para sua avaliação e apresentação dos mapas temáticos foi implementada uma metodologia diferente, de forma que estes foram analisadas em três classes de acordo com os valores obtidos para cada imagem, tomando como base para tal o trabalho de Singh, Bhardwaj e Verma (2020) que propõem uma análise estatística tomando como referência os valores médios e o desvio padrão de cada imagem, como mostrado nas equações abaixo (Equação 4, 5 e 6):

Turbidez e Clorofila Baixas = Média - Desvio Padrão	Equação 4
Turbidez e Clorofila Moderadas = Média + Desvio Padrão	Equação 5
Turbidez e Clorofila Elevadas = Valores acima do intervalo moderado	Equação 6

Como análise complementar, foi calculada a área do NDTI e NDCI em cada ano, permitindo uma visão detalhada da proporção de cada nível de turbidez e clorofila, e sua variação ao longo dos 5 anos estudados.

RESULTADO E DISCUSSÃO

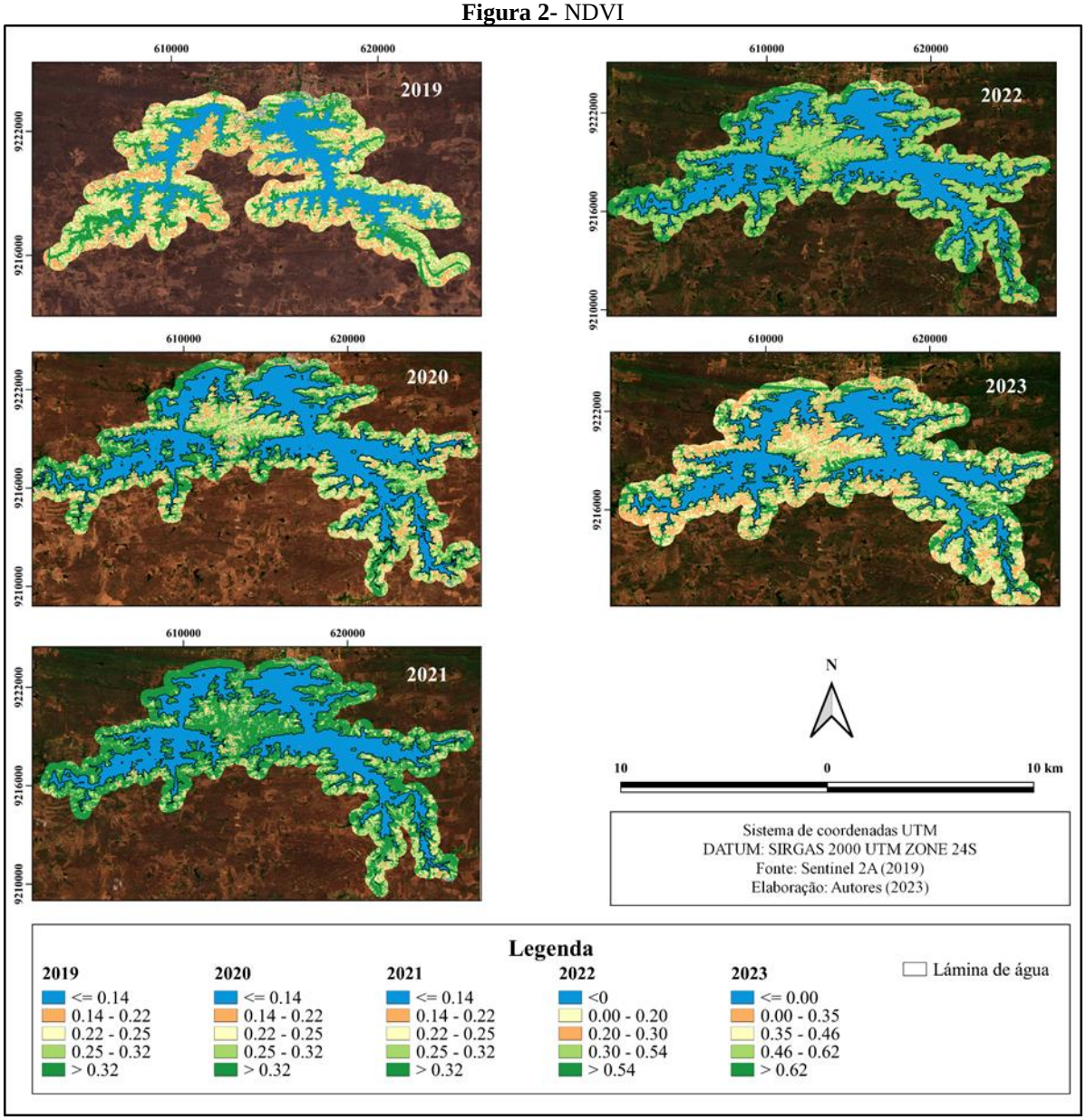
Após o processamento de todas as imagens foram sistematizados 3 mapas temáticos, apresentando os 3 índices espectrais aplicados na escala temporal estabelecida.

No mapa do NDVI (Figura 2), em 2019 é possível observar uma concentração expressiva das áreas com resposta variando de 0,14 a 0,22 comumente associadas a áreas de solo exposto ou vegetação esparsa, e de 0,22 a 0,32, onde comumente são observadas vegetações ralas e semidensas. As áreas com maior verdor da vegetação, com resposta acima de 0,32 estão normalmente associadas às áreas de vegetação densa, ou ainda alta concentração de vegetação aquática nesse caso, onde se observa a concentração dessa classe mais as margens do corpo hídrico, ou cobrindo a lâmina de água.

Nota-se que, no ano de 2019, é observado o espelho d'água no intervalo analisado, totalizando aproximadamente 25,46 km². Tal redução pode ser atribuída ao intenso período de seca observado nos anos anteriores, conforme dados da AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas (2023). Em 2019, a precipitação anual foi de 808,7 mm, enquanto em 2018 e 2017 foram registrados 667 mm e 589,9 mm, respectivamente.

Contrastando com essa tendência, o ano de 2020 apresentou o maior espelho d'água dentro do período analisado, atingindo cerca de 57,56 km². De acordo com a AESA (2023), a precipitação média anual em 2020 foi de 1442,5 mm. Os efeitos desse aumento nas chuvas são claramente evidenciados no mapa de NDVI, com o crescimento visível das áreas de vegetação com resposta espectral superior a 0,25. Esse fenômeno é comum na região semiárida, onde a relação entre a resposta espectral da biomassa e a precipitação é diretamente proporcional devido à notável resiliência da Caatinga, que demonstra alta resposta à umidade, conforme avaliado por Nascimento, Lima e Lima (2014).

Figura 2- NDVI



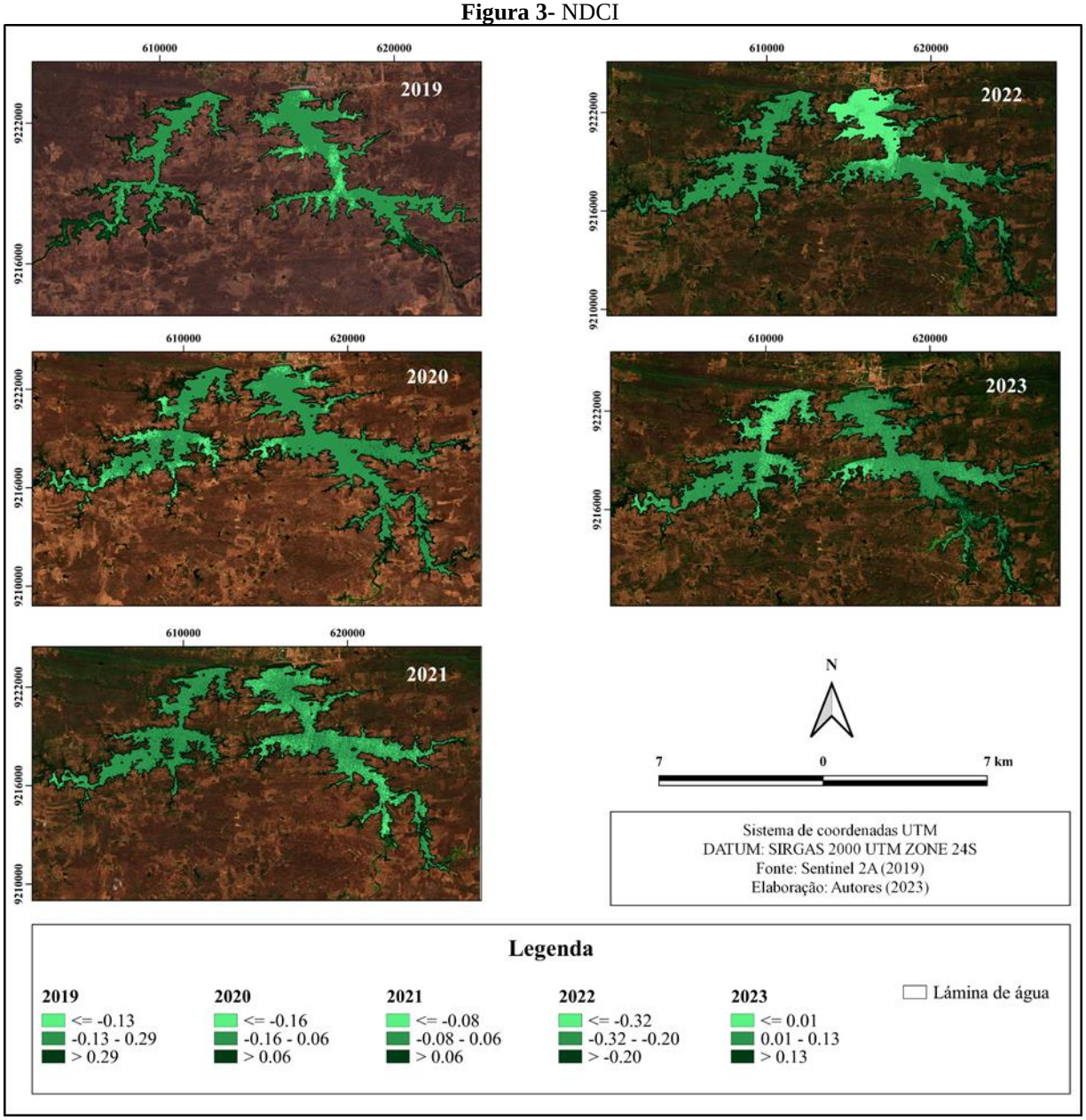
Fonte: Autores (2023).

A correlação entre a rápida resposta espectral da vegetação e a umidade é observada nos mapas subsequentes de 2021, 2022 e 2023, nos quais ocorre um aumento significativo nos valores da resposta espectral dos pixels, especialmente aqueles associados a uma vegetação mais exuberante. Em 2023, foram registrados pixels com valores superiores a 0,62. No entanto, é importante notar que, apesar desse aumento nos valores dos pixels, há uma clara redução nas áreas de vegetação ao longo dos anos, acompanhada pelo crescimento de áreas com solo exposto e vegetação escassa, que pode ser atribuído à intervenção humana.

As intervenções nas áreas de preservação permanente (APP) dos corpos hídricos e em áreas adjacentes, que podem afetar sua qualidade e disponibilidade, devem ser cuidadosamente planejadas. Modificações na mata ciliar, por exemplo, podem desencadear adversidades como o aumento da erosão e, por conseguinte, o assoreamento dos corpos hídricos. Além disso, tais modificações podem alterar as características físico-químicas desses corpos d'água devido ao escoamento de agrotóxicos, fertilizantes e lançamento de efluentes líquidos in natura.

Nesse contexto, a aplicação de índices como o NDCI e NDTI visa aprimorar a compreensão das características dos corpos hídricos de forma espacial, estabelecendo uma relação sinérgica com os dados do NDVI de maneira abrangente. Os resultados do NDCI estão representados na Figura 3.

Figura 3- NDCI



Fonte: Autores (2023).

Em 2019 é notória a prevalência da classe média, que representa 70,06% da área, cerca de 17,84 Km². Essa se mostrou mais expressiva no açude Mãe D'água, onde também se constata a maior concentração de áreas com clorofila elevada. Esta classe representa 24% da área (6,11 Km ²), como mencionado intersecciona com as áreas de maior resposta espectral do NDVI. As áreas com maior NDCI estão associadas a maior quantidade de nutrientes, e presença mais expressiva de vegetação aquática que são indicativos para a definição do estado trófico dos corpos hídricos. Ainda no mesmo ano, a classe que representa baixa clorofila está presente principalmente no açude Coremas, mas em pequena proporção se comparada às demais, com 5,94% (1,51 Km ²).

Em 2020, a disposição espacial das áreas de clorofila assemelha-se ao ano de 2019, mais próximas às margens dos açudes, apresentando uma maior concentração na classe média de 81,48%, correspondendo a 46,91 km ². As proporções relacionadas às baixas e altas concentrações se mostraram praticamente iguais, 9,18 % e 9,34%, respectivamente, sendo as altas concentrações mais presentes nas bordas do açude Mãe D'água.

No ano de 2021 observa-se uma concentração de baixa clorofila dispersa ao longo principalmente do açude Coremas (14,55%), porém a classe com maior concentração em geral foi

média, com 74,77% correspondendo a 38,28 km², presente de modo mais intenso no açude Mãe D'água. As altas concentrações se apresentaram espalhadas em pequenas áreas ao longo dos dois açudes (10,68%).

Já no ano de 2022 os dados mostraram prevalência de média concentração de clorofila 72,06%, correspondendo uma área de 37,11 Km², a baixa concentração obteve um maior resultado, em relação aos 3 anos anteriores, de 19,41%. Observa-se uma região homogênea de baixa concentração de clorofila no açude Corema, assim como esse mesmo açude apresentou maiores áreas de alta clorofila, ao longo de suas bordas. Em geral a classe de alta clorofila apresentou uma concentração de 8,54%, correspondendo a uma área de área de 4,4 Km².

Em 2023, assim como nos anos anteriores, a classe média apresentou maior concentração de 73,64%, correspondendo a 38,43 Km ². As proporções relacionadas às baixas e altas concentrações se mostraram bem próximas, 13,38 % e 12,98%, respectivamente, sendo as altas concentrações mais presentes nas bordas do açude Mãe D'água.

Considerando os intervalos dos pixels definidos nas imagens, percebe-se em 2019 a maior representatividade de clorofila elevada, com pixels acima de 0,29, sobre o que se pode fazer algumas observações, como a relação entre a proporção de água e a quantidade de nutrientes que se encontrariam em tese, menos diluídos pela menor quantidade de água, e por consequência mais concentrados nas áreas próximas a borda do corpo hídrico, onde o aporte de nutrientes é maior por influências antrópicas.

As áreas de maior clorofila só estiveram associadas à pixels negativos no ano de 2022, que em comparativo aos demais anos também apresentou a menor proporção de áreas com clorofila elevada, que pode ser associado a uma série de fatores como a redução do escoamento de matéria orgânica para os corpos hídricos, alterações na qualidade da água por interferências antrópicas, mudanças na temperatura, qualidade da água, e especialmente pelo campo de luz subaquática e carga de nutrientes como descrito por Barbosa, Novais e Martins (2019).

Apesar da redução em 2022 percebe-se um crescimento exponencial da proporção de clorofila ao longo dos anos o que pode ser um indicativo de incremento dos nutrientes presentes no corpo hídrico, indicando mudanças potenciais em seu estado trófico, e por consequência, eventuais problemas associados a modificações na qualidade da água, que podem vir a afetar seu uso futuro.

Do ponto de vista técnico do sensoriamento remoto é válido destacar que o NDCI é avaliado como um modelo semiempírico, de forma que existem dúvidas sobre a efetividade na aplicação do modelo em áreas diferentes da que foi inicialmente testada, todavia, suas características bio-ópticas são o que despertam a curiosidade sobre suas potencialidades e geram o interesse em avaliar sua aplicação em ambientes diversos (Lobo e Jorge, 2019).

O último índice testado na área de estudo foi o NDTI apresentado na figura 4. No ano de 2022 a região que apresentou baixa concentração de clorofila foi a mesma que apresentou baixa turbidez, no mapa NDTI, classe que também mostrou valores semelhantes com 19,11%, correspondente a uma área de 10,02 Km². De maneira geral a classe de turbidez média prevaleceu 71,91% correspondendo a uma área de 37,70% Km². A alta turbidez apresentou uma concentração de 8,98%, correspondendo a uma área de área de 4,7 Km².

Para 2023, os resultados também apresentaram a prevalência do nível médio,72,62% (37,05 Km ²), a turbidez baixa foi levemente maior do que a alta, apresentando as respectivas concentrações de 15,75% e 11,63%.

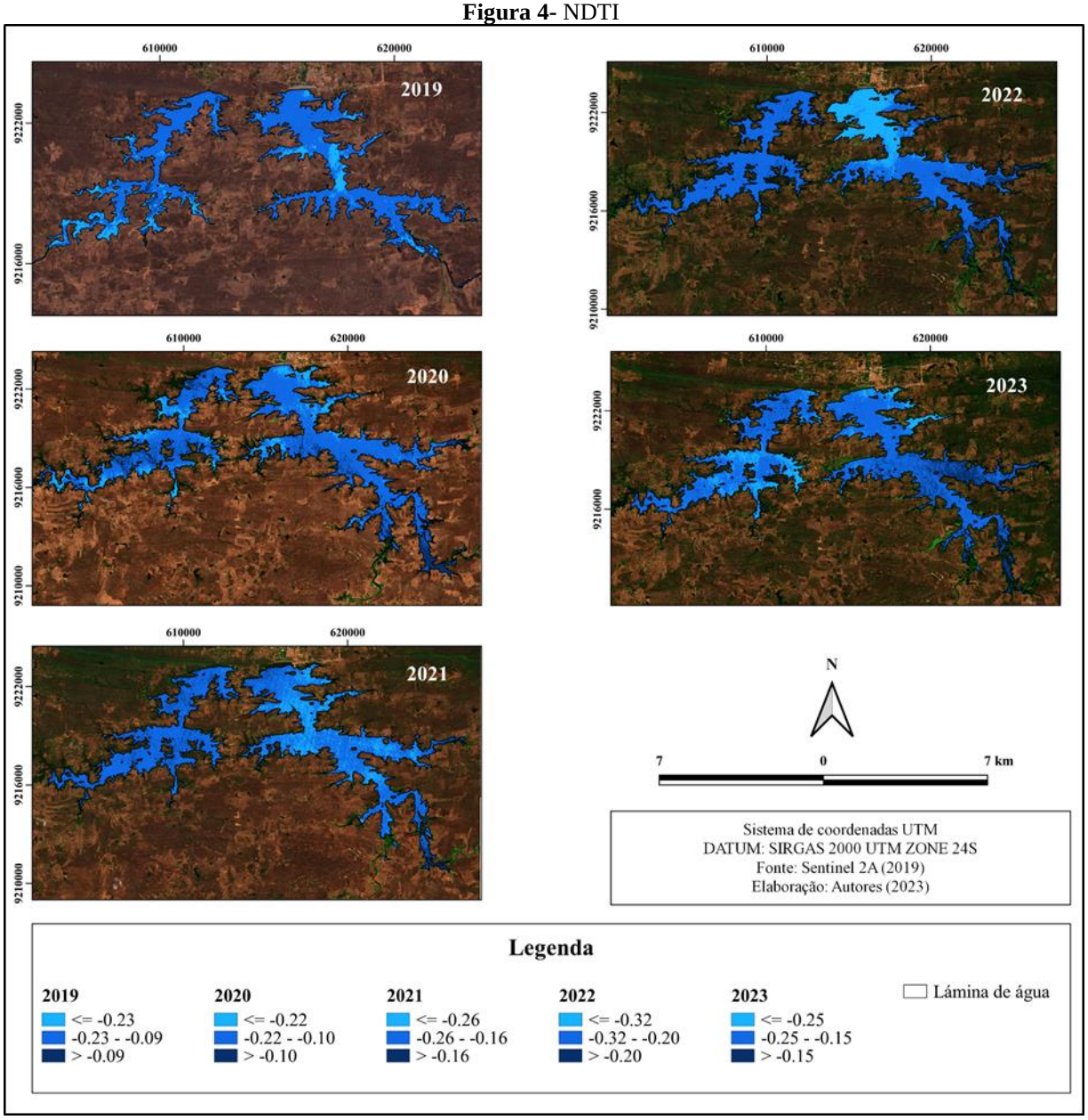
Variações na turbidez são indicativos de modificações nos corpos hídricos, o aumento deste parâmetro, que comumente está associado a demais parâmetros de avaliação da qualidade da água, como a cor, podem denotar mudanças significativas na qualidade deste recurso, o que é preocupante se considerados os usos diversos da água, especialmente o abastecimento humano e a dessedentação de animais.

Nesta perspectiva, é crucial um monitoramento constante destas características para que medidas cabíveis possam ser tomadas no intuito de manter tais parâmetros o mais próximo possível do que determina a legislação, e produtos como os mapas gerados são essenciais para a otimização do processo de avaliação e tomada e decisões.

Como constatado por meio das técnicas de sensoriamento remoto foi possível inferir e avaliar em escala espacial e temporal a modificação não só do entorno dos corpos hídricos como também do próprio recurso. Dando um suporte expressivo para os estudos de qualidade da água.

A análise dos 3 índices possibilitou a construção de um diálogo entre os componentes do ecossistema avaliado, de forma que é notória a observação de uma relação entre áreas com maior turbidez e clorofila, e ainda como fenômenos como modificações na mata ciliar pode afetar as características físico-químicas dos corpos hídricos.

Figura 4- NDTI



Fonte: Autores (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação conjunta dos índices NDVI, NDTI e DNCI se mostrou eficaz uma vez que proporcionou aquisição de dados referentes às concentrações de vegetação do entorno dos açudes, concentração de clorofila e de turbidez, em escala temporal, proporcionando uma visualização desses ao longo da faixa de tempo determinada.

Os resultados permitiram inferir regiões que requerem maiores investigações e atenção com relação a qualidade da água, assim como levantamento de atividades, uso e aplicações que estejam sendo

realizadas nessas áreas, a citar a região sudeste do açude Coremas, que ao longo do período analisado apresentou altas taxas de turbidez e clorofila.

Reforça-se que as técnicas de sensoriamento remoto contribuem para o monitoramento e planejamento de gestão de sistemas hídricos, à medida que indicam, apontam áreas críticas e essas devem ser empregadas em conjunto com atividades de campo, visitas e coletas in loco.

É pertinente mencionar que apesar dos modelos trabalhados apresentarem uma visão dinâmica do ambiente, permitindo uma compreensão integrada dos sistemas avaliados, o NDCI e NDTI específicamente ainda se tratam de modelos em desenvolvimento, que não descartam a necessidade de constatação dos fenômenos em campo, e que requerem estudos mais detalhados a fim de compreender de forma efetiva como se dá a resposta espectral dos corpos hídricos, especialmente no semiárido, e como estes modelos podem ser aplicados com maior efetividade, destacando eventuais mudanças e oportunidades de melhoria.

Não se pode deixar de destacar os benefícios da aplicação da linguagem de programação como suporte para o processamento das imagens de forma efetiva, otimizando a geração dos produtos, salientando a necessidade de mais estudos que visem um uso ainda mais efetivo desta linha das ciências da computação para o desenvolvimento de atividades ligadas ao sensoriamento remoto, e ainda, avaliar a possibilidade de criação de modelos estatísticos que avaliem de forma ainda mais criteriosa a aplicação dos índices espectrais, permitindo a criação de modelos mais robustos e eficientes para aplicação na região semiárida.

AGRADECIMENTOS

À Fapes, Fundação de Apoio À Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) pela bolsa de doutorado (segunda autora), Termo de outorga nº 2821/2022.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA. Agência Executiva De Gestão Das Águas Do Estado Da Paraíba**. Monitoramento- Últimos volumes informados dos açudes** (2023). Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/>. Acesso em 19 set. 2023

AESA. Agência Executiva De Gestão Das Águas Do Estado Da Paraíba**. Meteorologia - Chuvas** (2023**)**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2023-10-17&produto=municipio&periodo=personalizado> Acesso em 19 set. 2023.

BARBOSA, Claudio Clemente Faria; DE MORAES NOVO, Evlyn Marcia Leão; MARTINS, Vitor Souza (Ed.). **Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos: princípios e aplicações**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019.

BRASIL.A Questão da Água no Nordeste. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos,Agência Nacional de Águas.–Brasília, DF: CGEE, 2012. Disponível em: <http://bibspi.planejamento.gov.br/handle/iditem/431>. Acesso em 14 set. 2023.

BRITO, Higor Costa et al. USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA NO RIO DOCE, MINAS GERAIS, BRASIL. **Caminhos de Geografia, Uberlândia**, v. 23, n. 90, p. 108–119, 2022. DOI: 10.14393/RCG239060922.

FARTO, Cindy Deina; SILVA, Tarciso Cabral da. Variações da qualidade da água de chuva e de açudes armazenada em cisternas em municípios do semiárido do estado da Paraíba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, p. 859-871, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180151.

LACAUX, J. P. et al. Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal. **Remote sensing of environment**, v. 106, n. 1, p. 66-74, 2007.

LIMA, Cícero Aurélio Grangeiro. **Análise e sugestões para diretrizes de uso das disponibilidades hídricas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, situada no Estado da Paraíba**. 2004. 301f. (Tese de Doutorado em Recursos Naturais), Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologias e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba – Brasil, 2004. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/16811>. Acesso em 12 set. 2023.

LOBO, Felipe L.; JORGE, Daniel SF. Processamento de dados, modelagem e mapeamento de parâmetros bio-ópticos. **Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos. Princípios e aplicações; Barbosa, CCF, Novo, EMLM, Martins, VS, Eds**, p. 82-106, 2019.

MISHRA, Sachidananda; MISHRA, Deepak R. Normalized difference chlorophyll index: A novel model for remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters. **Remote Sensing of Environment,** v. 117, p. 394-406, 2012.

NASCIMENTO, Sebastiana Santos; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana; LIMA, Priscila Pereira Souza de. USO DO NDVI NA ANÁLISE TEMPORAL DA DEGRADAÇÃO DA CAATINGA NA SUB-BACIA DO ALTO PARAÍBA. OKARA: **Geografia em debate**, João Pessoa – PB, v.8, n.1, p. 72-93, 2014.

NÓBREGA, Maria Dolores de Andrade Carneiro. **Domínio das águas no trecho perenizado do rio Piancó pelos reservatórios Coremas e Mãe D'água: estudo de caso.** 2015. 71f. (Dissertação de Mestrado Profissional), Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande – Pombal – Paraíba – Brasil, 2015.

PIZANI, Fernanda Mara Coelho; MAILLARD, Philippe. Um Índice de Turbidez para Águas Relativamente Claras. In: ANAIS DO XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2023, Florianópolis. **Anais eletrônicos**... São José dos Campos, INPE, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/um-indice-de-turbidez-para-aguas-relativamente-claras?lang=pt-br>.

ROUSE, John Wilson et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **NASA Spec. Publ,** v. 351, n. 1, p. 309, 1973.

SALINAS, Carlos Enrique Tupino et al. A escassez de água, o açude Castanhão e o desenvolvimento no semiárido brasileiro: os obstáculos temáticos de uma experiência prática não bem-sucedida. **Práticas Educativas, Memórias e Oralidades - Rev. Pemo**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. e337169, 2021. DOI: 10.47149/pemo. v3i3.7169.

SANTOS, A. C. D.; CORDEIRO, F. S.; VIEIRA, E. M. Aplicação das ferramentas de geoprocessamento na análise da ocupação do solo e sua interação com a qualidade da água por métodos estatísticos da sub bacia Suaçuí Grande, MG. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais,** v.12, n.8, p.241-258, 2021. DOI: http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0023

SINGH, Sukhdeep; BHARDWAJ, Anil; VERMA, V. K. Remote sensing and GIS based analysis of temporal land use/land cover and water quality changes in Harike wetland ecosystem, Punjab, India. **Journal of environmental Management**, v. 262, p. 110355, 2020.

SOUZA JÚNIOR, Teobaldo Gabriel de; MEIRELES, Ana Célia Meireles; OLIVEIRA, Carlos Wagner; SANTOS, Yannice Tatiane da Costa; ROQUE, Rafaella de Lima. Açude Grande de Cajazeiras (PB):

um insustentável exemplo de descuido com a água no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 315–337, 2020. DOI: 10.34024/revbea. 2020.v15.9701.

SOUSA, Felipe Bezerra de. **Avaliação de Qualidade da água do Açude Grande em Cajazeiras-PB e os impactos das ações antrópicas**. 2022. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Centro de Formação de Professores, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, Paraíba, Brasil, 2022. Disponível: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/27716>.

SOUZA, José Adnaylton Pereira de. **Aspectos gerais da degradação das águas do "Açude Grande" de Cajazeiras- PB.** 2015. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) - Centro de Formação de Professores, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, Paraíba, Brasil, 2015. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/75>

TENÓRIO, Marlene Yara Soares; CARVALHO, Rodrigo Guimarães de. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E CONFLITOS NO SEMIÁRIDO: ESTUDO DO CASO DO AÇUDE LUCRÉCIA, ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. **Revista GeoInterações**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2022. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/RGI/article/view/4445>.

VITORINO, Diego Carlos Ferreira Rosa; MORAIS, Anderson de Assis; CARDOSO, Wesley Maia. Use of Geoprocessing Techniques to Support Water Quality Analysis in the Tanque River, MG. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 8, p. e0111830486, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i8.30486. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/30486>.

CONTROLE E QUALIDADE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO PARA COMPLEMENTAÇÃO DE FALHAS EM ESTAÇÕES SITUADAS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE-PE

Rafaela Melissa Andrade Ferreira [(a)], Pedro Augusto Breda Fontão[(b)]

[(a)]Mestranda do Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, rafaela.andrade@ufpr.br
[(b)]Professor Adjunto do Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, pedro.fontao@yahoo.com.br

Resumo: A estimativa da precipitação depende da qualidade das redes de observação que são limitadas de maneira temporal e/ou espacial. Tomando por base tal afirmação, o presente trabalho realizou uma análise de consistência e qualidade dos dados utilizados para corrigir registros faltantes em estações meteorológicas existentes na Região Metropolitana do Recife e operadas pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Desta forma, dois municípios situados em uma área de transição climática foram escolhidos para compor o conjunto de metodologias e resultados avaliados: Moreno e Araçoiaba. A série temporal selecionada foram os anos de 2000 até 2022 e o procedimento de investigação da consistência utilizado foi o teste de curva de dupla massa, aplicado após a tradicional ponderação regional feita para a correção dos dados. Os principais resultados culminaram na baixa qualidade de correlação entre os postos adjacentes e as duas estações meteorológicas de consistência, indicando que o preenchimento de falhas para ambas a partir do uso dos postos adjacentes utilizados nesse estudo provavelmente irá produzir dados irreais e pouco condizentes com a realidade anual precipitada.

Palavras-chave: Séries temporais; Estatísticas; Chuvas; Preenchimento.

Abstract: Precipitation estimation depends on the quality of observation networks which are limited in time and/or space. Based on this statement, the present work carried out an analysis of the consistency and quality of the data used to correct missing records in meteorological stations existing in the Metropolitan Region of Recife and operated by the Pernambucana Water and Climate Agency (APAC). In this way, two municipalities located in an area of climate transition were chosen to compose the set of methodologies and results evaluated: Moreno and Araçoiaba. The time series selected were the years 2000 to 2022 and the consistency investigation procedure used was the double mass curve test, applied after the traditional regional weighting carried out to correct the data. The main results culminated in the low quality of correlation between the adjacent stations and the two consistency meteorological stations, indicating that filling in gaps for both using the adjacent stations used in this study will probably produce unrealistic data that is not consistent with reality annual precipitation.

Keywords: Time series; Statistics; Rains; Fills.

INTRODUÇÃO

A governança dos dados climáticos no Brasil é uma problemática crônica. Mas, é no contexto regional que essa debilidade aparece com maior veemência, uma vez que, a depender da localidade, a existência ou não de estações meteorológicas condiciona o desenvolvimento das pesquisas científicas considerando os aspectos do clima. Neste sentido, apesar dos reconhecidos avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas no campo da Meteorologia, o impasse ainda é persistente.

Se por um lado a eficiência da adoção de estações automáticas (*Automatic Weather Station*) representou a diminuição dos erros de natureza humana geralmente encontrados nas tradicionais estações convencionais, por outro, trouxe à tona uma nova barreira em termos de custos elevados da aquisição desses equipamentos, ficando a cargo de grandes financiamentos específicos ou de propriedades privadas que nem sempre estão disponíveis para acesso ao público em geral. É bem verdade que a implantação da Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/2011)[4] tem facilitado o

[4] Regulamenta o direito constitucional de acesso às informações públicas. Essa norma entrou em vigor em 16 de maio de 2012 e criou mecanismos que possibilitam, a qualquer pessoa, física ou jurídica, sem necessidade de apresentar motivo, o

trabalho dos cientistas interessados na disponibilização das informações ‘’privadas’’ dando o devido respaldo jurídico, todavia, na maioria dos casos, o conjunto disponível encontra-se munido de muitas falhas nas séries temporais ou até mesmo com períodos sem nenhum monitoramento, diminuindo a malha amostral em diversos estudos.

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) realiza, historicamente, a administração da maior parte das estações situadas pelo território nacional desde o decreto 7.672 do presidente Nilo Peçanha, em 18 de novembro de 1909, com o nome de Diretoria de Meteorologia e Astronomia, vinculado ao Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio. Ao longo de sua trajetória, o Instituto passou por várias denominações até chegar à presente denominação. Contudo, em boa parte dos estados brasileiros, principalmente os situados na região Norte e Nordeste, a densidade de postos não compreende uma distribuição igualitária, causando o desconhecimento das características temporais locais em escala municipal e intramunicipal, por exemplo.

Além do mais, algumas informações completas apenas compreendem o nível mensal em detrimento das escalas de detalhe como a diária e a horária, essenciais, segundo Andrade (2005), para as análises voltadas às excepcionalidades da climatologia e para a inferência dos impactos dos fenômenos climáticos em estudos de caso, desmitificando a ideia da homogeneização dos riscos produzidos justamente pela falta de informações sobre a circunvizinhança das estações meteorológicas isoladas, dessa maneira, a presença de lacunas em séries temporais tem demandando a aplicação de metodologias para contornar os desafios impostos.

Partindo desses pressupostos, Miró (2017) comenta que os modelos mais tradicionais e simples para preencher lacunas têm sido largamente baseados na abordagem do vizinho mais próximo, que utiliza os dados em falta diretamente dos dados das estações vizinhas. Sob essa mesma linha de raciocínio, Longman et al. (2018) descreveu a disponibilidade de dados climáticos no Havaí de estações ativas e descontinuadas e definiu a importância do controle e da qualidade de tais dados a partir de rigorosos protocolos pautados nas recomendações da OMM (Organização Meteorológica Mundial). A contribuição principal dos autores é o fornecimento de conjuntos de dados que podem ser aproveitados para uma série de aplicações, incluindo o desenvolvimento de produtos climáticos em grade e em várias resoluções temporais, além da identificação de eventos climáticos extremos e análises de variabilidade interanual.

Ademais, a abordagem de reconstrução feita por Berguería et al. (2019) demonstrou que o preenchimento de lacunas pode resultar em vieses na média e na variância das séries reconstruídas, e também na magnitude e significância das tendências temporais. Para tanto, a adoção de ‘’correções polarizadas’’ pelos pesquisadores resultou em preenchimentos enviesados. Tais produtos foram atribuídos à utilização de apenas um posto vizinho que, apesar de aumentar o erro absoluto médio entre a qualidade das lacunas preenchidas, culminou em boas significâncias quando considerado dentro de um conjunto de dados temporal mais robusto. Uma das perspectivas que cabe ser mencionada é que, segundo as considerações que podem ser tiradas de acordo com o referido estudo, nenhum dos métodos avaliados foi capaz de produzir estimativas totalmente imparciais da tendência de longo prazo.

Num contexto em que a maioria das séries de temperaturas observadas exibiam uma tendência crescente ao longo do período de estudo, foi encontrada uma tendência a subestimar a magnitude das tendências para todos os métodos de reconstrução. Diante do exposto, o presente trabalho objetivou, de modo primordial, analisar a consistência dos dados de precipitação faltantes que foram preenchidos em estações meteorológicas situadas na Região Metropolitana do Recife, a etapa, por sua vez, é considerada uma fase preliminar e essencial dos procedimentos metodológicos de triagem dos registros disponíveis em análises climáticas.

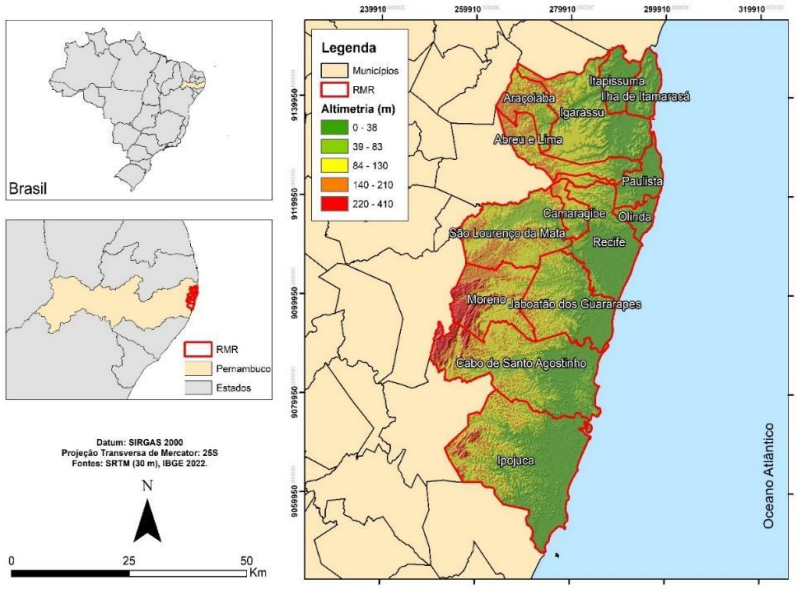
MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

recebimento de informações públicas dos órgãos e entidades. A Lei vale para os três Poderes da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, inclusive aos Tribunais de Conta e Ministério Público. Entidades privadas sem fins lucrativos também são obrigadas a dar

A Região Metropolitana do Recife ocupa, aproximadamente, 12% do território total do Estado de Pernambuco. A mancha urbana atualmente é composta por 14 municípios (figura 11) que formam a maior região metropolitana do norte-nordeste e a terceira mais densamente habitada do país, de acordo com o IBGE. Em 1973, a Lei Federal Complementar nº 14 criou as primeiras regiões metropolitanas no Brasil. Entre elas a RMR, formada pelos municípios do Recife, Cabo de Santo Agostinho, Igarassu, Itamaracá, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista e São Lourenço da Mata. Em 1994, com a aprovação da Lei Estadual Complementar nº 10, a RMR é redefinida, incorporando os municípios de Camaragibe, Ipojuca, Itapissuma e Abreu e Lima. Posteriormente, em 1996, é anexado o município de Araçoiaba.

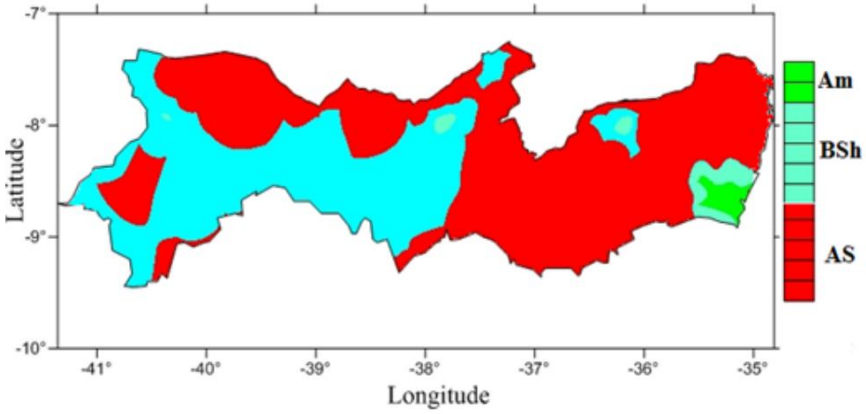
Figura 1 – Mapa de localização da Região Metropolitana do Recife com foco para os aspectos hipsométricos



Fonte: FERREIRA, R.M.A (2023).

Os atributos climáticos da Região Metropolitana do Recife (RMR) refletem a atuação dos seus elementos sobre as paisagens identificadas no complexo territorial desta porção do estado de Pernambuco, para tanto, por estar situada na faixa Intertropical do globo terrestre, a Região apresenta temperaturas em torno dos 25°C, com baixa amplitude térmica. Tais características conferem à área uma classificação de Clima Tropical Atlântico da Costa Oriental (As'), conforme proposta de Köppen (Figura 2). Segundo esta classificação, o clima das cidades pertencentes ao conjunto metropolitano do Recife é considerado megatérmico, uma vez que a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C, desta forma, a estação de inverno, com relação à variável da temperatura, é ausente.

Figura 2 – Classificação climática de Köppen para o estado de Pernambuco



Fonte: Medeiros (2016).

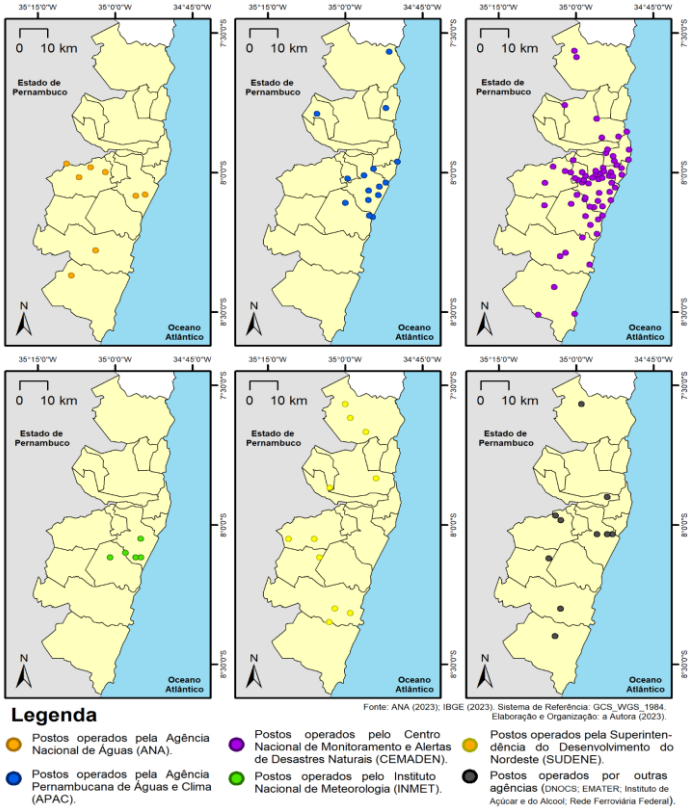
Em relação às quantidades médias anuais de precipitação pluvial na RMR, na maioria das localidades, o índice pluviométrico supera a cota de 2000 milímetros, com chuvas mais expressivas no mês de junho para todos os municípios da Região. Os eventos extremos de pluviosidade também são encontrados com maior frequência dentro desses meses, sendo o quantil de 50 a 100 mm (milímetros) um limiar fácil de ser atingido em dias de inverno. Por outro lado, os menores índices pluviométricos estão concentrados nos meses de outubro e novembro, em que dias com chuvas consideradas fracas são mais identificadas.

A disposição das chuvas em determinados períodos do ano para as áreas indicadas pode ser explicada através do desempenho de sistemas sinóticos, sistemas de mesoescala e das condições de temperatura da superfície do mar (TSM) no Atlântico Tropical e no Pacífico, tendo como principal influência a atuação dos Sistemas Convectivos de Mesoescala e Linhas de Instabilidade (LI) que modificam a posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Distúrbios ou Perturbações Ondulatórias de Leste (DOLs) e alguns sistemas frontais (Alves et al., 2018; Jacinto, 2022) que, a depender da época do ano, interferem no tempo do NEB (Nordeste brasileiro) de maneira distinta (Veber, 2021).

Postos: Seleção, coleta, organização e tratamentos preliminares

Dentre as principais agências operantes na Região Metropolitana do Recife, cabe mencionar a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) que foi criada através da Lei Estadual nº14.028 de 26 de março de 2010 com o objetivo de fortalecer o planejamento e a regulação dos usos múltiplos dos Recursos Hídricos do Estado e o Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SIGRH) e onde o acesso aos dados pluviométricos podem ser adquiridos por meio do histórico de chuvas disponível no link: http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php. Dessa forma, foram selecionadas estações pluviométricas dispostas dentre os 14 municípios componentes da RMR em uma série temporal que compreendeu 23 anos de análise (2000-2022) com dados organizados e tabulados no *software* Microsoft Excel.

Figura 1 - Mapa detalhado das agências que operam estações meteorológicas e pluviométricas na Região Metropolitana do Recife

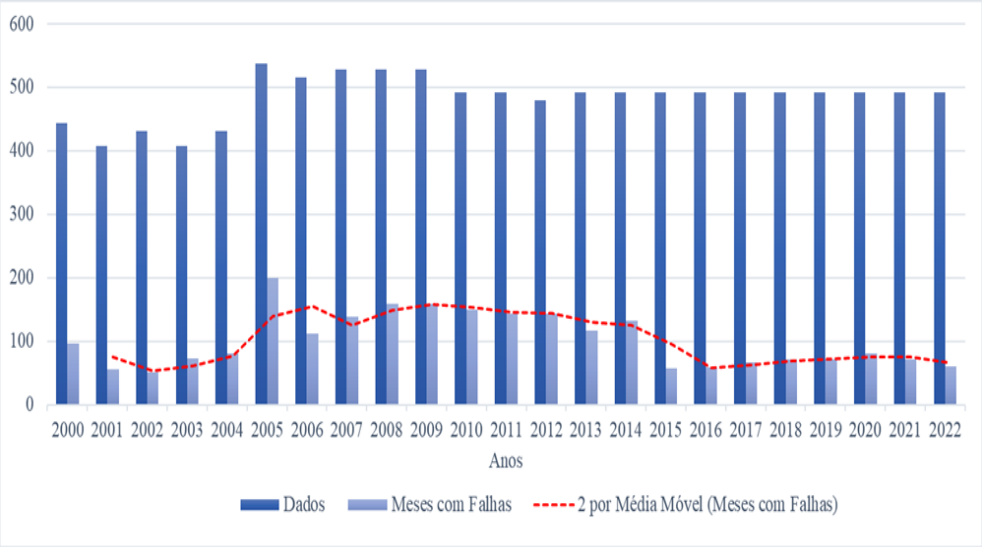


Fonte: FERREIRA, R.M.A (2023).

Tal triagem inicial permitiu identificar o percentual de falhas e, a partir daí, uma relação entre os dados totais e o quantitativo de meses com falhas na série histórica previamente selecionada (2000 a 2022) foi realizada a fim de identificar o percentual necessário à aplicação de técnicas corretivas. Neste sentido, no ano de 2000, cerca de 80% dos dados estiveram completos, ou seja, com escassez de informações em apenas 20% dos dados, tendência geralmente observada para as mesmas estações pluviométricas e, por vezes, em meses iguais, demonstrando que, possivelmente, não houve falha, mas sim algum problema operacional relativo ao contingente humano responsável pela leitura desses dados ou pela disponibilização dos registros.

No ano de 2001, os meses com falhas diminuíram na proporção que as disponibilidades dos dados registrados pelas estações pluviométricas também sofreram decréscimo quando comparada com o ano anterior (2000). Em 2002, a tendência permaneceu a mesma, todavia, a partir de 2003 é possível observar o encadeamento de anos críticos, no que tange a existência de dados sem falhas, de toda a série histórica, visto que a média móvel com base nos meses com falhas passa a aumentar de maneira vertiginosa, principalmente no ano de 2005 que, apesar de apresentar um número mais elevado de estações pluviométricas situadas na Região Metropolitana do Recife, também apresentou um percentual de falhas maior, ou seja, embora tenha acontecido o incremento de algumas estações, não necessariamente estiveram em operacionalização durante este tempo.

Figura 2 – Relação entre os dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e o quantitativo de meses com falhas na série histórica de 2000 a 2022



Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados da APAC.

Entre os anos de 2006 a 2009, a rede de estações pluviométricas que estavam com ausência de dados passou a registrar tais informações, ainda que com falhas localizadas em alguns meses. O mesmo período também concentrou a maior quantidade de observações de toda a série, em média 527 dados por ano que, apesar de voltar ao patamar encontrado nos primeiros anos da década após o ano de 2009, os meses com falhas seguiram em tendência de redução.

Essa perspectiva é visível no ano de 2015, considerado o que apresentou o menor número de dados com necessidade de correção de falhas, pois em um conjunto de 336 dados, 13 estavam incompletos, mais de 90% dos dados, com isto, apresentaram boa representação. No que se segue, entre os anos de 2016 a 2022, os valores demonstraram, em média, 36 falhas para um conjunto médio de 336 dados, nenhum dado muito diferenciado dentro da série. Entretanto, ressalva-se que os fatos da redução progressiva das falhas contribuíram de forma positiva para o uso das informações, sobretudo, em escala mensal e diária.

Ponderação regional para preenchimento de falhas e análise de consistência pelo método *double mass curve* (DMC)

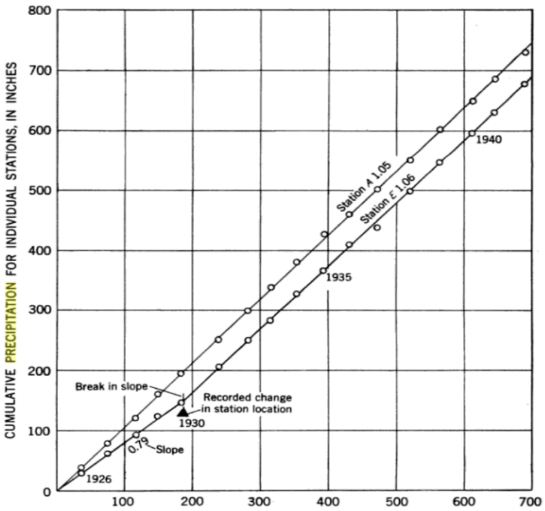
Considerando o fato de que os estimadores mais comuns de dados hidrológicos faltantes (ponderação regional e ponderação regional baseada em regressão) requerem pelo menos três medidores de suporte vizinhos, o método consistência utilizado para avaliar as falhas anuais, mensais e diárias foi o indicado pela Agência Nacional de Águas (ANA) que preconiza a máxima de que os postos vizinhos devem apresentar características de regime de precipitação não discrepantes para que a ponderação regional possa ser aproveitada com um bom desempenho, conforme Bertoni e Tucci (2001), Mello et al., (2005), Zandonadi (2009) e Diaz (2018). Os cálculos estimativos da ponderação regional satisfazem a seguinte fórmula:

$$Px = \frac{1}{3}.\left(\frac{Px}{Pa}Pa + \frac{Px}{Pb}Pb + \frac{Px}{Pc}.Pc\right)$$

Onde,
Px = precipitação ausente que necessita ser preenchida;
Pa, Pb, Pc = precipitação dos pontos adjacentes.

A curva de massa dupla (DMC) é usada para verificar a consistência de muitos tipos de variáveis hidrológicas, comparando os dados de uma única estação com os de um padrão composto pelos dados de outras estações na área, o gráfico dos dados cumulativos de uma variável *versus* os dados cumulativos da outra relacionada é dado por uma linha reta desde que a relação entre as variáveis seja uma razão fixa (Searcy, 1960), por isso, os valores cumulativos de uma variável aumentam linearmente com os de outro se a razão das variáveis estudadas for uma constante (Wigbout, 1973; Gao et al., 2017).

Figura 3 - Gráfico demonstrativo da aplicação do teste de curva de dupla massa



Fonte: Searcy (1960).

Para o estudo das precipitações, Du et al. (2011) mensuraram o efeito combinado das mudanças climáticas e das atividades antrópicas nos fluxos e níveis de um rio na China adaptando à técnica para satisfazer o objetivo de identificar não homogeneidades em registros de chuva. Sayemuzzaman (2013) apresentou uma visão geral sobre a variabilidade espaço-temporal da pluviosidade na Carolina do Norte, utilizando dados de 249 estações de medição em todo o Estado e, partindo do pressuposto de que a definição da série histórica só poderia ser definida a partir dos testes preliminares de qualidade dos dados disponíveis, produziu gráficos como ferramenta de análise mensal e anual da consistência dos registros, reiterando, também, a importância de tal técnica para decidir sobre posteriores interpolações geoespaciais com acurácias.

Reis (2017) avança no sentido de comparar os produtos de satélite TRMM com observações de 11 estações pluviométricas distribuídas de maneira irregular em um território, desse modo, o estudo necessitou de uma preparação das informações de referência para verificar a presença de anormalidades em estações manométricas, procedimento assegurado pela curva de massa dupla realizada para representações diárias da chuva, algo parecido também foi feito por Anjos (2017), que adicionou as características espaciais da consistência dos dados para a microrregião de Itaparica, Pernambuco.

Coadunando tais experiências descritas, foram avaliadas a consistência e qualidade dos dados de precipitação para os totais anuais das estações com lacunas na série por meio de equações de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Alguns postos da Região Metropolitana foram considerados mais ‘’críticos’’ em termos de dados faltantes e, por esse motivo, foram tratados como estações prioritárias para a realização do preenchimento pelo método da ponderação regional e pelo teste de consistência. Desta forma, em um primeiro momento, elaborou-se um quadro síntese da situação específica (quadro 1 e 2) de cada município de acordo com a disponibilidade de dados separados conforme coloração diferenciada a depender da existência ou não de lacuna. As marcações de coloração verde indicaram que os registros estiveram completos para todos os meses, por outro lado, as marcações vermelhas indicaram mais de 30 dias de falhas registradas, ou seja, mais de um mês de lacunas para serem preenchidas, já a cor azul demonstrou um limite de falha em até 30 dias ou menos na série temporal.

Quadro 1 – Representação situacional da existência de falhas na série histórica (2000-2010) de dados pluviométricos em estações situadas na Região Metropolitana do Recife-PE

Estação	Código	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Abreu e Lima	198											
Araçoiaba	309											
Cabo	491											
Camaragibe	201											
Goiana	487											
Igarassu	269											
Itamaracá	524											
Ipojuca	387											
Itapissuma	520											
Jaboatão	268											
Moreno	205											
Olinda	199											
Paulista	451											
Recife	265											
São Lourenço	267											

Fonte: FERREIRA, R.M.A, com base nos dados da APAC (2023).

Quadro 2 – Representação situacional da existência de falhas na série histórica (2010-2022) de dados pluviométricos em estações situadas na Região Metropolitana do Recife-PE

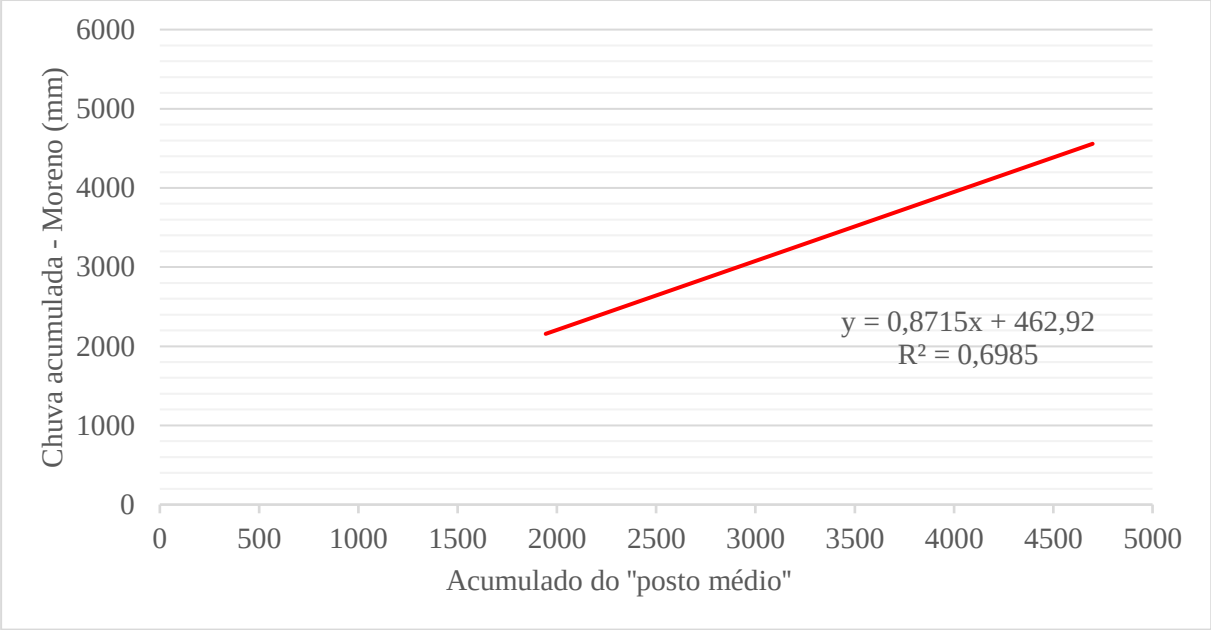
Estação	Código	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Abreu e Lima	198												
Araçoiaba	309												
Cabo	491												
Camaragibe	201												
Goiana	487												
Igarassu	269												
Itamaracá	524												
Ipojuca	387												
Itapissuma	520												
Jaboatão	268												
Moreno	205												
Olinda	199												
Paulista	451												
Recife	265												
São Lourenço	267												

Fonte: FERREIRA, R.M.A, com base nos dados da APAC (2023).

Como pode ser verificado acima, o posto Moreno, que apresentou falhas em nove anos consecutivos, foi o selecionado para realizar o principal método de consistência baseado na suposição de que os registros adjacentes escolhidos assumem uma relação linear com aquele utilizado para a avaliar a consistência. Tal suposição, portanto, terá sua validade confirmada a partir do R^2, principal índice de determinação para testar a qualidade do preenchimento das lacunas através da preservação das médias e não o padrão ou desvio das séries temporais. Por relativa proximidade espacial (distância dos municípios em menos de 100 km), as estações de Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho e São Lourenço da Mata compuseram o conjunto de postos em que se aplicou a ponderação regional para complementar as faltas.

No entanto, por meio da análise do gráfico de dispersão presente na figura 4, verificou-se um coeficiente de correlação abaixo do esperado e pouca robustez em termos de significância estatística, tornando o preenchimento das falhas a partir das estações pré-selecionadas com baixa qualidade. Assim, sendo possível afirmar que ao condensar a ponderação regional dessas estações, apesar da proximidade espacial, o resultado da estimativa dos volumes de chuva no posto faltante não correspondeu à realidade precipitada na área e, nessa dinâmica, quaisquer usos de tais dados para a avaliação de tendências temporais e até mesmo a proposição de técnicas geoestatísticas para interpolações gerará informações enviesadas, daí a importância de tal investigação preliminar (Nogueira, 2020).

Figura 4 – Gráfico de dispersão com equação de regressão e o R^2 dos acumulados de precipitação entre o posto Moreno e a média das estações adjacentes aproveitadas para o preenchimento



Fonte: FERREIRA, R.M.A (2023).

Nesse caso, uma solução que poderia corroborar para a tentativa de testar outros postos seria a substituição destes, ainda que pertencentes ao mesmo raio de quilômetro. Basicamente, para o posto Moreno, por exemplo, os dados pluviométricos completos de postos inseridos dentro de outros municípios limítrofes, como Vitória de Santo Antão, devem ser avaliados segundo o índice de determinação R^2. Outrossim, acredita-se que os próprios fatores geoecológicos e de diferentes configurações fisiográficas entre os municípios podem ocasionar quantidades de precipitações diferenciadas, mesmo que o regime e a sazonalidade da concentração de chuvas nas cidades em que os postos estão situados apresente características iguais, típicas da porção territorial em que está englobada a RMR, mas, para analisar esses aspectos, um estudo climatológico microtemporal se faz necessário.

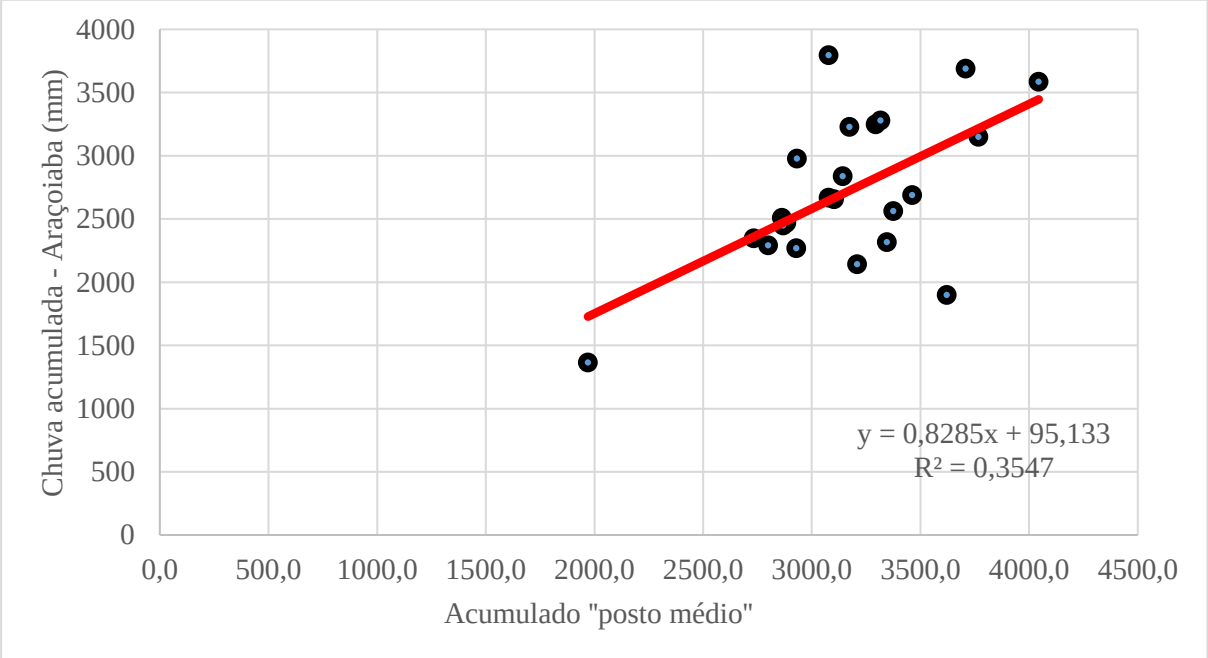
Bezerra et al., (2021), homogeneizaram o estado de Pernambuco em três zonas principais: a semiárida, a litorânea e a denominada faixa de transição por meio de agrupamentos. O arcabouço metodológico da pesquisa incluiu as distinções entre os volumes precipitados como o mais importante fator de classificação das zonas, nesse sentido, o município de Moreno esteve dentro da faixa de transição que, para os autores supracitados, tem a precipitação mais elevada do que o semiárido e, em

alguns meses, a precipitação menos elevada do que a porção litorânea, alinhando as perspectivas encontradas com o exposto pelo presente artigo.

O outro posto selecionado para a realização do teste de consistência foi o situado na cidade de Araçoiaba, que também possui as mesmas características de localidade em transição climática, dessa vez, com a Zona da Mata Norte. Em toda a série histórica, tal posto apresentou a mesma quantidade de falhas do posto anteriormente analisado, principalmente nos primeiros anos da década de 2000. Contudo, uma particularidade sazonal foi identificada na estação Araçoiaba em detrimento da estação Moreno: as lacunas nas séries temporais estiveram concentradas, em sua grande maioria, no denominado quadrimestre chuvoso da região que, segundo o consenso existente em Silva et al., (2011), Duarte (2015) e Nóbrega (2016), abrange os meses de abril, maio, junho e julho.

Essa detecção impõe ao processo de preenchimento de falhas uma acurácia ainda maior e mais eficaz, tendo em vista a alta suscetibilidade à ocorrência de registros de eventos extremos na série histórica para os referidos períodos. Outrossim, cabe mencionar que as tendências e anomalias são sensíveis a erros de qualidade de dados faltantes, sendo crucial a etapa de lidar com o controle da geração de informações irrealistas. De acordo com a figura 5, porém, pode-se perceber que o resultado do índice de determinação também ficou abaixo do esperado para a referida estação de consistência, quase não havendo nenhuma ligação entre os postos adjacentes utilizados para a correção (Igarassu, Abreu e Lima e Itapissuma).

Figura 5 - Gráfico de dispersão com equação de regressão e o R^2 dos acumulados de precipitação entre o posto Araçoiaba e a média das estações adjacentes aproveitadas para o preenchimento



Fonte: FERREIRA, R.M.A (2023).

Atribui-se essa questão a dois fatores principais, dentre os quais o primeiro está relacionado à localização exata das estações, que é desconhecida, inibindo a espacialização destas para investigar as possíveis influências de fatores externos à pluviometria diferenciada. Além do mais, a análise automatizada às vezes não é capaz de reconhecer problemas sutis em observações meteorológicas, como o desvio de instrumentos (Estévez, 2011). Ainda por essa ótica, convém afirmar que a acumulação destes erros pode resultar em subestimação dos registros e até mesmo contribuir para a caracterização dos municípios da Grande Recife como áreas de pluviosidade homogênea no que tange aos acumulados mensais e anuais, algo que a aplicação do método de consistência dos dados demonstrou não ser uma verdade, embora seja reconhecível que outros testes sejam adaptados em um contexto geral.

CONCLUSÃO

A pesquisa foi conduzida para avaliar como o método do teste de curva de dupla massa pode melhorar os processos de preenchimento de lacunas como uma tarefa preliminar para preparação de dados de precipitação. Todas as duas estações foram testadas com base no preenchimento de falhas geradas pela ponderação regional de postos adjacentes, contudo, os gráficos de dispersão apresentaram uma baixa correlação entre as estações meteorológicas em investigação. Dado que tais postos estão inseridos em municípios dominados por climas de transição, é necessário verificar se a minimização de tais erros acontece com a substituição das estações utilizadas no preenchimento.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho compõe uma breve parte de uma dissertação e, por esse motivo, a primeira autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado acadêmico (Processo nº 88887.685334/2022-00) concedida no âmbito do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX) para o desenvolvimento dos estudos no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR) sob orientação do segundo autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES *et al*. Oscilações intrassazonais convectivas entre as regiões Índico-Pacífico e o Nordeste do Brasil: Algumas características observacionais e de modelagem. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 193- 206, 2018.

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Climas - Monitoramento pluviométrico. Acesso em: 07 de jun.2023.

ANDRADE, H. O clima urbano-natureza, escalas de análise e aplicabilidade. **Finisterra**, v. 40, n. 80, 2005.

ANA. Agência Nacional de Águas – Portal Hidroweb. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 07 de jun. 2023.

ANJOS, R.S. Qualidade de Dados do Satélite TRMM para Espacialização das Chuvas na Microrregião de Itaparica-pe. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
BEGUERÍA, Santiago et al. Gap filling of monthly temperature data and its effect on climatic variability and trends. **Journal of Climate**, v. 32, n. 22, p. 7797-7821, 2019.

BEZERRA, A.C *et al*. Annual rainfall in Pernambuco, Brazil: regionalities, regimes, and time trends. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, p. 403-414, 2021.

DUARTE, C.C; NÓBREGA, R.S; COUTINHO, R.Q. Análise climatológica e dos eventos extremos de chuva no município do Ipojuca, Pernambuco. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 32, n. 2, 2015.

ESTÉVEZ, J; GAVILÁN, P; GIRÁLDEZ, J.V. Guidelines on validation procedures for meteorological data from automatic weather stations. **Journal of Hydrology**, v. 402, n. 1-2, p. 144-154, 2011.

JACINTO, L.V; ELOI, W.M.; SAKAMOTO, M.S. Características Climatológicas dos Sistemas Convectivos de Mesoescala no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, p. 69-80, 2022.

LONGMAN, R.J. *et al*. Compilation of climate data from heterogeneous networks across the Hawaiian Islands. **Scientific data**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2018.

MIRÓ, J.J.; CASELLES, V.; ESTRELA, M.J. Multiple imputation of rainfall missing data in the Iberian Mediterranean context. **Atmospheric research**, v. 197, p. 313-330, 2017.

NÓBREGA, R.S.; SANTIAGO, G.A.C.F. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografía Norte Grande**, n. 63, p. 9-26, 2016.

NOGUEIRA, D. B.; DA SILVA, A. O.; DA SILVA, A. P. N. Comparação entre métodos de interpolação espacial para a estimativa da distribuição de precipitação no ceará-brasil. **IRRIGA**, *[S. l.]*, v. 25, n. 1, p. 131–142, 2020. DOI: 10.15809/irriga.2020v25n1p131-142.

REIS, J.B.C.; RENNÓ, C.D; LOPES, E.S.S. Validation of satellite rainfall products over a mountainous watershed in a humid subtropical climate region of Brazil. **Remote Sensing**, v. 9, n. 12, p. 1240, 2017.

SAYEMUZZAMAN, M.; JHA, M.K. Seasonal and annual precipitation time series trend analysis in North Carolina, United States. **Atmospheric Research**, v. 137, p. 183-194, 2014.

SEARCY, J.K; HARDISON, C.H. **Double-mass curves**. US Government Printing Office, 1960.

SILVA, V.P.*R et al*. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 131-138, 2011.

VEBER, M. E.; FEDOROVA, N.; LEVIT, V. Desenvolvimento de atividades convectivas sobre a região Nordeste do Brasil, organizada pela extremidade frontal. **Revista Brasileira de Meteorologia,** 35, 995-1003, 2021.

ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA DO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO

Dayana Serra Maciel 1[(a)], Quésia Duarte da Silva 2[(b)], Cristiane Mouzinho Costa Avelar 3[(c)], Danyella Vale Barros França 4[(d)], Ricardo Gonçalves Santana 5[(e)]

[(a)] *Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, dayanaserramc@gmail.com*
[(b)] *Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, quesiaduartesilva@hotmail.com*
[(c)] *Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC, cristianemouzinho@hotmail.com*
[(d)] *Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC, danyellabarros-geo@hotmail.com*
[(e)] *Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC, ricardogsantana19@hotmail.com*

Resumo: O presente estudo se propôs a analisar o uso e cobertura da terra do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio na Ilha do Maranhão. Para tal, utilizou-se de levantamento bibliográfico e cartográfico, elaboração de mapas em gabinete e trabalhos de campo. A partir disso, constatou-se que a área de estudo tem predomínio de vegetação secundária mista (60,6%), seguida pela área urbanizada (39,4%). Mesmo com presença significativa de vegetação, é evidente o avanço da urbanização ainda em baixa densidade. Esses dados demonstram a necessidade de planejamento urbano e ambiental, considerando o equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e os recursos naturais. Tendo em vista que a urbanização em baixa densidade pode evoluir para uma urbanização desordenada e consequentemente gerar impactos ambientais severos, como alterações no ciclo hidrológico, aumento da vulnerabilidade a eventos extremos entre outros. O uso de geotecnologias, como o Sensoriamento Remoto, se mostra como ferramentas valiosas no monitoramento das mudanças de uso e cobertura da terra auxiliando na tomada de decisões com dados adequados e precisos.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; Mapeamento temático; Classificação supervisionada.

Abstract: The aim of this study was to analyse land use and land cover in the lower reaches of the Santo Antônio river basin on the island of Maranhão. To this end, a bibliographical and cartographic survey was carried out, maps were drawn up in the office and field work was carried out. As a result, it was found that the study area has a predominance of mixed secondary vegetation (60.6%), followed by urbanised areas (39.4%). Even with the significant presence of vegetation, it is clear that urbanisation is still advancing at a low density. This data demonstrates the need for urban and environmental planning, taking into account the balance between urban development and natural resources. Bearing in mind that low-density urbanisation can evolve into disordered urbanisation and consequently generate severe environmental impacts, such as alterations to the hydrological cycle, increased vulnerability to extreme events, among others. The use of geotechnologies, such as remote sensing, is proving to be a valuable tool for monitoring changes in land use and cover, helping decision-making with adequate and accurate data.

Keywords: Remote sensing, Thematic mapping, Supervised classification.

INTRODUÇÃO

No contexto intricado da história humana, as cidades se entrelaçaram de modo íntimo com os rios, moldando e sendo moldadas através de uma relação complexa ao longo dos séculos. Essa relação, homem, cidades e os rios segue uma história construída e baseada em suas diferentes formas de interação ao longo do tempo e do espaço, fundamentada na dinâmica dos corpos d'água e das necessidades humanas. (Cardoso, 2012). A perspectiva dessa interação, enraizada na dinâmica fluvial e nas demandas humanas, fornece insights valiosos sobre os desafios e oportunidades que definem o cenário atual.

A proximidade de rios e córregos sempre foi fundamental para o abastecimento, consumo, irrigação, fonte de alimento e, em determinadas situações, para o aproveitamento do potencial hídrico para a movimentação de recursos (Rezende; Araújo, 2016). Contudo, a história de interdependência

entre as cidades e os rios traz consigo desafios significativos, notadamente em um contexto contemporâneo marcado pelo rápido crescimento urbano e pelas mudanças climáticas.

A dinâmica das bacias hidrográficas desempenha um papel crucial nessa interação, conforme destacado por Martins *et al*. (2014). Para os autores, a bacia hidrográfica é uma unidade naturalmente delimitada por divisores, sobre os quais a água converge para formar cursos d'água. Estes constituem uma rede de drenagem refletindo o fluxo de matéria e energia ao longo do território.

Ela se destaca como unidade ambiental integradora, que permite a análise de seus diversos componentes e processos dentro de uma abordagem sistêmica (Vale; Bordalo, 2020). No Brasil, a consolidação da bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento e gestão se deu a partir da Política Nacional de Recursos Hídricos promulgada pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Essa legislação representou um marco ao estabelecer diretrizes para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos no país, conferindo importância as bacias hidrográficas como unidades-chave nesse processo.

Nesse sentido, conforme ressaltado por Leal e Tonello (2016), a bacia hidrográfica é definida como uma unidade de planejamento e gestão, enfatizando a relevância do conhecimento de suas características, tanto físicas quanto de uso e cobertura da terra. Esses aspectos exercem influência na dinâmica hidrológica da bacia, abrangendo fatores como a distribuição das precipitações, a permeabilidade do solo, a vegetação e as atividades antrópicas.

Nesse viés expõe-se que uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas podem impactar significativamente o seu funcionamento e, consequentemente, a relação entre a cidade e o rio. Dessa forma, em função de suas características ambientais, as alterações realizadas no âmbito de uma bacia hidrográfica interferem na qualidade ambiental da bacia como um todo (Oliveira; Aquino, 2020).

As intervenções antrópicas têm acelerado e potencializado alterações nas características fisiográficas da bacia hidrográfica por meio da canalização e retilinização de cursos fluviais, terraplanagem e impermeabilização do solo (Olivera et al., 2011). Os rios urbanos tornaram-se exemplos de ambientes intensamente perturbados, pois se encontram degradados e/ou alterados devido às intervenções antrópicas, as quais modificaram sua morfologia para atender às novas exigências do crescimento das cidades (Santana; Cunha, 2019, p. 211).

Nesse sentido, a compreensão das características fisiográficas da bacia hidrográfica é fundamental para a realização de um diagnóstico ambiental. Essas características fisiográficas incluem: o relevo, a geologia, a vegetação, o uso e cobertura da terra, entre outras características. Tais elementos tem papel significativo na forma como a água flui e interage com o ambiente na bacia hidrográfica.

Dessa forma, as tecnologias espaciais modernas, designadamente, o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), desempenham um papel fundamental na análise e monitoramento das bacias hidrográficas. Trabalhos recentes, como os de Capoane (2023), Mendes e Costa (2022), Vale, Costa e Pimentel (2021), Vale e Bordalo (2020), Andrade et al. (2019) destacam a utilização das geotecnologias para o levantamento de informações ambientais, fornecendo dados que podem subsidiar a tomada de decisões e o planejamento sustentável atividades humanas me bacias hidrográficas.

Nessa perspectiva, o presente trabalho se propôs a analisar o uso e cobertura da terra do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, situado na Ilha do Maranhão. O argumento central se aplica na necessidade de avaliar o uso e cobertura atual na área de estudo considerando as pressões socioeconômicas e ambientais que moldam a bacia e a os municípios ao qual ela está inserida. Ao considerar as pressões socioeconômicas e ambientais, o estudo anseia contribuir para a tomada de decisões, promovendo a conservação dos recursos naturais e o desenvolvimento equilibrado da área analisada.

Para isso, o artigo está estruturado com essa breve introdução, na seção seguinte é apresentado a metodologia do trabalho seguindo pela análise do uso e cobertura da área de estudo.

MATERIAL E MÉTODO

O presente trabalho possui caráter teórico e empírico e para seu desenvolvimento foi necessário a realização de levantamentos bibliográficos e leituras referentes aos temas relacionados à pesquisa. Para o levantamento cartográfico utilizou-se a base de dados de GEOMAP (base primária), Silva (2012), IMESC (2017), França (2018), IBGE (2019) e Maciel (2019), para elaboração de demais shapes e para a produção de mapas necessários para o trabalho.

Na elaboração do material cartográfico utilizou-se o software *ArcGIS for Desktop Advanced*, versão 10.2, licença EFL999703439, com a validação das informações geradas em gabinete realizados em trabalhos de campo que ocorreram respectivamente nos dias 10/04/22 e 01/05/22.

Realizou-se a atualização da rede de drenagem da área de estudo, inicialmente em gabinete por meio do comparativo da rede de drenagem existente do ano de 1980 e a de Silva (2012) utilizada em seu trabalho de mapeamento para a Ilha do Maranhão. Em posse das informações levantadas, a rede de drenagem de Silva (2012) foi adicionada em formato KML no *Google Earth* onde foi realizada a vetorização desta e de demais cursos d'água visualizados, utilizando para isso uma imagem datada de 25/09/2021.

No tocante ao mapa de uso e cobertura da terra utilizou-se imagem do satélite Landsat-8 do instrumento imageador Operacional Terra Imager (OLI), orbita/ponto: 220/062 de 30 de setembro de 2021, adquirida pelo portal *arthexplorer.usgs.gov*. O mapeamento foi realizado através da técnica Máxima Verossimilhança (MAXVER). Nesta técnica uma imagem é classificada usando assinaturas espectrais, ou seja, valores de reflectância dos alvos, obtidos a partir de amostras de treinamento, que correspondem aos polígonos que representam áreas de amostra distintas dos diferentes tipos de cobertura de terra a serem classificadas de acordo com as necessidades do analista (FOREST-GIS, 2017).

Utilizou-se nesse trabalho as terminologias áreas urbanizadas e vegetação secundária mista e as cores das classes utilizadas seguem o padrão RGB conforme o IBGE (2013). A delimitação de Áreas de Preservação Permanente – APP foi realizada conforme a Lei nº Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 – Novo Código Florestal.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do Santo Antônio situada na porção nordeste da Ilha do Maranhão, tem sobre si a incidência do crescimento populacional que se estende ao longo de toda sua área de captação. De acordo com Silva (2012), essa bacia hidrográfica faz parte do grupo de médias bacias da Ilha do Maranhão e deságua na baía de São José, assim como as dos rios Paciência, Tibiri e Jeniparana.

Diante desses pressupostos, optou-se por estudar o baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio que está localizada na porção nordeste da Ilha do Maranhão, possuindo uma área de 44,13 Km² e com área drenada nos municípios de Paço do Lumiar e São José Ribamar e têm seu processo de ocupação ligado principalmente ao primeiro município citado. Essa bacia hidrográfica já apresentam os reflexos do uso sem planejamento impulsionado pelo desenvolvimento e crescimento populacional.

O município de Paço do Lumiar abrange uma área territorial de 127,193 km² e, de acordo com o censo demográfico (IBGE, 2022), possui uma população de 145.643 habitantes. Enquanto isso, São José de Ribamar, estende-se por 180,363 km^2, contando com uma população de 244.579 habitantes, conforme dados do último censo demográfico (IBGE, 2022).

O município de Paço do Lumiar surgiu a partir de uma doação de terra para um padre jesuíta, em 1625, no sítio denominado Anindiba (Macedo, 2011). Sendo elevado em 1761 a categoria de vila por intermédio de uma Carta Régia, passando a receber a denominação de Paço do Lumiar (Ferreira, 2003). Essa denominação foi escolhida em homenagem a uma localidade de Portugal, que muito se assemelhava a este sítio, conhecido por ser aprazível e agradável, devido as belezas naturais do lugar (Marques, 2008).

Através do decreto estadual n° 47 de 1931, a vila foi anexada ao município de São Luís. No ano de 1933, Paço do Lumiar é inserido ao distrito do município de São Luís. Pelo decreto-lei estadual nº 159, de 1938, o distrito de São Luís foi extinto e o território de Paço do Lumiar foi anexado ao distrito de São José de Ribamar (IBGE, 2010). Em 1952, São José de Ribamar é emancipado, então Paço do Lumiar fica a ele subordinado até ser também emancipado em 7 de dezembro de 1959, pela Lei n° 1890.

Quando finalmente foi instalado, o município de Paço do Lumiar tinha área de 185,3 km², mas teve sua extensão territorial reduzida quando parte de seu território foi desmembrado pela Lei n°. 6.132/94, que criou o município de Raposa (Costa, 2020).

Esse município tem sua história socioterritorial construída a partir da implantação de conjuntos habitacionais inicialmente na década de 1980 com a instalação do conjunto Maiobão, ainda no período das COHAB's (Costa, 2020). Ainda conforme a autora, foram construídos diversos outros conjuntos ao entorno do Maiobão (Jaguarema, Paranã I, II, III e IV, Tambaú, Manaíra), além Cidade Verde I

(PMCMV5). Em todos os conjuntos, há a presença de ocupações, que excluídas do direito à moradia, se apropriaram de terrenos circunvizinhos e construíram novos bairros, sob classes desiguais, sem saneamento básico e sob condições precárias.

Diante do exposto, o mapeamento do uso e cobertura da terra realizada no baixo curso do Santo Antônio, tendo como base o ano de 2021, visa aprofundar a compreensão dos padrões de organização do espaço. A análise desses aspectos desempenha um papel crucial em estudos relacionados às bacias hidrográficas e do planejamento urbano, como destacado por Sebusiani et al., (2011). Essa abordagem contribui para a compreensão e identificação das dinâmicas ambientais e urbanas, sendo fundamentais na orientação de decisões e ações voltadas para o desenvolvimento sustentável da região estudada.

Com base nisso, observando o mapeamento de uso e cobertura da terra da área de estudo constata-se o predomínio de vegetação secundária mista (60,6%), seguida pela área urbanizada (39,4%) (Tabela 1; Figura 1).

Tabela 1: Uso e cobertura do solo do baixo curso do Santo Antônio

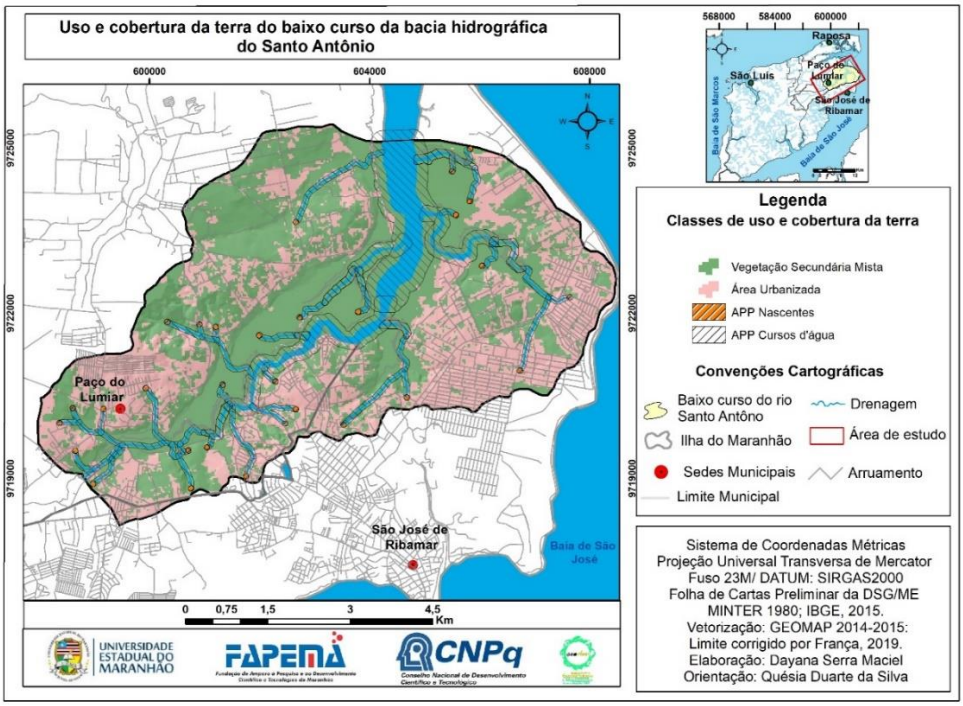
Classes de uso e cobertura	Área	
	Valor Absoluto (Km²)	Valor Relativo (%)
Área Urbanizada	17,37	39,4
Vegetação Secundária Mista	26,76	60,6
Total	44,13	100%

Fonte: Própria pesquisa (2023).

De acordo com Maranhão (1998), vegetação secundária mista,

> (...)representa a cobertura vegetal oriunda "da devastação da floresta, por processos que vão desde o arrasamento da área (...) até a retirada das árvores com valor econômico" (...). Adiciona-se a "ocorrência da vegetação secundária latifoliada (...) e as palmeiras" (MARANHÃO, 1998, p. 84).

Figura 1 – Mapa de uso e cobertura da terra do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: A própria pesquisa (2022).

[5] Programa Minha Casa Minha Vida

No que se refere a áreas urbanizadas, para o IBGE (2013),

> Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas. Estão incluídas nesta categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições que podem em alguns casos encontrar-se isolados das áreas urbanas (IBGE, 2013. p. 49).

A área de estudo compreende principalmente as localidades Vila Roseana Sarney, Maioba Mocajituca, Iguaíba, Pau Deitado, Timbuba, Mutirão, Canavieira, Itapary, Mojo e Panaquatira. Nestes locais do baixo curso, a vegetação secundária mista encontra-se distribuída ao longo de todas elas, com presença de gramíneas e vegetação arbórea-arbustiva, dessa forma evidenciando se tratar de uma bacia com uma faixa bem significativa territorialmente com cobertura vegetal.

Dentre todas as localidades citadas da área em questão, o Pau Deitado é a que apresenta em toda sua extensão territorial a vegetação de mangue. O termo mangue refere-se as espécies halófitas de árvores e arbustos que se desenvolvem em ambientes salinos, enquanto, manguezal é o usado para designar o ecossistema (Matias; Silva, 2017).

Em segmentos de canais localizados na Maioba Mocajituba, Canavieira, Itapary e Pau Deitado é possível encontrar áreas de planície fluvial com mata ciliar preservada. Em contrapartida, alguns locais já passam por pressão da especulação imobiliária e pela ocupação de moradias irregulares.

No que se refere a área urbanizada, esta vem avançando sobre a área de estudo, podendo ser considerada até aqui uma urbanização de baixa densidade. O baixo curso do Santo Antônio apresenta feições que confirma a nomenclatura de periurbana, expressa através de espaços em formatos de sítios com terrenos amplos e arborizados (feições rurais) e aqueles com características de infraestrutura urbana básica.

Cita-se novamente aqui a localidade Pau Deitado que é reflexo significativo destas características. Estando disposto sobre lados opostos da bacia, esse local dispõe de um lado por uma extensão territorial com presença de infraestrutura básica, casas e sítios, vias asfaltadas e um certo padrão de ordenamento residencial, em contrapartida, apresenta uma outra porção do seu território com características opostas da citadas anteriormente, vias sem pavimentação, uma urbanização mais dispersa e com presença de residências em padrão de alvenaria e de taipa, além da presença de área com ocupações irregulares.

As localidades Maioba Mocajituba, Iguaíba, Itapary e Panaquatira já possuem um padrão diferenciado (feições mais urbanas), com uma infraestrutura urbanística básica e padrão residencial distinto. Devido à presença da praia em seu território, Panaquatira é denominada polo turístico do município de São José de Ribamar. É importante frisar que essas localidades mesmo apresentando vias com capeamento asfáltico, em sua grande maioria, a pavimentação está presente apenas nas avenidas principais.

Soma-se a isso a presença de diversos conjuntos habitacionais ao longo da área de estudo. A exemplo, os residenciais Morada do Bosque, Jardim Primavera, Pitangueiras III e o condomínio Plaza das Flores Vilage I. Estes espaços geralmente apresentam uma infraestrutura diferenciada, com capeamento asfáltico, organização em quadras e estão localizados em áreas relativamente planas da bacia em questão.

Diferentemente a isso, Mojó já é reflexo da ruralidade do baixo curso do Santo Antônio. Este local não apresenta camada asfáltica ao longo de toda sua extensão, com predomínio residencial em padrão de sítios e chácaras. Recentemente nesta localidade foi construída um porto para facilitar o escoamento dos produtos da atividade pesqueira da região.

Ressalta-se ainda, no que se refere a urbanização, que também pode ser encontrado nesta bacia a presença de áreas que estão passando pelo processo de ocupação irregular. Estes locais já apresentam construções residenciais de taipa que geralmente são construídas para demarcação do terreno e em outras, porém já se encontra em uso com presença de seus proprietários. A exemplo disso tem-se as ocupações irregulares ocorrentes nas proximidades do residencial Morada do Bosque (Estrada do

Iguaíba) e na avenida principal da localidade Pau Deitado. Atualmente o trecho desta avenida (pau deitado) onde ocorre esta ocupação está passando pelo processo de capeamento asfáltico.

Nesse contexto, a análise do levantamento de uso e cobertura permitiu identificar os diferentes tipos de arranjos presentes nesta bacia obtidas através das visitas ao campo, conforme ilustrado na figura 2. Observou-se uma variação desses arranjos em termos de localidades e características do relevo, o que também evidência aspectos sociais relacionados a população presente no baixo curso do Santo Antônio.

Figura 2 – Tipos de usos no baixo curso do Santo Antônio

Fonte: Organizado pelos autores (2023).

Ainda na perspectiva do uso e cobertura, as informações referentes as áreas de preservação permanentes (APPs) se tornam pertinentes tendo em vista se tratar de áreas frágeis ambientalmente em que o uso da terra de forma incorreta e as diversas atividades antrópicas podem gerar sérios problemas ambientais. A legislação que trata das APPs é o Código Florestal Brasileiro instituído através da Lei nº 12.651/2012. Ele definiu as áreas de preservação permanente como sendo, área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

O Código Florestal Brasileiro, em todas as suas versões, tem como essência a manutenção da qualidade de vida de toda a sociedade brasileira, pois entende que a conservação dos ecossistemas e a proteção dos recursos naturais são de interesse comum (Campagnolo, et al. 2017).

Na área de estudo essa lei foi aplicada aos cursos d'água que possuem entre 10 e 600 metros de largura, portanto, com APP de 50, 100 e 200 metros de proteção a partir de suas margens. E ainda as nascentes com um raio de 50 m. Os cursos d'água que possuem entre 10 e 50 metros de largura apresentam duas realidades. Em algumas áreas foram identificadas residências construídas nas bordas dos canais, ocasionando sua descaracterização. Além do lançamento de esgoto in natura diretamente sobre eles. Porém, é possível a identificação de canais fluviais com suas áreas de APPs preservada como estabelece a legislação. Isso pode ser atribuído ao fato de a bacia não possuir uma urbanização de alta densidade, mas, por se tratar de uma bacia periurbana essa ainda preserva muito das suas características originais.

Os canais com largura entre 50 e 200 (APP de 100 m) segue o mesmo padrão dos canais citados anteriormente. Alguns locais considerados áreas de preservação permanente estão em uso. A exemplo,

em trechos do canal entre a localidade Pau Deitado e Timbuba que segundo a legislação na faixa que deveria estar protegida, foram identificadas residências as suas margens com lançamento de seus afluentes diretamente no leito do canal. Chama-se atenção ao Timbuba em que as residências que estão a sua margem compreendem uma população de diferente poder aquisitivo. Em algumas áreas percebe-se habitações de pessoas de baixa renda, em contrapartida, uma faixa com presença significativa de sítios e chácaras, sendo algumas de grande porte. Nessa área recentemente foi inaugurado um pequeno porto com espaço para recreação, bar e restaurante e ainda nas proximidades deste, encontra-se em obras a rampa das marisqueiras.

Nesse contexto, destaca-se que algumas áreas de APPs ao longo dos cursos d'água ainda matem faixas que respeitam as diretrizes instituídas pela legislação, com trechos preservados e sem sinais recentes de intervenções antrópicas. Conforme indicado por Casatti (2010), qualquer diminuição na proteção da dimensão lateral dos cursos d'água pode alterar as entradas de material orgânico e inorgânico, com consequências para todo o sistema aquático.

Contudo, no que diz respeito as nascentes, é evidente que elas não se esquivam dos desafios enfrentados pelos cursos d'água. No baixo curso do Santo Antônio, algumas nascentes encontram-se descaracterizadas ou foram aterradas para dar lugar a construção de residências e condomínios.

O Condomínio Morada do Bosque e o Residencial Jardim Primavera (Iguaíba) configuram empreendimentos que foram construídos em áreas de nascentes, ocasionando assim o seu aterramento e desconfiguração do canal. Na Vila Roseana Sarney, a construção de residências também ocasionou o aterramento de nascentes resultando assim na descaracterização do canal. Nesta área o canal só apresenta fluxo hídrico em eventos chuvosos.

Esse cenário ressalta a necessidade de ações para a preservação e recuperação dessas fontes, ponderando seu papel crucial na manutenção do equilíbrio hídrico e na sustentabilidade dos ecossistemas. A compreensão das transformações ocorrentes na área de estudo é essencial para o direcionamento de estratégias de manejo e conservação visando a proteção das áreas sensíveis.

No baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, com suas características de área periurbana, já se evidencia o crescimento dos municípios que compõem a região, impulsionado pelo estímulo ao desenvolvimento da expansão urbana. Nessa perspectiva, observa-se que a expansão urbana, quando não acompanhada pela preservação das áreas naturais, acompanha um padrão que pode resultar, a longo prazo, em diversos problemas ambientais. A expansão desordenada pode ocasionar a perda da biodiversidade, fragmentação de habitats, aumento da impermeabilização do solo e, portanto, acentuar os riscos de enchentes e inundações.

Esses desafios ambientais são, geralmente, atribuídos à ausência de regulamentação e a aplicação de normas relacionadas ao uso do solo. Portanto, são imprescindíveis o estabelecimento e a aplicação de medidas efetivas de regulamentação do uso do solo, que promova o desenvolvimento sustentável que foque na preservação das áreas naturais remanescentes.

CONCLUSÃO

O trabalho se propôs a analisar o uso e cobertura da terra do baixo curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, situado na Ilha do Maranhão. Nesse sentido, a área de estudo está localizada na porção nordeste da Ilha do Maranhão, possuindo uma área de 44,13 Km² situada nos municípios de Paço do Lumiar e São José Ribamar.

Com base no mapeamento de uso e cobertura da terra da área de estudo constatou-se o predomínio de vegetação secundária mista (60,6%), seguida pela área urbanizada (39,4%). A área de estudo compreende principalmente as localidades Vila Roseana Sarney, Maioba Mocajituba, Iguaíba, Pau Deitado, Timbuba, Mutirão, Canavieira, Itapary, Mojo e Panaquatira.

Nestes locais do baixo curso, a vegetação secundária mista encontra-se distribuída ao longo de todas elas, com presença de gramíneas e vegetação arbórea-arbustiva, dessa forma evidenciando se tratar de uma bacia com uma faixa bem significativa territorialmente com cobertura vegetal. Contudo, é inegável que a área urbanizada, mesmo em baixa densidade esteja em curso e avançando sobre a área de estudo. Esses dados demonstram a necessidade de planejamento urbano e ambiental, considerando o equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e os recursos naturais. Tendo em vista que a urbanização em baixa densidade pode evoluir para uma urbanização desordenada e consequentemente gerar impactos

ambientais severos, como alterações no ciclo hidrológico, aumento da vulnerabilidade a eventos extremos entre outros.

Diante desse panorama, a utilização das geotecnologias, como o Sensoriamento Remoto, se mostra como ferramentas valiosas no monitoramento das mudanças de uso e cobertura da terra auxiliando na tomada de decisões com dados adequados e precisos.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Profª. Dr. Quésia Duarte da Silva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, L. R.; Moreira, J. P. P. C.; Santos, A. M. 2019. Análise Temporal do Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Boa Vista, Ouro Preto do Oeste-RO. **Caderno de Geografia**, v.29, n.56, p. 81-97.

BRASIL. Lei 12.651/2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.html. Acessado em: 26 de dezembro de 2022.

Capoane, V. 2023. Classificação automatizada do relevo da bacia hidrográfica do Córrego Lajeado, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Boletim de Geografia**, v. 41, p. 250-265, e64472, 19 jul.

Campagnolo, K.; Silveira, G. L. Miola, A. C.; Silva, R. L. L. 2017. Área de preservação permanente de um rio e análise da legislação de proteção da vegetação nativa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, jul. - set, p. 831-842.

Cardoso, A. S. 2012. **Proposta de metodologia para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água em áreas urbanas**. 2012. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 331 pg. Brasil.

Casatti, L. 2010. Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 31-34.

Costa, C. M. C. 2020. **Uso do território e questão habitacional na Ilha do Maranhão: a situação geográfica do conjunto habitacional Cidade Verde I, Paço do Lumiar – MA**. Dissertação (Mestrado). PPGeo – UEMA, São Luís, 155 pg, Brasil.

Ferreira, M. J. 2003. **Impactos ambientais recentes na área da bacia do rio Santo Antônio, Paço do Lumiar- MA**. Monografia (Graduação em Geografia), Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Brasil.

IBGE. 2010. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**.

IBGE. 2013. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico do Uso da Terra**. Ed. 3, n. 7. Rio de Janeiro.

Leal, M. S.; Tonello, K. C. 2016. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da microbacia do córrego Ipaneminha de baixo, Sorocaba, SP. **Revista Floresta**, v. 46, n. 4, out. / dez, p. 439 - 446.

Macedo, L. A. A. de. 2011. **A Urbanização da Ilha de São Luís e seus impactos ambientais nos recursos hídricos**. São Luís: EDUEMA.

MARANHÃO. 1998. **Estudo de pedologia/cobertura vegetal. Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário**. São Luís: Sema/MMA/PNMA, São Luís. Brasil.

Matias, L.; Silva, M. D. Monitoramento e análise da vegetação de manguezal no litoral sul de Alagoas. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, p. 312-319, 2017.

Marques, C. A. 2008. **Dicionário histórico-geográfico da província do Maranhão**. 3ª ed: são Luís: Edições AML.

Martins, V.A.; Menezes, C.R.; Salgado, C.M. 2014. Bacia hidrográfica urbanizada: o caso do rio Imboaçu – São Gonçalo (região metropolitano do Rio de Janeiro). **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.166-170.

Mendes, I, A. S.; Costa, A. M. 2022. Mudança temporal no uso e cobertura da terra na Bacia do Alto Rio das Velhas. **RA'EGA**, Curitiba, PR, V.55, p. 154–175.

Oliveira, L. N. de; Aquino, C. M. S. 2020. Dinâmica temporal do uso e cobertura da terra na fronteira agrícola do matopiba: análise na sub-bacia hidrográfica do rio Gurguéia-Piauí. **Revista Equador (UFPI),** Vol. 9, Nº 1, p.317 – 333.

Olivera, E. D.; Olivera, E. D.; Crestani, A.; Almeida, N. A. 2011. Caracterização fisiográfica da bacia de drenagem do Córrego Jandaia, Jandaia do Sul/PR. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 5, n. 10, jul. /dez. p. 169-183.

Rezende, G. B. de M.; Araújo, S. M. S. de. 2016. As cidades e as águas: ocupações urbanas nas margens de rios. **Revista de Geografia (Recife)**, V. 33, No. 2, p. 119-135.

Santana, M. F.; Cunha, S. B. da. 2019. Intervenções em canais urbanos e suas repercussões: bacia hidrográfica do córrego Sangradouro, Cáceres – Mato Grosso. **Revista Geografar** - Curitiba, v.14, n.2, jul. - dez, p.210-225.

Sebusiani, H. R. V.; Bettine, S. C. 2011. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em microbacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté-SP, v. 7, n. 1, p. 256-285.

Silva, Q. D. da. 2012. **Mapeamento Geomorfológico da Ilha do Maranhão**. Tese (Doutorado) Presidente Prudente: UNESP, 251 p.

Vale, J. R. B.; costa, L. S.; Pimentel, M. A. da S. 2021. Análise da morfometria e do uso e cobertura da bacia hidrográfica do rio Mocajuba, zona costeira da Amazônia. **Geosul**, Florianópolis, v. 36, n. 78, p. 537-557, jan. /abr.

Vale, J. R. B.; Bordalo, C. A. L. 2020. Caracterização morfométrica e do uso e cobertura da bacia hidrográfica do rio Apéu, Amazônia Oriental. **Formação (Online)**, v. 27, n. 51, p. 313-335.

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ESTIMATIVA DE CENÁRIO FUTURO PARA O MUNICÍPIO DE ARARIPINA - PE UTILIZANDO DADOS ORBITAIS

Ana Patrícia Gomes Silva [(a)], Juarez Antônio da Silva Júnior [(b)], Sylvana Melo dos Santos [(c)], Anderson Luiz Ribeiro de Paiva [(d)], Leidjane Maria Maciel de Oliveira [(e)]

[(a)]Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, ana.apgs@ufpe.br
[(b)]Mestrando do PPGEC, UFPE, juarez.silvajunior@ufpe.br
[(c)]Docente do PPGEC, UFPE, sylvana.santos@ufpe.br
[(d)]Docente do PPGEC, UFPE, anderson.paiva@ufpe.br
[(e)]Docente do PPGEC, UFPE, leidjane.oliveria@ufpe.br

Resumo: A dificuldade de planejamento do uso e ocupação do solo tem gerado inúmeros impactos ambientais em diversas bacias hidrográficas urbanas e rurais. Um dos métodos de controle mais utilizado atualmente é o Sensoriamento Remoto aplicado através de ferramentas com Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Essa pesquisa utilizou imagens raster de uso e ocupação do solo desenvolvidas pelo projeto MapBiomas para analisar as mudanças ocorridas no município de Araripina - PE - Brasil entre os anos de 2000, 2010 e 2020 e simular o cenário para o ano de 2030. Os resultados mostraram que as maiores variações se concentraram nas classes Floresta, Pastagem e Agricultura, cujas áreas ocupavam de 35 a 48% da extensão territorial do município. A validação do método resultado em um coeficiente Kappa geral de 0,53 com 69,8% de acerto. As mesmas classes com maiores variações até 2020, também obtiveram grandes variações para 2030, onde Agricultura e Pastagem seguiram com a tendência de suas áreas serem reduzidas nos próximos 10 anos, diferentemente da classe Floresta que apresentou crescimento de 19,11% de sua área até 2030.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Gestão Territorial, Simulação.

Abstract: The difficulty of planningthe use and occupation of the land has generated numerous environmental impacts in several urban and rural watersheds. One of the most widely used control methods today is Remote Sensing applied through tools with Geographic Information Systems (GIS). This research used raster images of land use and occupation developed by the MapBiomas project to analyze the changes that occurred in the municipality of Araripina - PE - Brazil between the years 2000, 2010 and 2020 and simulate the scenario for the year 2030. The results showed that the greatest variations were concentrated in the Forest, Pasture and Agriculture classes, whose areas occupied 35 to 48% of the territorial extension of the municipality. The validation of the method resulted in an overall Kappa coefficient of 0.53 with 69.8% of correct answers. The same classes with greater variations until 2020 also obtained large variations for 2030, where Agriculture and Pasture continued with the trend of their areas being reduced in the next 10 years, unlike the Forest class, which showed growth of 19.11% of its area until 2030.

Keywords: Remote Sensing, Territorial Management, Simulation.

INTRODUÇÃO

Ao decorrer dos anos, o processo de urbanização e o desenvolvimento de atividades antrópicas tem contribuído com a ocupação irregular do solo e com o uso desenfreado dos recursos naturais (Nascimento; Fernandes, 2017). Como consequência desse processo, as alterações no uso e ocupação do solo se tornam mais intensas, geram inúmeros impactos ambientais que afetam a qualidade/acessibilidade dos recursos naturais, e a estabilidade dos ecossistemas existentes (Mendoza *et al.*, 2011).

Nesse contexto, tem-se como importante exemplo a remoção da camada vegetal do solo devido à ação antrópica, que exerce um impacto significativo no ambiente, com múltiplas consequências interconectadas. Incialmente, esse processo resulta em um aumento do grau de impermeabilização do solo, perturbando o fluxo natural do ciclo hidrológico. Isso, por sua vez, propicia o surgimento de enchentes, bem como acelera os processos de erosão e lixiviação do solo. Além disso, contribui para o

assoreamento dos rios e a contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos. Para enfrentar essa problemática, estratégias de controle do uso e ocupação do solo se tornam necessárias. Dentre as formas existentes, a mais utilizada, atualmente, é o Sensoriamento Remoto (Nunes; Roig, 2015).

A combinação do Sensoriamento Remoto com Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem sido amplamente empregada em pesquisas multidisciplinares, abrangendo áreas como a gestão de recursos hídricos, drenagem urbana e mapeamento de uso e ocupação do solo, entre outras aplicações. Além de viabilizar o mapeamento de informações geoespaciais, essas ferramentas também possibilitam a elaboração de modelos preditivos para análise de cenários futuros relacionados a objetivos de estudo específicos (Costa, 2009).

Dentre as ferramentas SIG que permitem simular cenários futuros de uso e ocupação do solo, pode-se citar o QGis e o TerrSet. A simulação no Qgis é feita através do plugin *Modules for Land Use Change Evaluation* (MOLUSCE) e o TerrSet através do módulo *Land Change Modeler* (LCM). Ambas as metodologias requerem variáveis com certo grau de refinamento dependendo do treinamento aplicado. O método de treinamento mais simples e mais utilizado é a Rede Neural Artificial, que é um sistema inspirado na estrutura neural de organismos mais desenvolvidos, onde a aprendizagem é baseada na correção dos erros cometidos (Silva; Paixão, 2019).

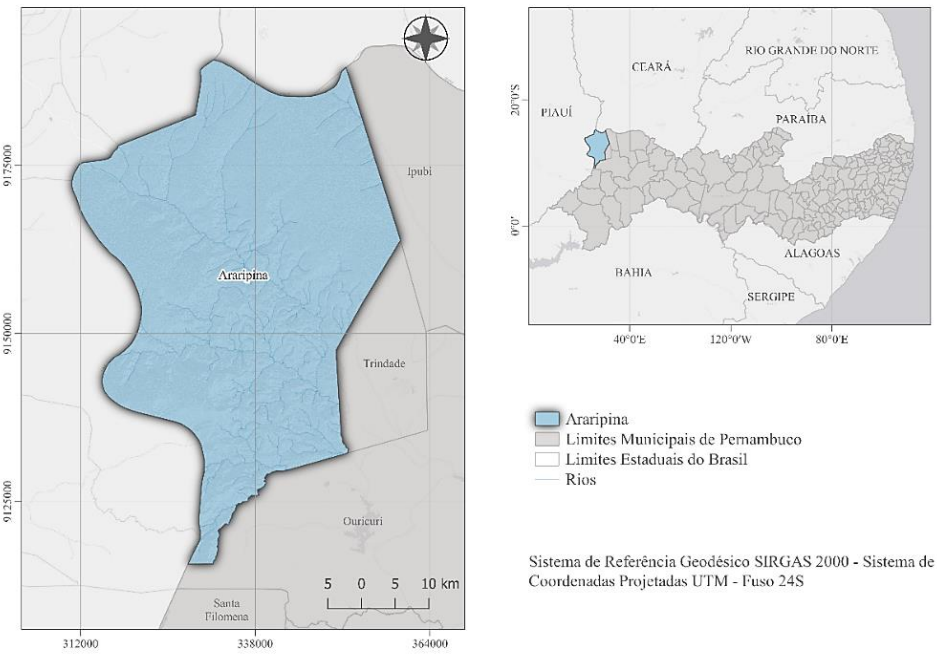
Este artigo tem como objetivo analisar as alterações no uso e ocupação do solo para o município de Araripina - PE - Brasil entre os anos 2000, 2010 e 2020 e simular o cenário para o ano de 2030 através do uso do plugin MOLUSCE do QGIS. Através dessa análise, é possível oferecer uma visão sobre as mudanças esperadas no uso do solo, contribuindo para uma abordagem mais informada e estratégica para o planejamento urbano do município no futuro.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O município de Araripina está situado no oeste do Estado de Pernambuco, na latitude de 7°34’34” S e longitude 40°29’54”, o seu território faz fronteira com o Estado do Ceará ao norte, com o Estado do Piauí a oeste, e com os municípios de Ouricuri ao sul, e Ipubi e Trindade a leste, representado pela Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autores (2023)

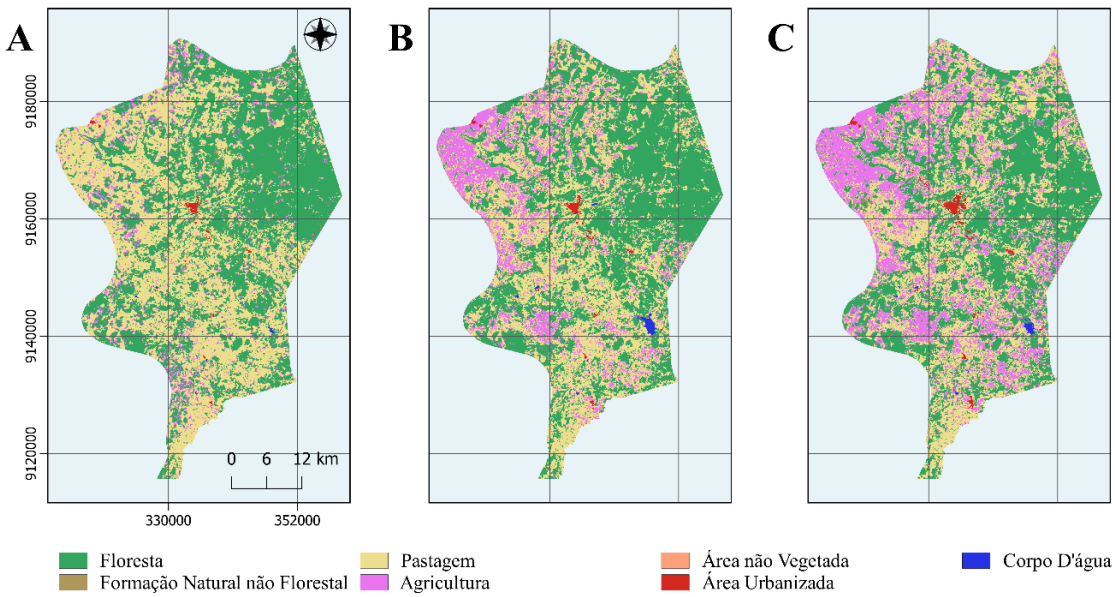
O município possui uma extensão territorial de 2.037,1 km², e está inserido na bacia do Rio Brígida, que, por sua vez, faz parte da bacia do Rio São Francisco. Os afluentes do rio possuem regime intermitente, e, dentre os inúmeros existentes, os principais são os riachos Ventania, dos Moraes, dos Cocos, São José, Marinheiro, Bom Jardim, São Pedro, Grande, Pitombeira, Conceição, Jatobá e do Bonito. Além disso, Araripina também possui diversos lagos e açudes distribuídos por todo o seu território, conforme registrado pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB, 2005).

O município está inserido dentro da unidade geomorfológica Depressão Sertaneja e Chapada do Araripe, apresenta um relevo com baixas variações de altitude, pequenas elevações e depressões, caracterizando assim o relevo como suave-ondulado. Os solos são do tipo Argilossolo Amarelo, Latossolo Amarelo, Argilossolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico, Neossolo Flúvico e Planassolo Nátrico, de acordo com o Banco de Dados de Informações Ambientais - BDIA (IBGE, 2023). A vegetação dominante é a Caatinga, apresentando árvores de pequeno e médio porte, combinada com trechos de Floresta Caducifólia (SGB, 2005). Por fim, clima predominante é o Semiárido, apresentando precipitação anual média de 759 mm (APAC, 2023).

Análise de Uso e Cobertura do Solo

A análise do uso e ocupação do solo foi realizada para os anos de 2000, 2010 e 2020 através de mapas de cobertura e uso da terra desenvolvidos pelo projeto MapBiomas, O projeto foi iniciado em 2015 por universidades, ONGs e empresas de tecnologia, com o objetivo de criar anualmente mapas de uso do solo para todo o Brasil com resolução de 30 m (MapBiomas, 2023). Atualmente, a coleção mais recente possui 29 classes mapeadas, todavia, nos mapas obtidos para a região de estudo existem 10 classes presentes. Com o objetivo de reduzir o número e agrupar classes semelhantes, as imagens foram reclassificadas, através da ferramenta raster reclassificar por tabela do software Qgis de livre acesso, em 7 classes (floresta, formação natural não florestal, pastagem, agricultura, área não vegetada, área urbanizada e corpo d'água). A Figura 2 apresenta as imagens já reclassificadas para o município de Araripina - PE.

Figura 2 - Mapa de uso do solo em Araripina para os anos de (A) 2000, (B) 2010 e (C) 2020.



Fonte: MapBiomas (2023).

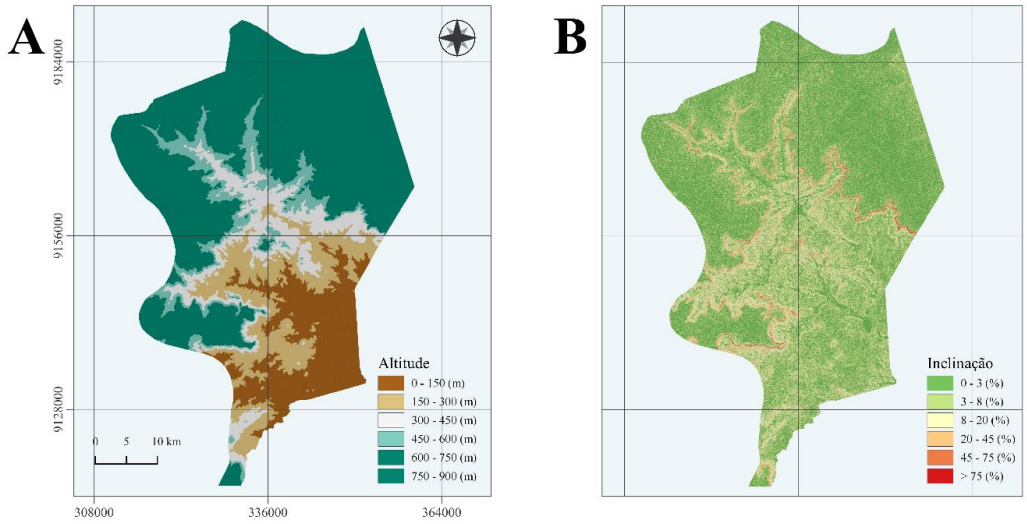
Simulação e Validação

A simulação de uso e ocupação do solo para o ano de 2030 foi realizada através do plugin MOLUSCE (*Modules for Land Use Change Evaluation*) do software Qgis versão 2.18.10, desenvolvido pela Air Survey e NextGIS (NextGis, 2012). O plugin incorpora algoritmos como redes neurais

artificiais (RNAs), avaliação multicritério (AMC), pesos de evidência (PdE), regressão logística (RL) e Modelos de autômatos celulares de Monte Carlo (CA) para analisar, modelar e simular as alterações ocorridas na cobertura e uso da terra (Muhammad *et al*., 2022). Nessa pesquisa foi utilizado o algoritmo de rede neural artificial para analisar e prever futuras mudanças.

A utilização do plugin requer além das variáveis dependentes (imagens classificadas de diferentes períodos), variáveis independentes, para aumentar a precisão da simulação, como o Modelo Digital de Elevação e a declividade do terreno, (Kamaraj; Rangarajan, 2022). As variáveis utilizadas na pesquisa estão presentes na Figura 3. O MDE utilizado é uma imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) obtida no site United States Geological Survey (USGS) e com resolução de 1 segundo de arco, equivalente a 30 m. A declividade foi obtida através do processamento do MDE no Qgis. Ambas as variáveis são relacionadas com as imagens de uso e ocupação através da correlação Pearson do plugin MOLUSCE.

Figura 3 - Variáveis espaciais utilizadas: (A) MDE e (B) Declividade.



Fonte: Adaptado do USGS (2023).

Antes da simulação para o período de 2030, o MOLUSCE permite realizar a validação das variáveis inseridas e determina o coeficiente Kappa, que avalia a precisão e a concordância entre as previsões de mudança no uso da terra feitas por um modelo e as mudanças reais observadas (Anand *et al*., 2023). Segundo o estudo de Kamaraj e Rangarajan (2022), o valor de Kappa pode ser tornar mais preciso quando combinado com mais variáveis espaciais, contudo, é necessário entender qual variável possui maior influência dentro da área de estudo. Nesse estudo, foram inseridas as imagens dos anos 2000 e 2010 para simular o cenário de 2020 e validar com imagem classificada já existente para esse ano e assim pode estimar as alterações para o ano de 2030.

Matriz de Contingência

Com o intuito de avaliar a precisão do mapa de uso e cobertura do solo modelado pelo MOLUSCE para o ano de 2020, foi conduzida uma Matriz de Contingência (também conhecida como Matriz de Erros) que relaciona as categorias encontradas no produto gerado pelo modelo em comparação com o mapa de referência, o qual foi o mapa obtido diretamente do Mapbiomas para o mesmo ano.

Na Matriz de Contingência, a diagonal principal representa a concordância entre o produto modelado e o mapa de referência sendo representada por, onde i = j (i = 1, 2,.. k). Portanto, a classificação correta é representada pela quantidade de pixels da diagonal principal da Matriz de Contingência e a classificação incorreta pelos elementos da matriz (número de pixels) fora da diagonal principal (Congalton, 1991; Devi *et al.*, 2022).

Dessa forma, foi possível calcular coeficientes de qualidade temática baseado nos elementos da Matriz de Contingência, sendo eles: Acurácia do Produtor (AP) (Eq.1), Acurácia do Usuário (UA)

(Eq.2), Coeficiente Kappa (Kp) (Eq.3) e Acurácia Global (AG) (Eq.4). A Acurácia Global calcula o número de pixels classificados com precisão na imagem em consideração. A Acurácia do Usuário mede o número de pixels identificados com uma classe, mas pertencentes verdadeiramente a outra classe, enquanto a Acurácia do Produtor mede o número de pixels classificados em uma classe que realmente pertencem apenas a essa classe. O Coeficiente Kappa trata-se de um método estatístico para avaliar o nível de concordância ou reprodutibilidade entre o produto gerado pelo modelo e o mapa de referência (Amgoth; Rani; Jayakumar, 2023).

$$AU=\left(\frac{n_{ii}}{n_{ilin}}\right) \quad (1)$$

$$AP=\left(\frac{n_{ii}}{n_{icol}}\right) \quad (2)$$

$$AG=(1/N)\sum_{i=1}^{r} n_{ii} \quad (3)$$

$$Kp=\frac{N\sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+})(x_{i+})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+})(x_{i+})} \quad (4)$$

Onde r é o número de linhas na matriz, X é o número de observações na linha i e na coluna i (os elementos diagonais), x_{i+} e x_{ii} são os totais marginais da linha r e coluna i, respectivamente, e N é o número total de observações. Onde n_{ii} é o número de pixels classificados corretamente, N é o número total de pixels, r é o número de linhas n_{icol} e n_{ilin} são o total da coluna e da linha, respectivamente (Verma *et al.*, 2020; Congalton, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise do Uso e Cobertura do Solo

As alterações ocorridas entre os anos de 2000 a 2010 e 2010 a 2020 no uso e cobertura da terra, observadas a partir das imagens reclassificadas, estão presentes na Tabela 1. Os valores negativos representam as classes que sofreram redução em sua área.

Tabela 1 - Alterações no uso e cobertura da Terra para os anos 2000, 2010 e 2020.

Classe	Área (Km²)			Diferença (2000 – 2010)	Diferença (2010 – 2020)
	2000	2010	2020		
Floresta	960,63	953,71	840,86	- 6,91	- 112,85
Pastagem	914,21	772,97	720,47	- 141,25	- 52,50
Agricultura	145,20	289,73	452,55	144,53	162,82
Área Urbanizada	8,04	7,98	13,73	- 0,07	5,76
Corpo D'Água	6,33	6,94	4,67	0,61	- 2,27
Formação Natural não Florestal	1,61	4,08	3,80	2,47	- 0,28
Área Não Vegetada	1,07	1,68	1,01	0,61	- 0,67

Fonte: Autores.

As classes que ocupam de 35 a 48% da área total do município são Floresta, Pastagem e Agricultura. A classe Floresta reduziu 6,91 km² de sua área entre anos de 2000 e 2010, o que corresponde a 0,72%. Entre os anos de 2010 e 2020, reduziu 112,85 km², correspondendo a 11,83% de sua área. Essa redução pode ser ocasionada pelo desmatamento da área para realização da agricultura, que sofreu um aumento de 144,53 km² em sua área, ou seja, 99,54%, até 2010 e de 162,82 km² até 2020, que corresponde a 56,2%. O que também contribuiu para o aumento da área de agricultura, foi a pastagem que sofreu uma redução de 141,25 km², que corresponde a 15,45%, nos 10 primeiros anos, e de 52,5 km² (6,79%) nos anos seguintes.

O desenvolvimento da zona urbana e a dinâmica dos corpos hídricos tiveram comportamentos contrários durante os anos observados. Enquanto a classe Área Urbanizada teve um decréscimo de 0,07

km² (redução de 0,83%) até 2010, a classe Corpo D'água cresceu 0,61 km² (crescimento de 9,7%). Entre 2010 e 2020, a zona urbana expandiu sua área em 5,76 km² (crescimento de 72,16%), enquanto a área superficial de dos corpos hídricos reduziu 2,27 km², correspondendo a 32,73%.

A Formação Natural não Florestal teve aumento em sua área de 2,47 km² (crescimento de 152,9%) nos primeiros 10 anos e decréscimo de 0,28 km² (redução de 6,85%) nos demais. Por fim, a classe Área Não Vegetada teve o aumento de 0,61 km² (57,02%) em sua área até 2010 e reduziu 0,67 km² (39,96) entre 2010 e 2020.

Simulação e Validação para o ano de 2020

O raster resultante da simulação do uso e cobertura para 2020 está presente na Figura 4, onde está sendo comparado com a imagem reclassificada obtida do MapBiomas.

Analisando as imagens da Figura 4 e os dados da Tabela 2, é possível notar que a simulação gerada pelo MOLUSCE previa um cenário onde as classes de área urbanizada, pastagem, agricultura e formação natural não florestal sofriam uma redução em sua área, enquanto as regiões com floresta, área não vegetada e corpo d'água cresciam.

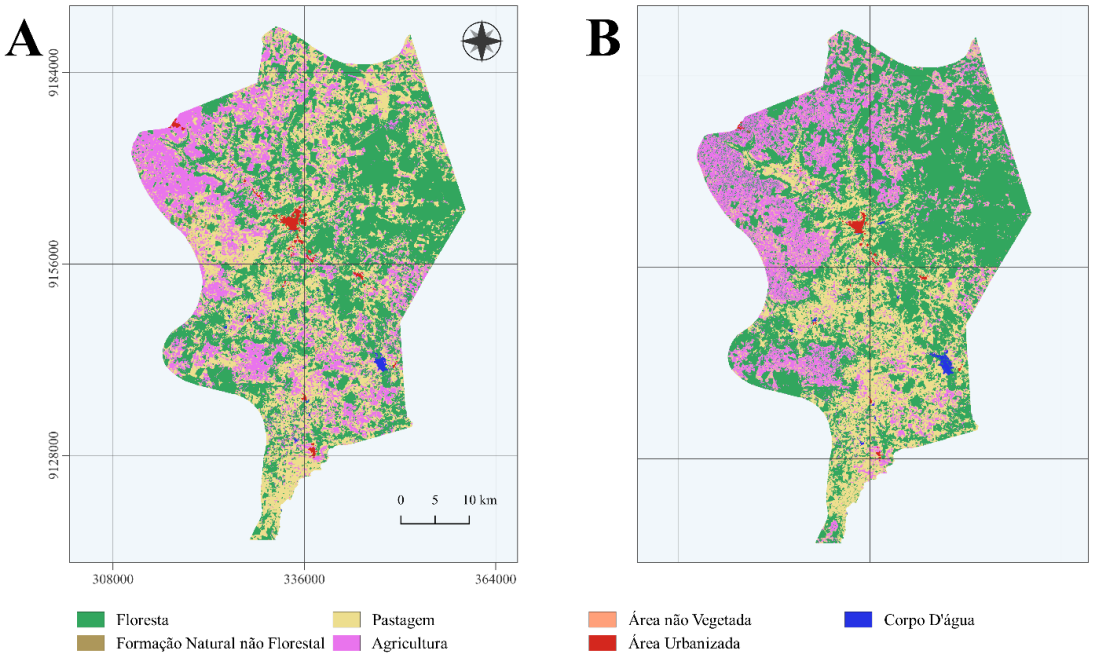
Tabela 2 - Comparação entre a classificação do solo existente e simulado para o ano de 2020

Classe	2020	2020 Simulado	Diferença
Floresta	840,86	997,08	156,22
Pastagem	720,47	573,00	-147,47
Agricultura	452,55	448,54	-4,02
Área Urbanizada	13,73	7,57	-6,17
Corpo D'Água	4,67	6,51	1,84
Formação Natural não Florestal	3,80	3,17	-0,63
Área Não Vegetada	1,01	1,23	0,23

Fonte: Autores (2023).

As maiores diferenças, em área, foram para as classes Floresta, com 156,22 km² a mais que a área existente, representando a diferença de 18,58%, e Pastagem, com 147,47 km² a menos, equivalente a 20,47%. Em relação a porcentagem, a classe que teve maior diferença foi a Área Urbanizada com 44,89%, que representa a variação de 6,17%. Após validado o modelo, o coeficiente kappa calculado teve um valor geral de 0,53 e uma porcentagem de acerto de 69,8%.

Figura 4 - Mapa de Uso e Ocupação para o ano de 2020: (A) MapBiomas (B) Simulado pelo MOLUSCE



Fonte: Autores (2023)

Matriz de erro

A matriz de erros resultante da aplicação *Semi-automatic Classification Plugin* (SCP) está representada na Tabela 3 cujos valores representam as áreas em porcentagem.

Tabela 3 - Matriz de erros

Classes	1	10	15	18	22	24	33
1	**91,62%**	66,49%	21,91%	14,31%	21,23%	7,07%	7,77%
10	0,16%	**4,28%**	0,18%	0,08%	0,54%	0,00%	0,13%
15	5,69%	9,80%	**53,67%**	29,56%	25,07%	26,55%	8,93%
18	2,37%	19,21%	24,07%	**55,85%**	14,01%	11,21%	2,01%
22	0,00%	0,02%	0,08%	0,06%	**38,18%**	0,12%	0,04%
24	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	**54,97%**	0,02%
33	0,17%	0,19%	0,09%	0,14%	0,98%	0,07%	**81,11%**
Área (km²)	840,86	3,80	720,47	452,55	1,01	13,73	4,67

Legenda: 1-Floresta, 10-Formação Natural não Florestal, 15-Pastagem, 18-Agricultura, 22-Área não Vegetada, 24-Área Urbanizada, 33-Corpo D'água

---

Na Tabela 3, pode-se observar que a simulação feita conseguiu identificar corretamente 91,62% da área compreendida por pixels que identificam a classe Floresta (1), na qual 5,69% foram confundidos com Pastagem, 2,37% com Agricultura, 0,17% com Corpo D'água e 0,16% com Formação Natural não Florestal. A classe Corpo D'água (33) obteve a segunda maior porcentagem de acerto (81,1%), na qual o erro se concentrou, principalmente, na classe Floresta, ocupando 7,77% da área, e Pastagem, com 8,93%.

A classe Formação Natural não Florestal (10) obteve o menor índice de acerto, pois 66,49% da área foi classificada erroneamente como Floresta, 19,21% como Agricultura e 9,8% como pastagem. Esse erro pode evidenciar que a modelagem indicada não é adequada para simular solos com diferentes tipos de vegetação. Contudo, dependendo do objetivo do estudo, seria interessante aumentar o número de classes, para observar o comportamento da modelagem em classes mais específicas ou agrupar todas as subclasses que englobam vegetação natural em apenas uma classe e repetir o processo para as subclasses que caracterizam a vegetação para consumo humano (agricultura, pastagem, silvicultura e mosaicos de usos).

A classe Área não Vegetada também teve grande parte de sua área classificada erroneamente, na qual o erro se concentrou, principalmente, nas classes Floresta, com 21,23%, Pastagem, com 25,07%, e Agricultura, com 14,01%. Áreas ocupadas por pastagem e agricultura em período de seca podem ser confundidas com uma área não vegetada, pelo fato de não ter nenhuma plantação naquele período. Por outro lado, o fato de compreender áreas de solo exposto, pode acarretar confusão com florestas quando nele começar a desenvolver algum tipo de vegetação.

As classes Pastagem, Agricultura e Área Urbanizada tiveram mais da metade de suas áreas classificadas corretamente, todavia, 21,91% da área de Pastagem foi confundida com Floresta e 24,07% com Agricultura, 14,31% da área da classe Agricultura foi confundida com a classe Floresta e 29,56% com Pastagem. Por fim, 45% da classe Área Urbanizada teve 7,07% de sua área classificada com floresta, 26,55% como pastagem e 11,21%.

Os valores de Acurácia do Produtor (PA) e Acurácia do Usuário (UA) calculados pelo SCP então presentes na Tabela 4.

Tabela 4 - Acurácia do Produtor e do Usuário

Classes	1	10	15	18	22	24	33
PA (%)	91,62	4,28	53,67	55,85	38,18	54,97	81,11
UA (%)	77,26	5,14	67,48	56,35	31,19	99,75	58,18

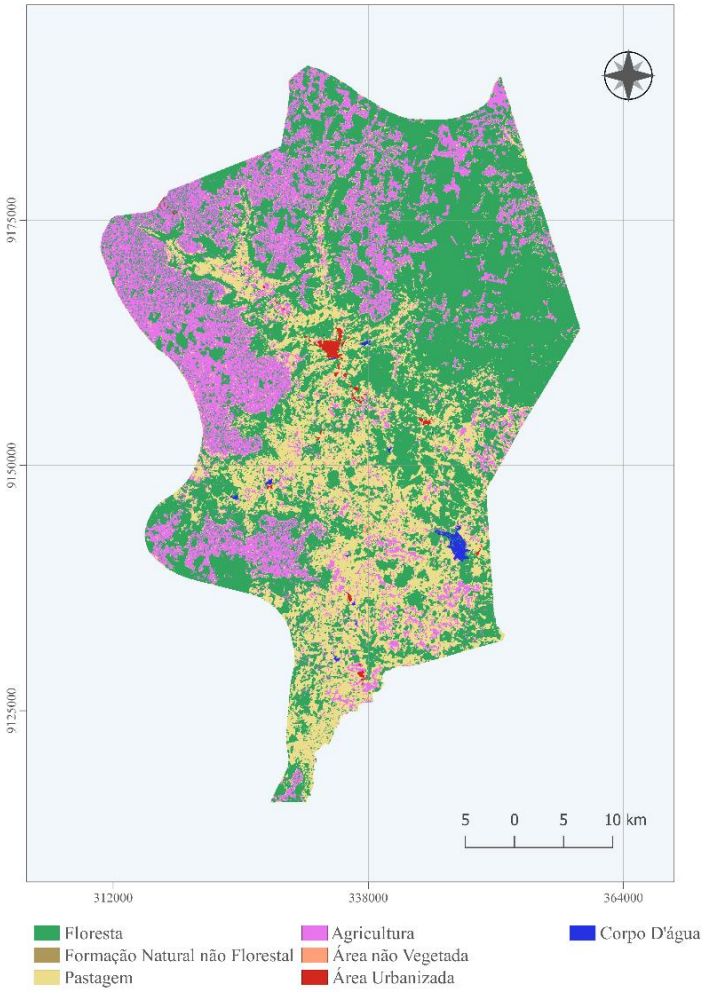
Legenda: 1-Floresta, 10-Formação Natural não Florestal, 15-Pastagem, 18-Agricultura, 22-Área não Vegetada, 24-Área Urbanizada, 33-Corpo D'água

A porcentagem que representou o quantitativo de acerto da classificação para cada classe durante a modelagem representa a acurácia do produtor, conforme representado na linha 2 da Tabela 4, cujos valores são os mesmos destacados na diagonal da Tabela 3. Na acurácia do usuário, percebe-se que cinco das sete classes tiveram acurácia maior que 50%, sendo a classe Corpo D'água a que apresenta maior porcentagem de acerto. De modo geral, a acurácia global foi de 69,79% e o kappa global de 0,53.

Simulação 2030

A simulação do cenário de uso e cobertura da terra para o município de Araripina/PE no ano de 2030está representada na Figura 5. Os dados numéricos extraídos do raster são comparados com os dados da classificação existente para o ano de 2020 na Tabela 5.

Figura 5 - Simulação de Uso e Cobertura da Terra para o ano de 2030



Fonte: Autores (2023).

Tabela 5 - Alteração no uso e ocupação do solo em 2020 e simulado para o ano de 2030

Classe	2020	2030	Diferença
Floresta	840,86	1.039,47	198,61
Pastagem	720,47	501,81	-218,66
Agricultura	452,55	478,57	26,01
Área Urbanizada	13,73	7,27	-6,47
Corpo D'Água	4,67	6,47	1,80
Formação Natural não Florestal	3,80	2,79	-1,02
Área Não Vegetada	1,01	0,73	-0,28

Fonte: Autores (2023).

Se comparado a Figura 4 (A) com a simulação da Figura 5, percebe-se o retorno da área superficial do açude de maior destaque na imagem (Açude São Pedro, localizado no distrito de Lagoa do Barro) e aumento da área de Agricultura representada pela cor rosa. Analisando a Tabela 5, nota-se que para o ano de 2030, a simulação prevê um aumento de 198,61 km² na área da classe Floresta, equivalente a um crescimento de 19,11%. Por outro lado, têm-se redução de 218,66 km² (compreendendo a 43,57%) da área de Pastagem. Essa redução pode resultar da transição para a Agricultura, que teve aumento de 26,01 km² (equivalente a 5,44%). A zona urbana apresenta tendência de redução de 6,47 km² (88,98%). Já a classe Corpos D'água terá crescimento de 1,8 km² (27,84%). Por fim, Formação Natural não Florestal e Área não Vegetada apresentam tendência de redução de 1,02 km² e 0,28 km², respectivamente. Dentre as três classes que ocupam maior parte da extensão territorial do município (Floresta, Pastagem e Agricultura), apenas a classe Floresta não seguiu a tendência observada de 2000 a 2020, na qual sua área estava sendo reduzida em função da transição para Agricultura ou Pastagem ou seca, mas que para 2030 foi previsto um crescimento de sua área.

Esses resultados estão em conformidade com as descobertas de Souza (2019), que identificou um índice Kappa geral de 0,6 e uma acurácia global de 75% para a simulação de uso e cobertura do solo na região serrana de São Paulo. A autora considerou esses resultados aceitáveis e avançou com a modelagem para o ano de 2027. Também, Kamaraj e Rangarajan (2022), ao destacarem a importância do QGIS na análise e modelagem territorial para previsão de uso e cobertura da terra em bacias hidrográficas na Índia, alcançaram um valor de Kappa geral de 0,69 em suas previsões para os anos de 2025 e 2030. Por sua vez, Muhammad et al. (2022), utilizando o plugin MOLUSCE no QGIS, observaram um aumento significativo na superfície impermeável do município de Linyi, na China, nas últimas três décadas, indo de 10,48% para 26,91%. Eles ressaltam que as previsões para o período de 2030 a 2050 apoiam a tendência crescente de superfícies impermeáveis em detrimento de quantidades consideráveis de florestas e espaços verdes. Além disso, Barros, Andrade e Júnior (2022), ao empregar dados do MAPBIOMAS e o plugin MOLUSCE, identificaram uma relação direta entre a ocupação irregular da faixa de domínio da rodovia e o aumento da ocupação de áreas sem vegetação nas margens da BR-408 em Pernambuco. No geral, esses estudos destacam o desempenho sólido e a versatilidade das ferramentas de geoprocessamento e dos dados do Mapbiomas para previsão e análise territorial.

CONCLUSÃO

Com base nas informações apresentadas na pesquisa, pode-se concluir que o processo de urbanização e atividades antrópicas em Araripina/PE, tem causado alterações significativas no uso e ocupação do solo. Essas mudanças incluem a redução da cobertura florestal, o aumento da agricultura e pastagem, bem como a expansão da zona urbana.

Os resultados da simulação para o ano se 2030 indicaram as maiores alterações em área se concentraram na classe Floresta, com aumento de 19,11% de sua área, Pastagem com redução de 43,57% áreas e Agricultura com crescimento de 5,44%. A maior variação em porcentagem foi para a área urbana, que sofrerá redução de 88,98% de sua área.

No entanto, a validação do modelo mostrou que algumas classes, como Formação Natural não Florestal e Área não Vegetada, tiveram baixa precisão na simulação. Isso sugere a necessidade de aprimorar o modelo e considerar mais variáveis espaciais para melhorar a precisão. Além disso, é

preciso analisar qual forma de classificação do solo se ajusta melhor a pesquisa para aumentar a acurácia só usuário.

No geral, a pesquisa oferece informações valiosas para o planejamento urbano em Araripina, destacando a importância do monitoramento do uso do solo e a necessidade de estratégias de manejo sustentável para enfrentar os desafios ambientais decorrentes do crescimento urbano e das atividades humanas na região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de Mestrado dos dois primeiros autores (Processo nº 88887.911036/2023-00 e n° 88887.910305/2023-00, respectivamente); a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) pela disponibilização de dados para auxílio na realização da pesquisa; ao *United States Geological Survey* (USGS) pelas imagens de satélite.

REFERÊNCIAS

Amgoth, A.; Rani, H. P.; Jayakumar, K. V. (2023). Exploring LULC changes in Pakhal Lake area, Telangana, India using QGIS MOLUSCE plugin. **Spatial Information Research**, [S.L.], v. 31, n. 4, p. 429-438. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s41324-023-00509-1.

Anand, B., Rekha, R.S., Radhakrishnan, N. et al. (2023). Analysis of LULC change dynamics and its impact assessment using CA-ANN model in part of Coimbatore region, India. **GeoJournal**. https://doi.org/10.1007/s10708-023-10944-0.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima (2023). Climatologia. **Precipitação Média por Município.** Recife. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/193-climatologia/521-climatologia-por-municipio. Acesso em: 31/10/2023.

Barros, E. R. O.; Andrade, M. O.; Souza Júnior, F. L. (2022). Time-space modeling of irregular occupations around Brazilian highways, based on static grids: case study of br-408. **Land Use Policy**, [S.L.], v. 114, p. 105971. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105971.

Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing Of Environment,** [S.L.], v. 37, n. 1, p. 35-46. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-b.

Costa, F. P. M. (2009). **Utilização de sistemas de informação geográfica na identificação de áreas vulneráveis à contaminação do lençol freático: o caso da bacia do alto e médio curso do rio Uberabinha – MG**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

Devi, A. B.; Deka, D.; Aneesh, T. D.; Srinivas, R.; Nair, A. M. (2022). Predictive modelling of land use land cover dynamics for a tropical coastal urban city in Kerala, India. **Arabian Journal Of Geosciences**, [S.L.], v. 15, n. 5, p. 100-120. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s12517-022-09735-7.

IBGE (2023). **BDIA: banco de dados de informações ambientais**. Rio de Janeiro. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br. Acesso em: 01/11/ 2023.

Kamaraj, M., Rangarajan, S. (2022). Predicting the future land use and land cover changes for Bhavani basin, Tamil Nadu, India, using QGIS MOLUSCE plugin. **Environmental Science And Pollution Research**, vol29, 86337–86348. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17904-6.

Mapbiomas. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). **Collection 8**. Version 1. 2023. Disponível em: ATBD Collection 8 v1.docx (mapbiomas.org) .Acesso em: 31/10/2023.

Mendoza, M. E.; Granados, E. L.; Geneletti, D.; Pérez-Salicrup, D. R.; Salinas, V. (1975-2003). Analysing land cover and land use change Process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico. **Applied Geography,** v.31, p.237-350, 2011.

Muhammad, Rizwan, Wenyin Zhang, Zaheer Abbas, Feng Guo, and Luc Gwiazdzinski. (2022). Spatiotemporal Change Analysis and Prediction of Future Land Use and Land Cover Changes Using QGIS MOLUSCE Plugin and Remote Sensing Big Data: A Case Study of Linyi, China. **Land 11**. n. 3, p. 419. https://doi.org/10.3390/land11030419.

Nascimento, T. V; Fernandes, L. L. (2017). Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo em uma Pequena Bacia Hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.39, n.1, p. 170 – 178. http://ddxdoi.org/10.5902/2179460X21737.

Nextgis (2012). **Modules for Land Use Change Evaulation – MOLUSCE**. Disponível em: http:://nextgis.com/blog/molusce/. Acesso em: 27/10/2023.

Nunes, J. F., & Roig, H. L. (2015). Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do Alto do Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore**, vol 39, n. 1, 25–36. https://doi.org/10.1590/0100-67622015000100003.

Silva, L. P.; Paixão, A. N. (2019). Modelagem e Análise Temporal da Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Rio Cuiá-PB. **InterEspaço**, Grajaú/MA, v.5, n.17, p. 01-20. http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.2019.11617

SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Araripina, Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 26p.

Souza, T. M. (2019). **Paisagens agrícolas funcionais: modelagem como ferramenta para a conservação de polinizadores e bem-estar social**. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. https://doi.org/10.11606/T.59.2020.tde-13032020-102035.

Verma, P.; Raghubanshi, A.; Srivastava, P. K.; Raghubanshi, A. S. (2020). Appraisal of kappa-based metrics and disagreement indices of accuracy assessment for parametric and nonparametric techniques used in LULC classification and change detection. **Modeling Earth Systems And Environment**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 1045-1059. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s40808-020-00740-x.

ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA EM ÁREAS PROTEGIDAS: O CASO DO PARQUE ESTADUAL DO BACANGA, SÃO LUÍS/MA

Ricardo Gonçalves Santana [(a)], Cristiane Mouzinho Costa Avelar [(b)], Danyella Vale Barros França [(c)], Dayana Serra Maciel [(d)], Cristina Gomes de Lima [(e)]

[(a)] Graduando em Geografia Licenciatura (UemaNet), Bacharel, Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, ricardogsantana1919@gmail.com;
[(b)] Mestra em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, cristianemouzinho@hotmail.com;
[(c)] Mestra em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, danyellabarros-geo@hotmail.com;
[(d)] Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, dayanaserramc@hotmail.com;
[(e)] Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, crisgomes5432@gmail.com.

Resumo: O presente artigo tem como objetivo principal analisar a dinâmica do uso e cobertura da terra entre os anos de 1985 e 2022 no Parque Estadual do Bacanga, São Luís – MA. Para alcance do objetivo proposto foram realizados as seguintes etapas: levantamento bibliográfico e cartográfico; espacialização do uso e cobertura da terra por meio do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil – MapBiomas, coleção 8; análise e discussão dos dados de forma comparativa, considerando as alterações quantificadas e correlacionando-as ao processo histórico associado. As principais alterações relacionadas à redução das áreas referem-se às classes Formação Florestal (-154,64 ha), Formação Savânica (-12,77 ha), Mangue (-8,61 ha), Formação Campestre (-19,07 ha) e os Corpos d'Água (-43,76 ha). Em relação ao acréscimo territorial, ocorreu, principalmente, nas classes de Pastagem (+219,05 ha) e Área Urbanizadas (+31,51 ha). Estas alterações estão associadas ao crescimento populacional do município de São Luís. Assim, inferiu-se que a crescente expansão urbana tem gerado modificações em diversos aspectos físicos naturais do PEB, com destaque à Superfície Tabular (identificada como área de recarga de aquífero), o que deflagra o rebaixamento do lençol freático e reduz a infiltração das águas precipitadas. O Parque Estadual do Bacanga tem como principal necessidade a aplicação de um Plano de Manejo adequado e fiscalização precisa dos órgãos competentes estaduais, uma vez que o manancial em sua área é responsável pelo abastecimento de 20% da população municipal e tem como umas das suas características a atuação de regulador da temperatura na área.

Palavras-chave: Uso e cobertura da terra; Parque Estadual do Bacanga; Crescimento Populacional.

Abstract: The main objective of this article is to analyze the dynamics of land use and cover between the years 1985 and 2022 in Bacanga State Park, São Luís – MA. To achieve the proposed objective, the following steps were carried out: bibliographic and cartographic survey; spatialization of land use and cover through the Annual Mapping Project of Land Use and Cover in Brazil – MapBiomas, collection 8; analysis and discussion of data in a comparative way, considering the quantified changes and correlating them to the associated historical process. The main changes related to the reduction of areas refer to the classes Forest Formation (-154.64 ha), Savanna Formation (-12.77 ha), Mangrove (-8.61 ha), Campestre Formation (-19.07 ha) and the Bodies of Water (-43.76 ha). In relation to the territorial increase, it occurred mainly in the Pasture (+219.05 ha) and Urbanized Area (+31.51 ha) classes. These changes are associated with the population growth of the municipality of São Luís. Thus, it was inferred that the growing urban expansion has generated changes in several natural physical aspects of the PEB, with emphasis on the Tabular Surface (identified as an aquifer recharge area), which triggers the lowering of the water table, resulting from the incipient infiltration of precipitated waters. The Bacanga State Park's main need is to apply an adequate Management Plan and precise supervision by the competent state bodies, since the spring in its area is responsible for supplying 20% of the municipal population and has as one of its characteristics acting as a temperature regulator in the area.

Keywords: Land use and coverage; Bacanga State Park; Population growth.

INTRODUÇÃO

A análise do uso e cobertura da terra têm adquirido grande notoriedade nos últimos anos na perspectiva ambiental e social, principalmente quando direcionada à análise das áreas protegidas, fato

que justifica-se pela vasta produção científica encontrada em livros, periódicos e banco de dados de monografias, dissertações e teses. Em decorrência do uso e constante aprimoramento das técnicas utilizadas para quantificação e avaliação das alterações identificadas na variável em questão, este tema tornou-se um pilar para o planejamento ambiental e a conservação.

Santana (2021), fundamentando-se em Fujimoto (2005), destaca que a intensa ocupação inadequada dos recursos naturais provenientes da expansão urbana acelerada se apresenta como um estímulo ao desenvolvimento de pesquisas sobre este tema, visto que a aglomeração humana e as atividades a ela relacionada deflagram a interrupção do funcionamento do ambiente natural.

Bensusan (2006) elenca que a natureza é dinâmica, pois no decorrer do tempo e do espaço, em função da presença ou ausência de determinados fatores, a biodiversidade se transforma. Estas transformações relacionam-se com a composição local de espécies, no aparecimento e desaparecimento de ecossistemas e nas mudanças nas paisagens. Assim, a dinâmica das áreas protegidas está inter-relacionada a estes processos que não podem deixar de ser considerados, sejam em conjunto ou de forma unitária.

A literatura especializada corrobora que a implantação de áreas protegidas tem sido uma das principais estratégias para conservação da biodiversidade em todo o mundo. Porém, diversas pesquisas têm demonstrado que as áreas protegidas estão passando por pressões antrópicas, resultantes da intensa atividade agropecuária e a crescente expansão urbana.

Assim, as pesquisas relacionadas ao uso e cobertura da terra se tornaram componentes centrais nas estratégias atuais para o gerenciamento de áreas protegidas, relacionadas aos recursos naturais e ao monitoramento das alterações ambientais, pois as mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra, sobretudo nas últimas décadas, têm sido aceleradas, despertando interesse e preocupação dentro e fora do meio científico, conforme aponta Santana, França e Avelar (2023).

Relacionado às áreas protegidas, tem-se:

> A análise da dinâmica de uso e cobertura do solo de áreas protegidas tem sido objeto de diversos estudos em escalas locais, regionais e globais, discutindo a eficácia dessas áreas segundo suas estratégias de gerenciamento, políticas públicas locais e regionais, localização geográfica, categoria de restrição de uso e contextos sociais e econômicos envolvidos (Veloso et. al, 2022, p. 3).

Sousa e Santos (2020) alicerçados nas proposições de Jusys (2016) e Schulze et al. (2018), corroboram que as áreas protegidas são espaços criados e definidos legalmente com o intuito de garantir a proteção de um acervo genético, biótico, abiótico e social com características naturais relevantes e que sejam estrategicamente indispensáveis à promoção do desenvolvimento sustentável de uma região, buscando minimizar as interferências antrópicas em seus limites.

As áreas protegidas estão sob constantes ameaças, principalmente ao tratá-las como as formas mais comuns de proteção da biodiversidade, dos ecossistemas e paisagens (Bailey et al., 2016). As ameaças a estas áreas em sua grande maioria são decorrentes de atividade antrópicas, em consequência da exploração direta dos recursos, ou por constantes modificações nas regiões circundantes (ocupação irregular), podendo provocar a degradação ou prejuízos ao equilíbrio natural e a biodiversidade (Schulze et al., 2018).

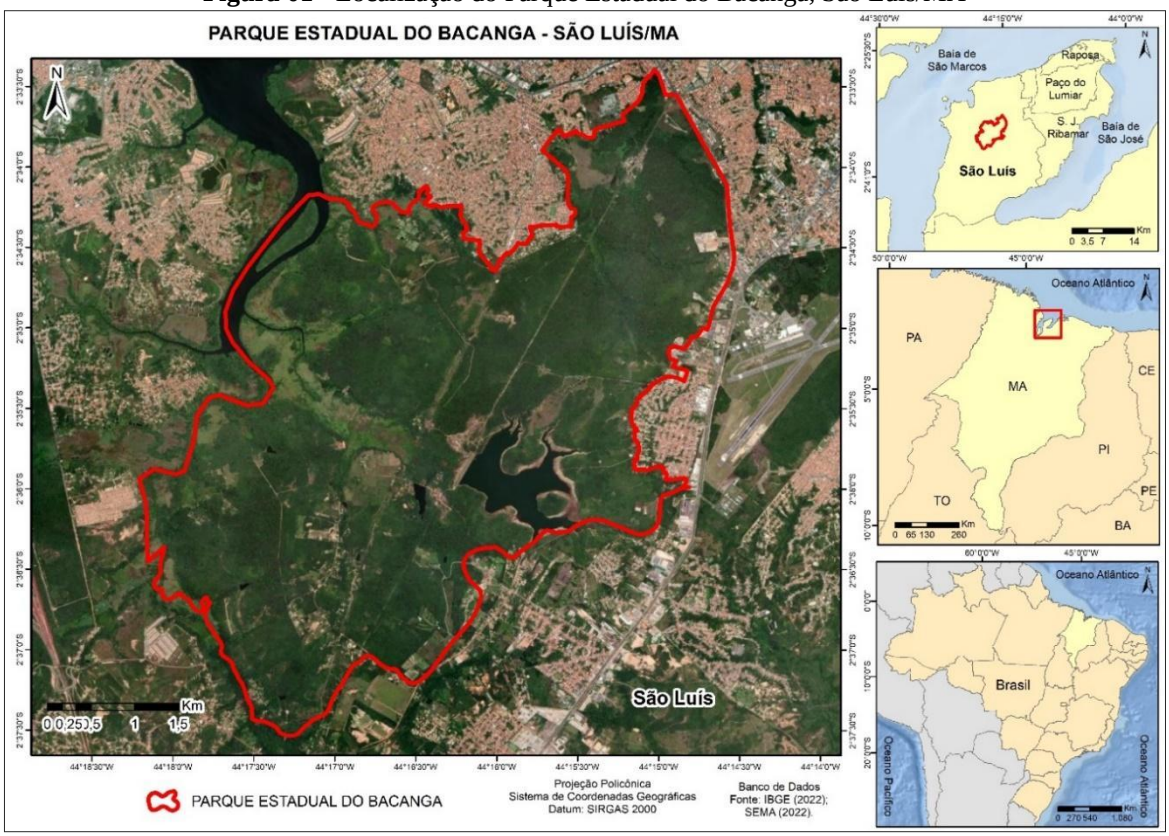
Diante disso, a mudança do uso da terra no entorno de áreas protegidas tem diminuído sua capacidade de conservação e manutenção de processos ecológicos (Lima e Ranieri, 2018), seja pela perda ou isolamento de habitats. Principalmente ao se perceber que as interações entre os usos humanos dados ao espaço físico e as práticas de preservação dos ecossistemas tornaram-se mais complexas, em especial devido à expansão urbana em torno do processo de gestão (Sousa e Santos, 2020). Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo principal analisar a dinâmica do uso e cobertura da terra entre os anos 1985 e 2022 no Parque Estadual do Bacanga, São Luís/MA.

Caracterização da área de estudo

O Parque Estadual do Bacanga – PEB localiza-se na porção oeste do município de São Luís com 2.694,00 ha. Abrange a área territorial da Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga, encontra-se inserido nos limites do Bioma Amazônico e no seu interior tem-se um importante manancial para a área municipal

em questão, denominado Sistema Produtor do Batatã (represa), que é um dos responsáveis pelo abastecimento de água potável do município (Figura 01).

Figura 01 - Localização do Parque Estadual do Bacanga, São Luís/MA



Fonte: Autores (2023).

Segundo Morais (2018), o contexto geoambiental do PEB estrutura-se da seguinte forma: a geologia, compreende as classes litoestratigráficas do Grupo Barreiras e a Formação Açuí (Depósitos Aluvionares e Depósitos de Mangue); as unidades de relevo constituem-se das Superfícies Tabulares, Colinas Dissecadas, Planície Fluvial e Planície Fluviomarinha; os solos ocorrentes na área são os Argissolos Vermelho-amarelos, Neossolos Regolíticos, Gleissolos e Gleissolos Tiomórficos; e a hipsometria da área compreende altitudes que variam de 0 a 58 metros.

MATERIAL E MÉTODO

Para estruturação da pesquisa foi necessário a realização de diversos procedimentos que subsidiaram o alcance do objetivo proposto, sendo eles: levantamento bibliográfico, onde foram consultados livros, periódicos, monografias, dissertações e teses sobre a temática abordada; o levantamento cartográfico foi realizado por meio de aquisição de dados vetoriais provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Estado do Maranhão. E por fim, a análise e discussão dos dados de forma comparativa, considerando as alterações quantificadas e correlacionando-as ao processo histórico associado. A espacialização do uso e cobertura da terra entre os anos de 1985 e 2022 do Parque Estadual do Bacanga foi estruturado por meio da obtenção dos dados matriciais do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil – MapBiomas, coleção 8, referente ao município de São Luís. Estes dados foram produzidos a partir das imagens de satélite *Landsat* com resolução de 30 metros, que foram submetidas a uma classificação de pixel a pixel por meio de extensivos algoritmos provenientes da aprendizagem de máquina (*machine learning*) através da plataforma *Google Earth Engine*.

O tratamento dos dados foi realizado em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, especificamente no *software ArcGis® for Desktop Advanced*, versão 10.8, de licença estudantil. Após a aquisição dos dados, realizou-se a extração dos dados relativos à área objeto de estudo, com a utilização

das seguintes ferramentas: *ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Extraction – Extract by Mask*. Em seguida efetuou-se a categorização das classes uso e cobertura da terra através das propriedades do dado gerado da seguinte forma: *Layer properties – Symbology – Categories – Unique values – Value field – Add all values*. A partir destas etapas foi possível a identificação da dinâmica das classes da área em análise (Tabela 01), que serão discutidas no próximo item.

Tabela 01 – Descrição das classes de uso e cobertura da terra do Parque Estadual do Bacanga

Uso e cobertura da terra do Parque Estadual do Bacanga		
Classes		**Descrição**
Floresta	Formação Florestal	Floresta Ombrófila Densa, Formações Pioneiras, áreas que sofreram ação do fogo ou exploração madeireira, Floresta resultante de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial de vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes de vegetação primária;
	Formação Savânica	Formação vegetal aberta com um estrato arbustivo e/ou arbóreo mais ou menos desenvolvido, estrato herbáceo sempre presente;
	Mangue	Formações florestais, densas, sempre-verdes, frequentemente inundadas pela maré e associadas ao ecossistema costeiro de Manguezal;
	Floresta Alagável	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial estabelecida ao longo dos cursos de água, ocupa as planícies e terraços periodicamente ou permanentemente inundados, que na Amazônia constituem fisionomias de matas-de-várzea ou matas-de-igapó, respectivamente;
Formação Natural não Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa	Vegetação de várzea ou campestre que sofre influência fluvial e/ou lacustre;
	Formação Campestre	Savana, Savana Gramíneo-Lenhosa, Campinarana, para regiões fora do Ecótono Amazônia/Cerrado;
Agropecuária	Pastagem	Áreas de pastagem predominantemente plantadas, diretamente relacionadas à atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural, por sua vez, são predominantemente caracterizadas como formações campestres ou campo alagado, podendo ser submetidas ou não a práticas de pastejo. Na Amazônia, podem ocorrer áreas desmatadas recentemente, sem ainda ter iniciado a atividade agropecuária;
Área Não Vegetada	Área Urbanizada	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura;
Corpos d'Água	Rio ou Lago	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.

Fonte: Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil – MAPBIOMAS (2022).

RESULTADO E DISCUSSÃO

A literatura especializada indica que o processo de institucionalização do Parque Estadual do Bacanga - PEB iniciou-se em 1944, quando o Presidente da República Getúlio Vargas, através do Decreto Federal 6.833, de 26 de agosto de 1944, definiu a área do parque como "Floresta Protetora dos Mananciais da Ilha de São Luís".

Após 36 anos que o Parque Estadual do Bacanga foi criado pelo Decreto Estadual nº 7.545, de 7 de março de 1980, com uma área inicial de 3.075 (três mil e setenta e cinco hectares), objetivando a preservação dos recursos naturais de grande relevância ecológica, foram possibilitadas a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, na recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (Morais, 2018). A autora supramencionada destaca que o processo de delimitação da área protegida em questão passou por diversas alterações em função da crescente expansão urbana do município de São Luís, que submeteu a área do parque à ações devastadoras tanto pelo poder público quanto pela iniciativa privada, fatos estes que promoveram o aparecimento e a consolidação de áreas urbanas, que posteriormente receberam serviço de infraestrutura básica, relacionados a água e luz e algumas áreas com pavimentação asfáltica e saneamento básico.

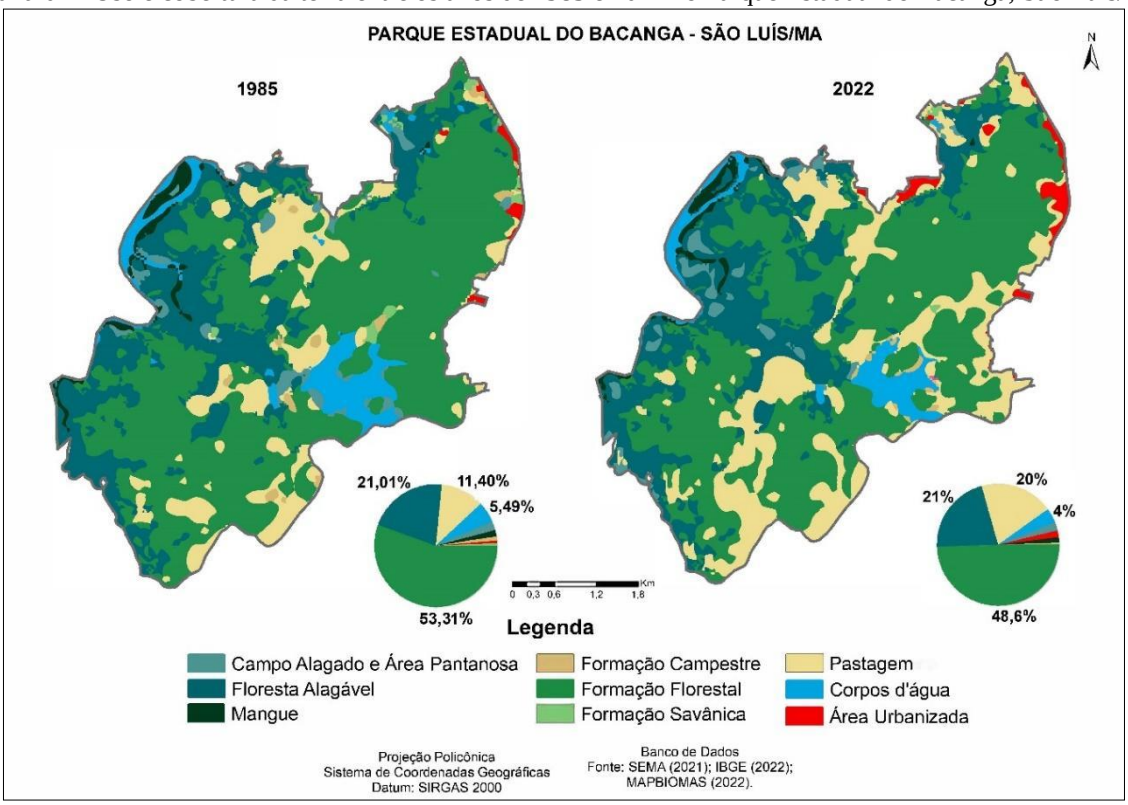
Entre as principais tratativas oriundas da questão territorial do PEB, destacam-se o decreto de criação já mencionado, o Decreto Estadual nº 9.550 em 10 de abril de 1984 (excluiu as áreas definitivas e irreversivelmente ocupadas ou usadas por terceiros e direciona às famílias carentes, estabelecendo novos limites); a Lei Estadual nº 7.712 em 14 de dezembro de 2001 (em decorrência da expansão urbana acelerada e da não homologação do plano de manejo, foi proposto uma nova redução dos seus limites);

por fim, através da Lei nº 11.343, de 29 de setembro de 2020, tem-se a redefinição da área e estabelece a decisão de que não será permitida a expansão das áreas ocupadas e excluídas, assim como a construção de moradias ou outra forma de ocupação que venham atingir a área do Parque. Esta lei enfatiza que o parque tem como por objetivos, dentre outros legalmente previstos, a conservação e preservação do manancial subterrâneo e corpos hídricos superficiais, especialmente o Reservatório Batatã e o Rio da Prata, a preservação de áreas naturais como testemunho das condições primitivas da flora e da fauna, bem como os resquícios da Floresta Pré-Amazônica na Ilha Upaon-Açu, com sua biodiversidade e sítios arqueológicos, e a manutenção de ambientes naturais favoráveis ao desenvolvimento de atividades humanas de caráter científico, educativo e recreativo.

Os processos históricos sobre o estabelecimento dos limites do PEB, assim como as discussões geradas no entorno das suas redefinições territoriais, correlacionam-se ao crescimento populacional desordenado do município de São Luís e à falta/aplicação do Plano de Manejo. Em relação ao Plano de Manejo, Pereira (2006) destacou que a sua primeira versão foi criada em 1992, com o intuito de preservar a área. No entanto, sua implantação mostrou-se ineficaz frente ao elevado nível de degradação presente nas áreas do Parque (construção de moradias desordenadamente; extração mineral, desmatamento, queimadas, etc.). Morais (2018) ressalta que no ano de 2002, dez anos depois, mesmo com toda pressão sofrida, o PEB teve seu Plano de Manejo revisado.

Neste sentido, pesquisas direcionadas à análise do uso e cobertura do Parque são fundamentais para identificação e quantificação das mudanças temporais, visto que trata-se de uma área protegida, que abriga mananciais, fauna e flora; e está assegurada pela legislação federal e estadual. A espacialização do uso e cobertura da terra entre os anos de 1985 e 2022 do Parque Estadual do Bacanga possibilitou a identificação de nove classes presentes na área, a saber: campo alagado e área pantanosa; floresta alagável; mangue; formação campestre, florestal e savânica; pastagem; corpos d'água; e área urbanizada (Figura 02).

Figura 02 - Uso e cobertura da terra entre os anos de 1985 e 2022 no Parque Estadual do Bacanga, São Luís/MA



Fonte: Autores (2023).

Entre as classes supracitadas, as que mais passaram por alterações, no que diz respeito a sua abrangência foram: Formação Florestal (-154,64 ha), Formação Savânica (-12,77 ha), Mangue (- 8,61 ha), Formação Campestre (-19,07 ha) e os Corpos d'Água (- 43,76 ha), conforme indica a tabela 02. As alterações destas classes sucederam-se de forma inadequada, pois a localidade em análise configura-se

como uma Área de Proteção Integral e um dos seus objetivos é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, de acordo com Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

Tabela 02 - Dados do uso e cobertura da terra do Parque Estadual do Bacanga

Uso e cobertura da terra do Parque Estadual do Bacanga, São Luís/MA				
Classes	**1985**		**2022**	
	Valor absoluto (ha)	Valor relativo (%)	Valor absoluto (ha)	Valor relativo (%)
Formação Florestal	1.489,64	55,31	1.335	48,6
Formação Savânica	17,28	0,63	4,51	0,5
Mangue	47,2	1,74	38,59	1
Floresta Alagável	566,16	21,01	570,18	21
Campo Alagado/Área Pantanosa	61,98	2,30	59,89	2
Formação Campestre	28,83	1,08	9,76	0,9
Pastagem	306,62	11,40	525,67	20
Área Urbanizada	17,61	0,67	49,12	2
Corpos d'Água	148,3	5,49	104,54	4
Total	**2.694,00**	**100**	**2.694,00**	**100**

Fonte: Autores (2023).

A lei supracitada institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, estabelecendo os critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Assim, atribui as áreas de proteção integral a função de manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitindo apenas o uso indireto dos seus atributos naturais. A redução dos Corpos d'Água estão interrelacionados ao desmatamento indevido e principalmente ao crescimento quantitativo da população do município de São Luís, que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2023), por meio do Censo Demográfico do ano de 2022, é de 1.037.775 habitantes, o que resulta em uma densidade demográfica de 1.779,87 hab/km^2 (Tabela 03). O Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2020), ao analisar a Geodiversidade da ilha do Maranhão, define as áreas adjacentes ao limite do Parque Estadual do Bacanga como Urbano de baixa, média e alta densidade.

Tabela 03 – População nos Censos Demográficos, segundo os municípios das capitais - 1872/2010

Estado	**Capital**	**1872[1]**	**1890[1]**	**1900[1]**	**1920[1]**	**1940[1]**	**1950[1]**	**1960[2]**
Maranhão	São Luís	31.604	29.308	36.798	52.929	85.583	119.785	159.628
Estado	**Capital**	**1970[2]**	**1980[2]**	**1991[3]**	**2003[3]**	**2010[3]**	**2022[3]**	**-**
Maranhão	São Luís	270.651	460.320	695.199	868.047	1.014.831	1.037.775	-

*****(1) População presente. (2) População recenseada. (3) População residente

Fonte: Censo Demográfico 1872/2022 – IBGE (2023) / Adaptado de Santana, Silva e França (2019).

De acordo com o órgão governamental citado, a classe de Urbano de baixa densidade refere-se à ocupação incipiente, no entorno das áreas de média densidade, que representam zonas de expansão urbana, de baixa densidade populacional, com vilas e vilarejos, loteamentos em processo de ocupação, áreas mistas de residências e pequenas chácaras ou sítios. Já a categoria Urbano de média densidade relaciona-se à ocupação mais espaçada, mais residencial, média densidade populacional, com a presença de vegetação em terrenos baldios e quintais, com menor índice de pavimentação das ruas, o que significa a presença de infiltração de parte das águas pluviais.

No que diz respeito a classe de Urbano de alta densidade, equivalem às áreas de urbanização consolidada, correspondendo às localidades mais adensadas, onde o revestimento do solo, e consequente

impermeabilização, representam a quase totalidade da superfície ocupada, prevalecendo o escoamento superficial das águas pluviais. São bairros com uso residencial ou misto (comércio, serviços e residências), de alta densidade populacional, com pouca ou nenhuma vegetação e ruas pavimentadas na sua grande maioria (Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2020).

Esta dinâmica tem proporcionado alterações significativas nos setores de Superfície Tabular a leste do PEB, sendo estas localidades caracterizadas como áreas de recarga de aquífero, em virtude das suas características físicos naturais, no entanto, a intensa atividade humana e incisivas alterações nos componentes geoambientais têm promovido a redução da infiltração das águas pluviais, o que influencia diretamente os Corpos d'Água da área objeto de estudo. Correlacionado a este prognóstico, associa-se a esta conjectura o desmatamento e a queimada ilegais, como aponta a redução das categorias relacionadas à vegetação.

Observou-se que as classes Pastagem (+219,05 ha) e Área Urbanizadas (+ 31,51 ha) obtiveram um acréscimo significativo. Em relação à Pastagem, estas áreas podem estar relacionadas a áreas de formação campestre ou que foram desmatadas recentemente. Morais (2018) identifica esta categoria como solo exposto e relata que aparece nas proximidades de áreas com ocupações onde acontecem a extração de areia, silte, argila e laterita para construção civil, indevidamente; ou relacionam-se às estradas vicinais, queimadas e desmatamento principalmente para cultivo.

As Áreas Urbanizadas inter-relacionam-se à expansão urbana, na área do PEB essa classe tem-se espraiado gradativamente ao longo dos anos em virtude do crescimento populacional não direcionado. Fato este que tem ocasionado a apropriação e ocupação inadequada da área do Parque Estadual do Bacanga e gerado diversos impactos de ordem social e ambiental. Notou-se o crescimento dos bairros da Vila Conceição na porção centro-norte e do Tibiri na porção centro-leste da área, o que pressupõe o avanço do desmatamento e a apropriação irregular da área protegida.

CONCLUSÃO

O Parque Estadual do Bacanga, ao longo dos anos, passou por diversas modificações relacionadas à sua delimitação em decorrência do crescimento populacional do município de São Luís e, principalmente, pela falta e implantação do Plano de Manejo de forma adequada que contemple os aspectos socioambientais da área. A análise do uso e cobertura da terra entre os anos de 1985 e 2022 aponta as classes que mais passaram por transformações significativas, a saber: Formação Florestal (-154,64 ha), Formação Savânica (-12,77 ha), Mangue (- 8,61 ha), Formação Campestre (-19,07 ha) e os Corpos d'Água (- 43,76 ha). As modificações identificadas ocorreram de maneira irregular, uma vez que a área objeto de estudo caracteriza-se como uma Área de Proteção Integral. Esta dinâmica tem sido deflagrada pelo aumento populacional da área municipal em questão, onde a população de baixo poder aquisitivo e pessoas que ocupam essas áreas para posteriormente realizar a venda de forma irregular têm degradado, ao longo dos anos, a área objeto de estudo.

As classes Pastagem (+219,05 ha) e Área Urbanizadas (+31,51 ha) obtiveram um acréscimo significativo em razão da atuação humana no Parque, relacionando-se às práticas ilegais de desmatamento e queimadas. Deste modo, inferiu-se que a crescente expansão urbana tem gerado modificações em diversos aspectos físicos naturais do PEB, com destaque à Superfície Tabular (identificada como área de recarga de aquífero), o que deflagra o rebaixamento do lençol freático, resultante da incipiente infiltração das águas precipitadas. O Parque Estadual do Bacanga tem como principal necessidade a aplicação de um Plano de Manejo adequado e fiscalização precisa dos órgãos competentes estaduais, uma vez que o manancial em sua área é responsável pelo abastecimento de 20% da população municipal e tem como umas das suas características a atuação de regulamentador da temperatura da Ilha do Maranhão.

Assim, o desenvolvimento de pesquisas direcionadas à análise do uso e cobertura da terra são de grande importância, principalmente quando direcionada às áreas protegidas. Essa prática consiste em identificar e classificar as diferentes formas de uso e cobertura da terra, permitindo uma análise abrangente das atividades humanas inter-relacionadas à dinâmica dos ecossistemas naturais. Logo as alterações identificadas no Parque Estadual do Bacanga carecem de um olhar criterioso dos órgãos ambientais responsáveis pela sua gestão, buscando minimizar e interceptar a ocupação irregular na área, tendo em vista que a pesquisa evidenciou as modificações nas classes de uso no período analisado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILEY, K. M.; MCCLEERY, R. A.; BINFORD, M. W.; ZWEIG, C. (2016). Land-cover change within and around protected areas in a biodiversity hotspot. **Journal of Land Use Science**.

BENSUSAN, N. (2006). **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas**. FGV Editora.

FUJIMOTO, N. S. V. M. (2005). Considerações sobre o ambiente urbano: um estudo com ênfase na geomorfologia urbana. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, n.16, p. 76-80.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2023). **Censo Demográfico**. Material Digital, Rio de Janeiro.

JUSYS, T. (2016). Quantifying avoided deforestation in Pará: Protected areas, buffer zones and edge effects. **Journal for Nature Conservation**, v.33, p.10-17.

LIMA, E. A. C. F.; RANIERI, V. E. L. (2018). Land use planning around protected areas: Case studies in four state parks in the Atlantic forest region of southeastern Brazil. **Land Use Policy**, v.71, p.453-458.

Projeto MapBiomas. (2022). – Coleção [8] da **Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. Disponível em: https://mapbiomas.org/o-projeto. Acesso em: set. 2023.

MORAIS, M. S. (2018). **Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís – MA**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Brasil.

PEREIRA, E. D. (2006). **Vulnerabilidade à contaminação do solo e aquífero do Reservatório Batatã - São Luís (MA)**. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente, IGCE/UNESP, Rio Claro – SP.

SANTANA, R. G.; SILVA, Q. D.; FRANÇA, D. V. B. (2019). Análise espacial em áreas de inundações na sub-bacia hidrográfica do riacho do Angelim, São Luís - MA. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, [s. L.], v. 21, n. 2, p. 502–520.

SANTANA, R. G. (2021). **Fragilidade ambiental do relevo à ocupação urbana na sub-bacia hidrográfica do riacho do Angelim, São Luís – MA**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Brasil.

SANTANA, R. G.; FRANÇA, D. V. B.; AVELAR, C. M. C. (2023). Dinâmica do uso e cobertura da terra entre os anos 1985 e 2021 na bacia hidrográfica do rio Preguiças – MA, Brasil. **Revista GeoFronter**, v. 9, n. 1.

Serviço Geológico do Brasil – CPRM. (2020). **Geodiversidade da ilha do Maranhão**. Teresina: CPRM.

SOUSA, J. S.; SANTOS, E. M. (2020) Dinâmica da mudança do uso e cobertura da terra em uma paisagem da Caatinga protegida e sua zona de amortecimento. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 219-234.

SCHULZE, K.; KNIGHTS, K.; COAD, L.; GELDMANN, J.; LEVERINGTON, F.; EASSOM, A.; MARR, M.; BUTCHART, S. H. M.; HOCKINGS, M.; BURGESS, N. D. (2018). An assessment of threats to terrestrial protected areas. **Conservation Letters**, v.11, p.e12435.

VELOSO, M. D. D. M.; BRASIL, M. C. O.; MAGALHÃES FILHO, R.; LEITE, M. E.; FRAZÃO, L. A.; SILVA, J. W. V.; do Espírito Santo, M. M. (2022). Dinâmica Espaço Temporal da Cobertura e Uso do Solo em Unidades de Conservação no Norte de Minas Gerais, Brasil, entre 1986 e 2015. **Biodiversidade Brasileira**, v. 12, n. 2.

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL EM ÁREAS DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL

Erica Kerolaine Mendonça dos Santos [(a)], Ana Pâmela Tavares Mendonça [(b)], João Paulo de Lima Alves [(c)], Thiago Augusto da Cunha [(d)]

[(a)] Mestranda em Ciência Florestal pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal do Acre - UFAC erica.kerolaine@ufac.br;
[(b)] Mestranda em Ciência Florestal pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal do Acre - UFAC, ana.mendonca@sou.ufac.br;
[(c)] Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Acre - UFAC, jp-lliima@hotmail.com;
[(d)] Professor adjunto III do Curso de Engenharia Florestal e do Mestrado em Ciência Florestal da Universidade Federal do Acre – UFAC, dacunha@ufac.br.

Resumo: Os estudos relacionados às mudanças na dinâmica da vegetação e os fatores que a influenciam são de grande importância, na área de manejo florestal auxilia na melhoria da tomada de decisões quanto às práticas de exploração florestal e o impacto causado por tal atividade, permitindo assim o monitoramento da qualidade do ambiente ecológico sob regime de manejo florestal sustentável madeireiro. Portanto, com base em NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) este estudo buscou analisar a cobertura florestal em duas unidades de produção anual (UPA), exploradas no estado do Acre, para verificar as transformações ocorridas após a exploração de madeira ao longo do tempo e auxiliar o órgão ambiental na tomada de decisão. Nossos resultados evidenciaram que o planejamento florestal influencia na manutenção ou não das áreas de pousio até o próximo ciclo de corte.

Palavras-chave: NDVI; Amazônia; Exploração Florestal.

Abstract: Studies related to changes in the dynamics of vegetation and the factors that influence it are of great importance, in the area of forest management it helps to improve decision-making regarding forestry exploitation practices and the impact caused by such activity, thus allowing monitoring of the quality of the ecological environment under a sustainable timber forest management regime. Therefore, based on NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), this study sought to analyze forest cover in two annual production units (UPA), exploited in the state of Acre, to verify the transformations that occurred after timber exploitation throughout of time and assist the environmental agency in decision making. Our results showed that forestry planning influences whether or not fallow areas will be maintained until the next cutting cycle.

Keywords: NDVI; Amazon; Forest Exploration.

1. INTRODUÇÃO

A gestão florestal é um dos principais focos da política global, devido a mudanças ambientais globais e outros fatores correlatos. Nesse contexto, a probabilidade de conversão da cobertura florestal para outros usos da terra, como a prática de pecuária extensiva e o desmatamento, torna-se uma ameaça premente. Essa transição compromete os ciclos de manejo florestal, colocando em risco a sustentabilidade dessa área. (Silva, 2022).

No Brasil, destaca-se a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, instituída pela Lei nº 12.651 em 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012). Essa legislação visa assegurar a sustentabilidade das atividades relacionadas às florestas nativas. Adicionalmente, cada estado possui regulamentações específicas voltadas para o planejamento, execução, monitoramento e fiscalização dessas atividades. Esse arcabouço legal desempenha um papel fundamental ao fornecer suporte para gestores florestais e órgãos competentes, contribuindo para a melhoria da qualidade gerencial, manutenção da floresta e promoção do uso múltiplo de seus produtos.

A gestão florestal assume uma abordagem multifuncional, sendo imperativo integrar a produção

madeireira e a conservação da biodiversidade para alcançar a sustentabilidade na exploração florestal (Ezquerro, Díaz e Pardos, 2023). O Manejo Florestal Sustentável (MFS) com ênfase na produção madeireira representa uma prática rentável e amplamente adotada no Brasil, especialmente para a região Amazônica. Essa atividade é realizada em ciclos periódicos, visando preservar a resiliência florestal e garantir a conformidade com os preceitos e legislações ambientais vigentes, mantendo, assim, a periodicidade cíclica essencial para a sustentabilidade da atividade. (Rodrigues *et al.*, 2022).

O Brasil apresenta uma produção anual expressiva de aproximadamente 80 milhões de m³ de madeira, sendo cerca de 48% desse volume é proveniente de florestas nativas, destacando-se principalmente no domínio fitogeográfico amazônico (Rodrigues *et al*., 2022). As estratégias de exploração madeireira no país são respaldadas por legislação que adota ciclos periódicos de 25 a 35 anos, incorporando considerações sobre a taxa de regeneração (0,86 m³/ano) e empregando técnicas de impacto reduzido, todas alinhadas às normativas em vigor no Brasil (Brasil, 2012; Rodrigues et al., 2022; Acre, 2008).

Embora as normas vigentes devam ser rigorosamente cumpridas, observa-se a existência de áreas onde as condicionantes de atividades pós-exploratórias não são devidamente atendidas. Essa lacuna pode resultar na conversão inadequada de áreas durante o período destinado ao pousio, entrando em desacordo com o termo de manutenção da floresta manejada, uma prerrogativa fundamental do MFS (Alves, 2023). O desafio reside em garantir a conformidade integral com as normativas, fortalecendo as práticas de manejo florestal sustentável e assegurando a preservação a longo prazo dos preciosos ecossistemas florestais do Brasil.

No estado do Acre, o Manejo Florestal Sustentável é uma prática amplamente adotada, com um considerável número de áreas licenciadas. No entanto, a fiscalização enfrenta desafios relacionados ao reduzido quadro de funcionários. Diante desse cenário, este estudo foi desenvolvido em parceria com o Instituto de Meio Ambiente do Acre (IMAC), órgão responsável pelo licenciamento ambiental no estado, para responder à seguinte indagação: as áreas após exploração madeireira estão em pousio? Visando superar essas limitações, ferramentas tecnológicas foram empregadas para a análise do dossel, com ênfase no uso do sensoriamento remoto. Essa abordagem permite identificar áreas prioritárias, contribuindo assim, para a eficiência do processo de fiscalização.

Este estudo concentrou-se na análise da evolução temporal e estabilidade do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com o propósito de avaliar a cobertura florestal de duas Unidades de Produção Anual (UPAs) exploradas no Acre. As UPAs em questão foram submetidas à exploração nos anos de 2012 (UPA 1) e 2014 (UPA 2). Os objetivos primários deste estudo foram (I) detectar transformações na cobertura florestal ao longo do tempo após a exploração madeireira, considerando como limite temporal o ano de 2022, e (II) quantificar a área de cobertura florestal em classes de vegetação para uma avaliação mais aprofundada da qualidade dessa cobertura. A metodologia adotada busca fornecer contribuições relevantes para a compreensão do estado pós-exploração, destacando-se como uma ferramenta valiosa para aprimorar a eficácia da gestão florestal sustentável na região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

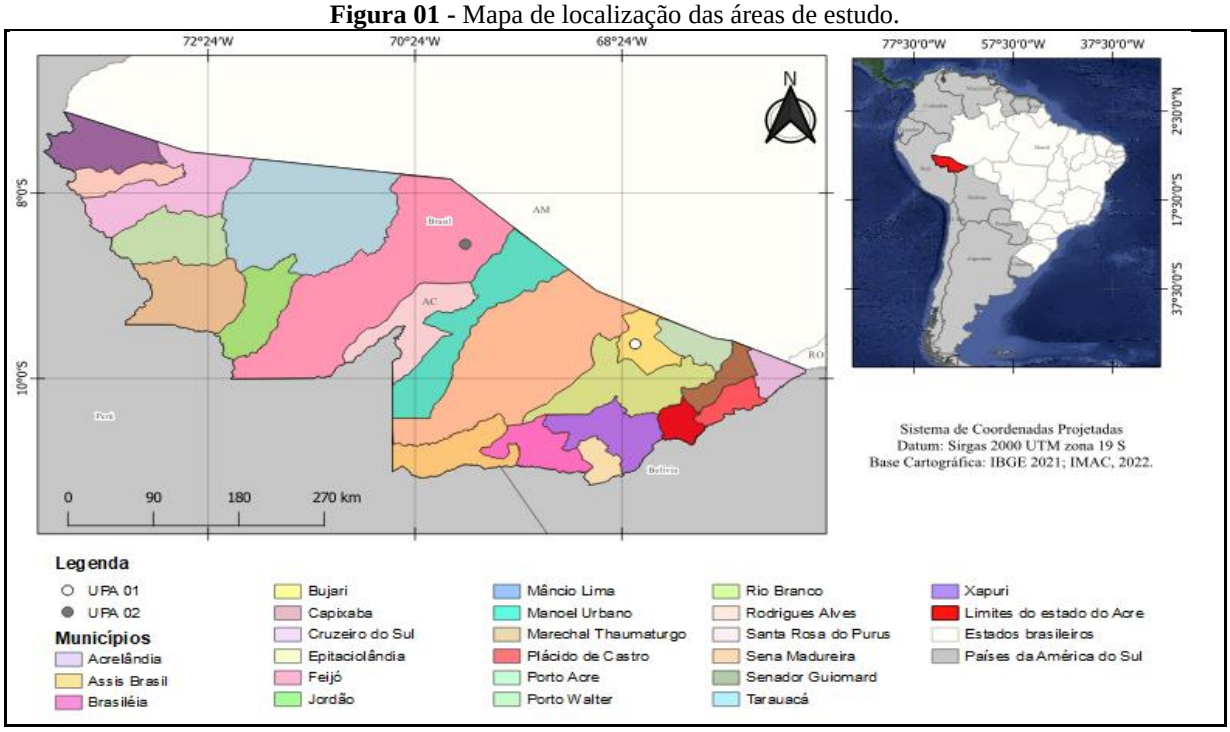
2.1 Área de estudo

As áreas de estudo foram selecionadas de forma aleatória com base nos registros de autorizações obtidos no Instituto do Meio Ambiente do Acre, conforme documentação oficial registrada sob o ofício número 886/2022/IMAC. Para a avaliação da cobertura florestal, foram consideradas as unidades de produção anual com um mínimo de quatro anos desde a conclusão da exploração. A UPA 01, selecionada como a primeira área de estudo, foi explorada no ano de 2012, enquanto a UPA 02, a segunda área de estudo, foi explorada no ano de 2014.

A UPA 01, situada no município de Bujari - Acre, destaca-se pela sua classificação como floresta aberta de terras baixas com palmeiras, abrangendo uma extensão total de 758,30 hectares. Este tipo de floresta é caracterizado por sua vegetação mais espaçada e pela presença significativa de palmeiras na paisagem.

No que concerne a UPA 02, esta está localizada no município de Feijó - Acre, apresentando tipologias diversas, como floresta aberta de terras baixas com palmeiras, floresta aberta terras baixas com bambu e floresta aluvial com palmeiras. Sua área total é de 200,00 hectares.

Figura 01 - Mapa de localização das áreas de estudo.



Fonte: Autores (2023).

2.2 Procedimentos metodológicos

Foram empregadas imagens *Landsat* para a avaliação da cobertura florestal nas áreas de estudo. A série *Landsat* destaca-se em estudos de séries temporais devido à sua elevada resolução temporal, possibilitando análises em diversos temas, como classificação do uso do solo e revegetação (Eckert *et al*., 2015). Especificamente, neste estudo, foram utilizadas imagens dos satélites *Landsat* 8 e *Landsat* 9 para modelagem e obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

O NDVI, como índice de diferença normalizada, representa a capacidade fotossintética ativa (PAR) por folhas verdes e está diretamente relacionado à fotossíntese e, por conseguinte, ao crescimento das plantas. Portanto, trata-se de um índice global adequado para análise do dossel (Poveda e Salazar, 2004).

2.2.1 *Obtenção e caracterização das imagens de satélite utilizadas*

Para a análise, utilizou-se o produto *Landsat Collection 1 Level-2*, proveniente dos satélites *Landsat* 8 e 9, com a aplicação de um filtro de 10% para a faixa de cobertura de nuvens. Foram adquiridas duas imagens para cada área de estudo, em momentos estrategicamente definidos: duas imagens logo após a fase de exploração e mais duas imagens correspondentes ao ano de 2022. Este procedimento resultou em um total de quatro imagens para cada UPA. As informações referentes aos satélites utilizados e o período de aquisição estão descritos no quadro a seguir.

Quadro 1 – Dados dos satélites utilizados e datas de aquisição para as imagens utilizadas neste estudo.

UPA	**Satélite – Data de aquisição (Pós exploração)**	**Satélite - Data de Aquisição (2022)**
01/2012	*Landsat* 8 – 31/07/2013	*Landsat* 9 – 14/06/2022
02/2014	*Landsat* 8 – 14/09/2015	*Landsat* 8 – 31/07/2022

Fonte: Autores (2023).

O cálculo do NDVI foi realizado utilizando as bandas espectrais correspondentes ao vermelho (R) e infravermelho próximo (NIR), específicas das bandas 4 e 5 dos satélites *Landsat* 8 e 9. Adicionalmente, na composição do estudo, incorporaram-se os arquivos vetoriais referentes às unidades de produção anual.

2.2.2 *Processamento de dados de entrada para geração de NDVI*

Para o processamento dos dados, adotamos técnicas de geoprocessamento utilizando o software livre QGIS 3.28.4, o qual proporcionou resultados consistentes para a compreensão e análise da temática em questão. Na fase inicial, realizamos a importação das imagens, seguida pela reprojeção para o sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 – SIRGAS 2000, EPSG: 31979. Posteriormente, aplicamos o cálculo do NDVI utilizando a Calculadora raster do menu raster no QGIS, conforme procedimentos detalhados na equação 1 (Mendonça, Santos e Figueiredo, 2022).

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \qquad \text{Equação 1}$$

Em que: NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; NIR = banda do infravermelho próximo; R = banda do vermelho.

O índice mencionado possibilita a avaliação das transformações ao longo do tempo, analisando o comportamento da cobertura vegetal em relação ao solo. Isso viabiliza uma avaliação evolutiva da cobertura vegetal nos anos em análise (Costa, Ribeiro e Albuquerque, 2020).

O índice de vegetação empregado foi desenvolvido para elucidar as propriedades espectrais da vegetação, especialmente na região do visível e infravermelho próximo. Essas regiões buscam destacar o contraste espectral entre a vegetação e o solo, relacionando-se também aos parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, podendo caracterizar o índice de área foliar, biomassa, absorção de radiação fotossinteticamente ativa, além de identificar efeitos de iluminação e declividade da superfície que influenciam na reflectância da vegetação (Ponzoni; Shimabukuro, 2010).

Nesse contexto, Lourenço e Landim (2004) afirmam que a clorofila na faixa do vermelho absorve a radiação solar, resultando em baixa reflectância. Por outro lado, na faixa do infravermelho próximo, a morfologia interna das folhas e a estrutura da vegetação geram alta reflectância da radiação solar incidente.

A diferenciação das áreas de vegetação foi realizada por meio da aplicação da renderização de falsa-cor gradiente RdYIGn, proporcionando a visualização da intensidade das variações na área conforme as cores atribuídas. Valores mais baixos, próximos de -1, estão relacionados a tonalidades quentes, ao passo que valores mais altos estão associados à cor verde.

2.2.3 Classificação supervisionada das imagens NDVI

Após a obtenção do NDVI, os pixels foram classificados com base em sua coloração, utilizando o classificador *Gaussian Mixture Model* (GMM) ou Modelo de Mistura Gaussiana. Essa classificação foi realizada por meio de um processo supervisionado das imagens, empregando o *plug-in Dzetsaka* no QGIS. Após a classificação, a imagem resultante foi convertida para o formato vetorial, possibilitando a espacialização e contagem das áreas de acordo com as classes definidas pelo classificador.

A ocupação do solo foi classificada, tendo como base três classes temáticas (quadro 2), foram essas: vegetação densa, não floresta e vegetação esparsa, das quais foram definidas em função das suas características de visibilidade.

Quadro 2 - Descrição das classes temáticas da vegetação dentro das Unidade de Produção Anual exploradas para produção de madeira em tora.

Classes Temáticas	Descrição
II – Vegetação densa	Formações florestais com predomínio de espécies arbóreas, dossel denso.
II – Não Floresta	Áreas com predomínio de vegetação herbácea e/ou arbustiva, superfície sem vegetação e/ou solo exposto: pastagens, culturas anuais, edificações, vias e ramais.
III– Vegetação Esparsa	Formações florestais abertas, com indivíduos arbóreos menos abundantes: florestas secundárias, florestas abertas com bambu, formações florestais com estrato arbustivo predominante e sistemas agroflorestais.

Fonte: Pereira *et al*. (2020).

No menu "Vetor", foi selecionada a aba "Geoprocessamento" e, em seguida, a opção "Recortar". Dessa forma, a área do polígono foi extraída em uma nova camada. Posteriormente, essa camada foi dissolvida com base em seus atributos, conforme a classificação temática definida no Quadro 2. Por fim, a calculadora de campo da tabela de atributos, disponível no QGIS, foi utilizada para determinar a área individual de cada classe temática em hectares. Os resultados foram avaliados por meio da apresentação dos mapas elaborados e da análise descritiva da variável/índice de cobertura encontrado.

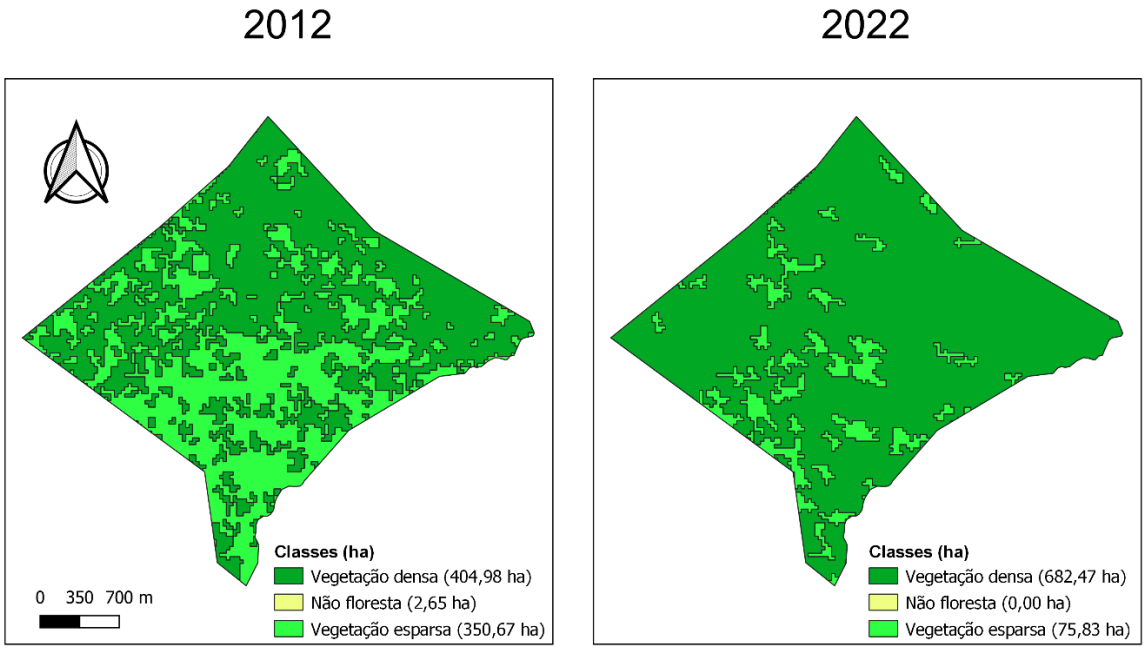
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos mapas elaborados a partir das imagens de satélite, foi possível observar usando o NDVI, o estado da cobertura florestal nos anos analisados. Ressalta-se que as tipologias dominantes nas áreas objeto de estudo apresentam rápido desenvolvimento quando o dossel apresenta clareira.

No que se refere à UPA 01, identificamos um ganho significativo de 277,49 hectares na classe temática de vegetação densa, enquanto as demais classes apresentaram redução em suas áreas correspondentes. É relevante notar que, uma década após, não foram observadas reflectâncias associadas à área de não floresta, sugerindo a ausência de conversão do uso do solo na área manejada.

Os resultados encontrados para a UPA 01 indicam que a dinâmica da vegetação natural foi mantida após finalizada as atividades de exploração na área, bem como perturbações antrópicas não foram identificadas, aquelas que elevam a área ocupada por classe temática de não floresta (Liu *et al*., 2023).

Figura 02 - Mapa de classificação NDVI da UPA 01 explorada em 2012.



Fonte: Autores (2023).

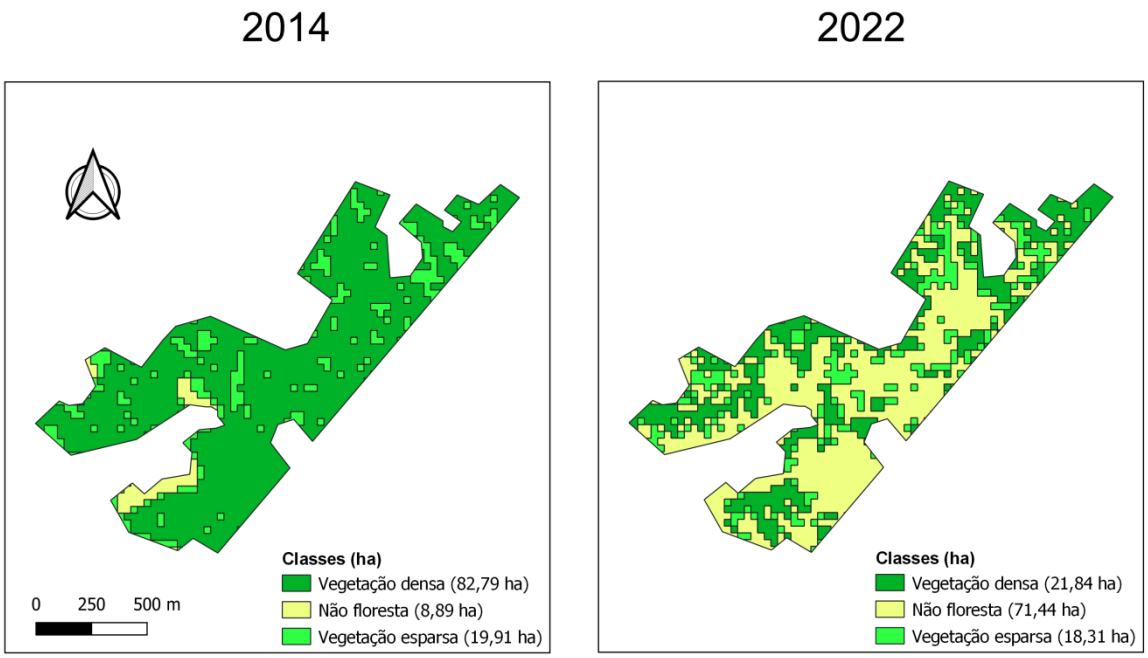
No contexto da UPA 02 (Figura 03), registou-se uma redução na cobertura do dossel de 60,95 hectares para a classe temática de vegetação densa e 1,60 hectares para vegetação esparsa. Concomitantemente, a classe de não floresta apresentou um aumento de 62,55 hectares. Este cenário aponta para uma conversão no uso do solo na área, indicando que a região não permaneceu em pousio, conforme preconizado pelas normas para manejo florestal no Brasil. Recomenda-se a condução de estudos subsequentes para investigar possíveis distúrbios ou alterações na área, a fim de implementar medidas necessárias para garantir a manutenção da floresta manejada e sua resiliência.

Dada a estabilidade natural da vegetação no domínio fitogeográfico (Joiner *et al*., 2018) e os resultados obtidos, destaca-se a importância de vistorias in loco para avaliar impactos negativos no piso florestal, verificar o estoque de madeira extraída e assegurar a conformidade com a legislação do Manejo

Florestal Sustentável (MFS) (Silva, 2022).

O uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada contribui para o monitoramento contínuo da cobertura florestal, permitindo análises sobre sua qualidade ao longo do tempo. Os resultados identificados sugerem uma tendência de perturbação na cobertura florestal com base na resposta espectral da vegetação, indicando uma possível degradação na regeneração (Berveglieri *et al*., 2021; Spadan *et al*., 2020).

Figura 03 - Mapa de classificação NDVI da UPA 02 explorada em 2014



Fonte: Autores (2023).

A diminuição da saúde da vegetação destaca a relevância da fiscalização ambiental na gestão florestal (Vilanova, *et al*., 2020). As modificações na estrutura da vegetação e na composição das espécies, juntamente com o aumento da classe de não floresta, têm o potencial de comprometer os serviços e funções do ecossistema, mesmo em nível local (Liu *et al*., 2023), representando um desafio considerável para a gestão florestal e as políticas governamentais.

4. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo ressaltam a influência direta da gestão florestal na preservação das áreas pós-exploradas do Manejo Florestal Sustentável (MFS) durante o período de pousio, favorecendo a preparação para o segundo ciclo. Mesmo diante das alterações na composição florestal, é possível viabilizar uma nova estação de crescimento para os indivíduos arbóreos.

A análise aponta que as anomalias identificadas na UPA 02 requerem uma vistoria *in loco* por parte do órgão ambiental. Isso se faz necessário para verificar as mudanças no uso do solo pós-exploração, que deveria estar em regime de pousio. A intervenção negativa após a exploração compromete a área sob manejo, afetando os futuros ciclos de corte. Destacamos, neste estudo, a importância crítica do período de pousio e a necessidade de uma fiscalização remota e *in loco* mais rigorosa nas áreas de manejo florestal. Isso garante a conformidade com a legislação por parte dos gestores e proprietários florestais, possibilitando a recuperação das áreas exploradas.

A evidente redução na saúde da vegetação destaca a preocupação central em relação às áreas pós-exploradas e a importância contínua do monitoramento para garantir a sustentabilidade do manejo florestal. Isso também visa evitar a conversão indevida das áreas para outros fins, contrariando a legislação e compromissos estabelecidos entre governo e gestão florestal durante o licenciamento da atividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. Z**oneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II (Escala 1:250.000)**: Documento Síntese. 2. Ed. Rio Branco: SEMA, 2010. 356p.

Acre. **Resolução CEMACT nº 3 de 27/06/2008 -** Define os procedimentos técnicos e administrativos referentes aos processos de licenciamento ambiental para uso do solo com culturas agrícolas potencialmente impactantes no Estado do Acre.

Alves, J.P.L. **Cobertura florestal após a exploração de madeira em unidades de produção anual no estado do Acre.** Monografia, Universidade Federal do Acre, 51 pág., 2023.

Brasil, Casa Civil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 08/11/2023.

Brasil. **Lei 12.651 de 25 de maio de 2012** – dispõe sobre a proteção da paisagem nativa. Disponível em < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2 012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 08/11/2023.

Eckert, S.; Hüsler, F.; Liniger, H.; Hodel, E. **Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia**. Rev. Journal of Arid Environments, v. 113.

Ezquerro, M. Días, L. Pardos, M.**Implications of forest management on the conservation of protected areas:** A new proposal in Central Spain**.** Rev. Forest Ecology and Management. Ed. 548, 2023. Doi: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121428

Joiner, J. *et al.* **Global relationships among traditional reflectance vegetation indices (NDVI and NDII), evapotranspiration (ET), and soil moisture variability on weekly timescales.** Rev. Remote Sensing of Environment. Ed. 219, 2018. Doi: https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.10.020.

Liu, X. *et al.* **Vegetation browning: global drivers, impacts, and feedbacks.** Rev. Trends in Plant Science. Ed. 28, 2023. Doi: https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.03.0243

Lourenço, R. W.; Landim, P. M. B**. Estudo da variabilidade do" índice de vegetação por diferença normalizada/NDVI" utilizando krigagem indicativa.** Holos environment, v. 4, Ed. 1, Pág. 38-55, 2004. DOI: https://doi.org/10.14295/holos.v4i1.398

Mendonça, A.P.T. Santos, E. K. M. Figueiredo, S. M. M. **Diagnóstico de área manejada baseado em NDVI após uma década de exploração de impacto reduzido.** *Preprint.* - Ciflor, 2022.

Pereira, J. A. V.; Souza, Y. G.; Correia, I. M. G.; Souza, B. I. **Uso e cobertura do solo e comparação entre os índices de vegetação SAVI e NDWI na área de proteção ambiental das Onças, Paraíba, Brasil.** Revista de Geografia (Recife), v. 37, Ed. 2, pág. 278-298, 2020. ISSN 0104-5490.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010. 127 pág.

Poveda, G. Salazar, L. F. **Annual and interannual (ENSO) variability of spatial scaling properties of a vegetation index (NDVI) in Amazonia** Rev. Remote Sensing of Environment. Ed. 93, 2004.

Rodrigues, M.I. *et al.***Financial variability of the second cutting of forest management in Tapajós National Forest, Brazil .** Rev. Forest Policy and Economics. Ed. 136, 2022.

Silva, Z. A. G. P. G. **Economic aspects of the demand for commercial Forest land in the state of Acre, Brazil.** Rev.Forest Policy and Economics. Ed. 138, 2022.

Vilanova, R. S. *et al.* **Past and future assessment of vegetation activity for the state of Amazonas-**

IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DO BAIRRO CHÃ DE BEBEDOURO EM MACEIÓ-AL

Danilo Bernardo Ribeiro [(a)] ***Ruan Max Gomes Lourenço*** [(b)] ***Débora Vitória Silva de Souza*** [(c)] ***Nivaneide Alves de Melo Falcão*** [(d)]

[(a)] *Instituto de Geografia Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, danilo.ribeiro@igdema.ufal.br*
[(b)] *Instituto de Geografia Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, ruan.lourenco@igdema.ufal.br*
[(c)] *Instituto de Geografia Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, debora.souza@igdema.ufal.br*
[(d)] *Instituto de Geografia Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, nivaneide.melo@igdema.ufal.br*

Resumo: A identificação da fragilidade ambiental de ambientes naturais e antropizados são cruciais para análise e mitigação de problemas ambientais. O objetivo geral do estudo é identificar as áreas de fragilidade ambiental no bairro Chã de Bebedouro em Maceió-AL. Dessa forma, a metodologia para elaboração dos mapas e suas respectivas modelagens, foi a proposta por Ross (1994), onde os parâmetros analisados foram organizados, recebendo graus de fragilidade, variando entre: Muito Baixa (peso 1), Baixa (peso 2), Média (peso 3), Alta (peso 4) e Muito Alta (peso 5). Assim, aplicou-se os mesmos aos parâmetros físico-ambientais (precipitação, unidades geomorfológicas, classes de solo e declividade) e antrópicos (uso e ocupação do solo). A fragilidade potencial revelou que a parte mais central do bairro possui baixa fragilidade, já nos limites predominam as fragilidades de níveis médio e alto. A fragilidade Ambiental evidenciou que boa parte do bairro apresenta fragilidades média e alta, já a fragilidade baixa é observada em pequenas áreas. Conclui-se que o estudo da fragilidade potencial e ambiental, oferecem informações cruciais para embasar decisões relacionadas à gestão ambiental e ao desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Ações Antrópicas, Análise Ambiental, Geotecnologias.

Abstract: The identification of environmental fragility in natural and anthropized environments is crucial for the analysis and mitigation of environmental issues. The overall objective of the study is to identify areas of environmental fragility in the Chã de Bebedouro neighborhood in Maceió, AL. Thus, the methodology for the preparation of maps and their respective modeling was proposed by Ross (1994), where the analyzed parameters were organized, receiving degrees of fragility ranging from Very Low (weight 1), Low (weight 2), Medium (weight 3), High (weight 4), to Very High (weight 5). Thus, these were applied to both the physical-environmental parameters (precipitation, geomorphological units, soil classes, and slope) and anthropogenic factors (land use and occupation). The potential fragility revealed that the central part of the neighborhood has low fragility, while medium and high fragilities predominate at the boundaries. Environmental fragility showed that a significant portion of the neighborhood exhibits medium and high fragilities, whereas low fragility is observed in small areas. It is concluded that the study of potential and environmental fragility provides crucial information to support decisions related to environmental management and sustainable development.

Keywords: Anthropic Actions, Environmental analysis, Geotechnology.

INTRODUÇÃO

Uma parcela significativa das cidades brasileiras passou ou está passando por um processo desordenado, fragmentado e carente de planejamento no que diz respeito ao uso e ocupação do solo. Nesse contexto, a intensidade desse uso varia consideravelmente, dependendo dos fatores que conduzem tal processo. Nesse sentido, é comum a ocupação de áreas inadequadas para a habitação ou que representam algum risco para a vida humana em diversas capitais brasileiras, sobretudo para Maceió, Alagoas (CARVALHO, 2012; ALMEIDA; FERREIRA, 2015).

As ações antrópicas são realizadas por indivíduos sociais, ou seja, as modificações na superfície terrestre são resultado de relações sociais históricas que determinam a forma como as pessoas interagem com a natureza. Portanto, não se pode ignorar as determinações sociais das ações antrópicas, pois isso pode levar à redução dos significados e intenções das alterações na paisagem (LOURENÇO, 2023). Nesse contexto, observa-se que a identificação das áreas de fragilidade ambiental, torna-se crucial para analisar as ações humanas e as características naturais específicas de um determinado ambiente.

As ações antrópicas, têm um impacto significativo sobre o meio ambiente e que desde a Revolução Industrial, têm transformado as paisagens em diferentes escalas, tanto nos ecossistemas aquáticos quanto terrestres. Conforme enfatizado por Santos e Marchioro (2020), os ambientes naturais sofrem diversas transformações devido às intervenções humanas, frequentemente em um ritmo superior ao que a natureza consegue suportar. Dessa maneira, os estudos que abordam a análise da fragilidade de ambientes naturais e antropizados, assumem uma grande importância como instrumento de gestão do planejamento territorial (SANTOS; MARCHIORO, 2020).

Portanto, quando tais ações não são adequadamente planejadas, essas intervenções resultam em uma série de desequilíbrios funcionais, acarretando graves consequências para a sobrevivência humana. Conforme Miyazaki (2014), a exclusão social e a degradação ambiental nas cidades estão interligadas, uma vez que as áreas mais desfavorecidas são aquelas em que a população se encontra em situações de vulnerabilidade devido à ausência ou ineficácia das infraestruturas. Isso cria condições de risco para a população, especialmente quando esses fatores estão diretamente relacionados aos períodos de chuvas intensas, afetando as áreas de ocupação irregular e as favelas, sobretudo aquelas situadas em encostas íngremes ou no fundo de vales.

Além disso, é importante ressaltar que, com exceção de algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mantiveram um estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas intensificaram sua intervenção no meio ambiente, devido à exploração de recursos naturais. Diante disso, as sociedades humanas não devem ser tratadas como elementos estranhos à natureza, mas precisam ser vistas como parte fundamental para o dinamismo dessa relação de natureza e homem, fazendo parte como um todo.

Vários autores têm discutido o sentido e abrangência do conceito de fragilidade ambiental, buscando aplicá-lo em diferentes estudos, verificando a eficácia e eficiência da integração nas pesquisas. Segundo Ross (1994), a análise da fragilidade exige um estudo integrado dos elementos dos seus componentes do estrato geográfico, assim dando suporte à vida animal e ao homem, os quais analisados e inter-relacionados, sendo gerado o produto analítico-sintético que retrata a situação da área de estudo.

A definição dos Conceitos de Fragilidade Ambiental dada por Ross (1994) se dá a partir dos conceitos, preconizadas por Tricart (1977) e não se trata apenas de um conceito, mas de uma metodologia baseada na dinâmica dos ecótopos, a qual Tricart denominou Ecodinâmicas, exemplificada a partir de meios morfodinâmicos que sofreram intervenções antrópicas e modificaram os ambientes naturais e aqueles representados pelas características naturais, que os deixam frágeis diante dos processos morfogenéticos.

Conforme o entendimento de Miyazaki (2014), o conceito de fragilidade pode ser visto como algo que seja passível de quebrar, romper, de partir, de se tornar instável e relacionando-o com os estudos geográfico-geomorfológicos, sendo possível perceber que a fragilidade está diretamente ligada aos ambientes naturais e ao estado em que se encontra a dinâmica dos processos naturais, apresentando as características particulares dos componentes que os compõem (relevo, rocha, clima e solo) e que os classificam como frágeis.

De acordo com Santos (2015) apud Souza *et al.* (2020) as pesquisas voltadas para a temática dos princípios da ecodinâmica, como os estudos de fragilidade, têm como objetivo principal, a classificação dos ambientes para que as intervenções antrópicas realizadas estejam de acordo com as potencialidades e limitações dos recursos naturais à ocorrência de riscos ambientais. Nessa perspectiva, a análise da fragilidade dos ambientes pode ser empregada no planejamento territorial ambiental, onde o ambiente é analisado através da Teoria de Sistemas, que destaca as trocas de energia e matéria na natureza por meio de um equilíbrio dinâmico, frequentemente perturbado pela ação humana (ROSS, 1994; GOUVEIA; ROSS, 2019).

Segundo Rosa (2013) a observação e a representação da superfície terrestre têm apresentado fator relevante na organização e no desenvolvimento das sociedades e que até meados dos anos 1950, os documentos, cartas e mapas eram elaborados de forma analógica, impossibilitando as análises mais precisas e detalhados. Mas nos anos de 1970, com a evolução da tecnologia da informática e do sensoriamento remoto, torna-se possível obter, armazenar e representar informações geográficas em ambiente computacional.

E a utilização do geoprocessamento possibilita a integração e a análise de uma grande quantidade de informações nos estudos ambientais. Essa abordagem permite a geração de geoinformações, que são resultados do cruzamento de dados em ambiente digital, proporcionando a otimização de recursos e

tempo, bem como maior precisão nas análises ambientais, sendo, por isso, um dos elementos fundamentais nesse contexto (OLIVEIRA, 2017).

Este estudo se originou da investigação sobre as áreas de fragilidade ambiental no bebedouro para a elaboração do relatório de conclusão de estágio, onde surgiu a hipótese que o processo de ocupações de áreas inadequadas, vem aumentando as áreas de fragilidade ambiental, deteriorando a qualidade de vida e gerando conflitos nas interações no bairro de Chã de Bebedouro, em Maceió, Alagoas. A realização deste trabalho é justificada, principalmente devido à carência de estudos disponíveis para essa localidade, que possam identificar, mapear, caracterizar e avaliar as áreas que exibem fragilidade ambiental. Isso torna este estudo ainda mais relevante para o entendimento da dinâmica ambiental e a organização do espaço nesta região.

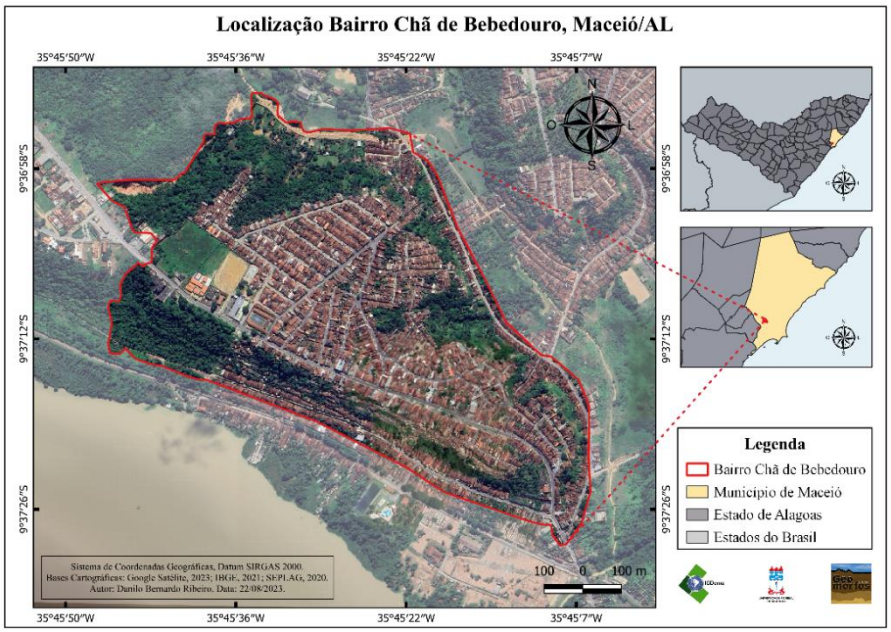
O objetivo geral do estudo é identificar as áreas de fragilidade ambiental no bairro Chã de Bebedouro, em Maceió, Alagoas. Os objetivos específicos incluíram a interpretação dos resultados e a avaliação da importância de cada parâmetro para o nível de fragilidade identificado após a superposição dos mapas.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da área de estudo

O bairro Chã de Bebedouro (Figura 1) está localizado no município de Maceió, capital do estado de Alagoas, localizada na região Leste do Estado de Alagoas, na Mesorregião do Leste Alagoano e na Microrregião de Maceió. Chã de Bebedouro ocupa uma área de 0,71 Km², localizado a 9°37’08.06” latitude sul e 35°45’29.64” longitude oeste, com uma população estimada de 11.541 habitantes (BM, 2023).

Figura 1 – Mapa de Localização do bairro Chã de Bebedouro, Maceió, Alagoas



Fonte: Os autores (2023).

O Plano Diretor da Cidade de Maceió (2005) exibe que a área urbana da cidade é constituída por 50 bairros, subdividida em oito regiões administrativas (RAs). Essa divisão foi realizada com base no levantamento de informações (dados estatísticos) da realidade econômica, social e ambiental do Município (SEFAZ, 2023). Dessa forma, o Bairro Chã de Bebedouro, se encontra na Região Administrativa 4, que compreende aos bairros: Bom Parto, Mutange, Bebedouro, Chã de Bebedouro, Petrópolis, Chã da Jaqueira, Santa Amélia, Fernão Velho e Rio Novo.

A temperatura média anual do ar de Maceió e consequentemente de Chã de Bebedouro é de 25,2 °C, a precipitação pluvial média é de 1.304 mm ao ano, e pela classificação climática de Köppen e Geiger, apresenta clima do tipo As’ - Tropical com maior ocorrência de chuva no outono e inverno e

estação seca no verão. A maior umidade relativa do ar (UR) é medida em junho (82,35%), a menor em dezembro (74,76%) (ALMEIDA, 2016; C.D, 2023).

Quanto aos solos, Chã de Bebedouro apresenta somente um único tipo de solo, sendo ele Argissolo Vermelho-Amarelo. Já com relação ao relevo, o bairro está inserido na superfície dos tabuleiros, que se apresenta plano, com alguns declives suaves ondulados, onde as partes dissecadas do tabuleiro apresentam relevo ondulado e até algumas escarpas (PARAHYBA *et al.*, 2008; MENDONÇA, 2012).

A vegetação é composta por espécies típicas da Mata Atlântica, contendo espécies herbáceas e arbustivas, como: Embiriba (Eschweilera ovata (Cambess) Mart.); Murici (Byrsonima sericea DC); Pau-de-jangada (Apeiba tibourbou Aubl.); Maçaranduba (Manilkara rufula (Miq.) H. J. Lam), Sapucaia (Lecythis pisonis CAMB) e Visgueiro (Parkia pendula Benth.), (MOURA, 2006).

Procedimentos metodológicos

O processo de elaboração dos mapas, bem como suas respectivas modelagens, para a determinação de fragilidade ambiental para o bairro Chã de Bebedouro teve como base as propostas metodológicas de Ross (1994). Dessa forma, com a utilização da metodologia proposta, foi possível verificar a importância da análise de forma integrada dos elementos da paisagem, onde para o presente estudo foram utilizados os parâmetros Físicos Ambientais para a geração do mapa de fragilidade potencial.

Já para a determinação da fragilidade ambiental, foram utilizadas as seguintes variáveis: Fragilidade ambiental potencial e antrópicos. Os componentes, fatores e os respectivos elementos que compõem a base de dados, considerada nesta análise, estão dispostas no Quadro 1, abaixo.

Quadro 1 - Representação dos componentes, fatores e elementos da análise para determinação da sua fragilidade.

Componentes	Fatores/Tipo de Mapa	Descrição dos elementos
Físico-Ambientais	Precipitação	Água líquida ou congelada que se forma na atmosfera e cai de volta na Terra.
	Unidades Geomorfológicas	Tipos e características das formas de relevo
	Classes de solos	Tipos e características dos solos verificados
	Declividade	Faixas de declividade e associação com o relevo
Antrópicos	Organização do Espaço	Localização e características da cobertura vegetal e uso antrópico diverso

Fonte: Os autores (2023).

Cada um dos fatores analisados é hierarquizado em graus de fragilidade, variando entre Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta. As unidades de fragilidades potenciais são hierarquizadas numa classificação qualitativa, com a sua variável de 1 a 5, representando um dos referidos parâmetros de acordo com a hierarquia apresentada e os classificando em função de cinco graus de fragilidade (ROSS, 1994). Assim, a análise integrada dos fatores, permitiu a criação dos dois mapas, o de Fragilidade Potencial e o de Fragilidade Ambiental. A seguir é apresentado o quadro 2 com as respectivas classificação e peso das unidades de Fragilidade Ambiental.

Quadro 2 - Classes de fragilidade ambiental segundo seus pesos proposto por Ross (1994)

Classificação de Fragilidade Ambiental	Peso
Muito Baixa	1
Baixa	2
Média	3
Alta	4
Muito Alta	5

Fonte: Os autores (2023).

Para a padronização dos mapeamentos, adotou-se o sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), Zona.Fuso SC.25 Sul e Datum SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) para dados vetoriais e matriciais. Assim, todos os dados coletados foram recortados no limite da área de estudo, sendo processado no software livre QGIS 3.22.16 e Google Earth Pro 7.3.6.9345 de propriedade da Google LLC, sendo usado como equipamento para a elaboração dos dados. Para a tabulação, formatação, e manipulação dos dados numéricos em formato de tabelas e gráficos, utilizou o Microsoft Excel Starter 2010, desenvolvido pela Microsoft Corporation.

Para a construção da base cartográfica do bairro, inicialmente utilizou-se a malha de Setores Censitários disponibilizados para download pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As informações coletadas foram obtidas a partir de cartas planialtimétricas, imagens de satélite, fontes bibliográficas, documentos disponíveis em sites governamentais e revistas acadêmicas, que incluem artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Além disso, foram utilizados arquivos vetoriais disponíveis em órgãos públicos como o Instituto de Meio Ambiente de Alagoas (IMA-AL), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio (SEPLAG).

Na realização da análise combinada das informações da área de estudo, foi fundamental criar planos de informação para cada fator ambiental e antrópico a ser investigado. A base de dados foi organizada na escala de 1:50.000, e posteriormente, foram criados mapas de síntese usando pesos, conforme a metodologia de Ross (1994).

Utilizando informações georreferenciadas, foram gerados mapas digitais temáticos que serviram como planos de informação para a fase de integração das informações geoambientais. Esses mapas foram ajustados, organizados e configurados de acordo com a escala adotada.

As bases de dados já em formato digital foram verificadas quanto aos seus componentes e receberam legendas e representações coerentes com cada mapa, usando o software QGIS e empregando semiótica gráfica, sendo, em seguida, salvas no formato Shapefile (SHP).

Em seguida, os dados foram convertidos para o formato matricial (TIF) com uma resolução espacial de 30 metros, adequada para a escala de 1:50.000. A integração dos mapas foi realizada em um ambiente de SIG, utilizando a calculadora raster do software QGIS 3.22.16.

Mapa de Declividade

O mapa de declividade foi elaborado a partir do acesso ao site TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e localização da folha intitulada: “09S36_ZN” correspondente ao município de Maceió e posteriormente escolha da opção “altitude” para iniciar o download do raster com o Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução de 30x30 metros. Assim, para se gerar a declividade da área de estudo, primeiramente foi preciso estabelecer o sistema de referência para Datum SIRGAS 2000.

Além disso, foi inserido o arquivo vetorial no formato shapefile do bairro Chã de Bebedouro e definido novamente o mesmo sistema de referência. A partir desse ponto, foi feita a reclassificação do raster por meio da ferramenta de análise de dados raster, reclass e reclassificar por tabela, possuindo como base as seguintes classes de declividade proposta por Ross (1994), conforme indicado no quadro 3 abaixo.

Quadro 3 - Classes de declividade, graus de fragilidade e pesos

Classes de declividade	Grau de fragilidade	Peso
0% a 6%	Muito Baixa	1
6% a 12%	Baixa	2
12% a 20%	Média	3
20% a 30%	Alta	4
Maior que 30%	Muito Alta	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Mapa de Unidades Geomorfológicas

O parâmetro Unidades Geomorfológicas, foi gerado com base nos dados disponibilizados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para a área de estudo, foi verificada apenas 1 Unidade Geomorfológica, sendo ela Tabuleiros Costeiros do Brasil Centro-oriental, sendo definida com peso 2, conforme metodologia adotada.

Assim, é possível visualizar que o município de Maceió possui as seguintes Unidades Geomorfológicas: Planícies Litorâneas; Planícies e Terraços Fluviais; Encostas Orientais do Planalto da Borborema e Tabuleiros Costeiros do Brasil Centro-oriental, sendo essa última à única unidade presente no bairro Chã de Bebedouro.

Mapa de Classes de solos

O parâmetro Classes de solos, foi gerado com base nos dados disponibilizados no portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), onde posteriormente, foi realizada a reclassificação conforme Manual de Pedologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) do ano de 2013.

A área de estudo apresenta somente um único tipo de solo, sendo ele o "PVA - Argissolo Vermelho-Amarelo". Já o município de Maceió possui os seguintes outros tipos: GJ - Gleissolo Tiomórfico; GX - Gleissolo Háplico; LA - Latossolo Amarelo; RQ - Neossolo Quartzarênico e GI - Grupos Indefinidos. Além disso, quanto ao peso atribuído ao solo da área de estudo, foi de 4, possuindo como base uma adaptação de Ross (1994), conforme quadro 4.

Quadro 4 - Classes de fragilidade, graus, pesos e classes de solos

Classes de solos	Textura	Grau de Fragilidade	Peso
Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelo	Argilosa	Muito Baixa	1
Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo	Média/argilosa	Baixa	2
Latossolo Vermelho amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho amarelo	Média/argilosa	Média	3
Argissolo Vermelho-amarelo	Média/arenosa	Forte	4
Cambissolos Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas.	Média/cascalho e silte	Muito Forte	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Mapa de Precipitação Pluvial

O parâmetro precipitação pluvial, foi gerado com base nos dados disponibilizados no site Climate Data.org, o mesmo possui como base de dados o ECMWF Data, responsável pela produção e divulgação de dados de previsão do tempo para os Serviços Meteorológicos e Hidrológicos Nacionais (NHMSs) dos Estados membros e cooperantes do ECMWF (Centro Europeu de Previsões Meteorológicas em Médio Prazo) e seus usuários autorizados. O modelo utilizado pelo banco de dados tem mais de 1,8 bilhão de pontos de dados e uma resolução de 0,1 a 0,25 graus, onde os mesmos foram coletados entre os anos de 1991 e 2021 (ECMWF, 2023).

Outra base utilizada pelo Climate Data.org é o Copernicus Climate Change Service (C3S), que é um banco de dados que compreende ao período de 1991 a 2021 e compõe um dos seis serviços temáticos de informação fornecidos pelo Programa Copernicus de Observação da Terra da União Europeia. No que diz respeito aos dados de localização de cada localidade mostrada no Climate Data.org, elas são baseadas em dados do projeto OpenStreetMap (C.D, 2023; CCCS, 2023).

Dessa forma, o parâmetro precipitação pluvial foi gerado por meio da organização dos dados do município de Maceió e dos municípios do entorno em uma tabela do Excel (contendo nome, latitude, longitude e precipitação média anual); conversão da tabela para o formato "csv"; adição da tabela csv no Qgis; adição do shapefile dos municípios do estado de Alagoas no Qgis; exportação dos arquivos em

formato de pontos para serem salvos permanentemente; e definição do SRC a partir da camada do projeto.

Assim, foi feita a interpolação dos dados, por meio da guia processamento, em seguida caixa de ferramentas e busca por Interpolação IDW (Interpolação pela Ponderação do Inverso da Distância), onde foram definidos os atributos a serem interpolados, gerando assim um raster que foi recortado pela camada de máscara que corresponde ao bairro Chã de Bebedouro. Para a geração do parâmetro precipitação pluvial foi utilizada como base os dados correspondentes ao município de Maceió e municípios do entorno, conforme indicado no quadro 5.

Quadros 5 - Dados de precipitação pluvial do município de Maceió e municípios do entorno

Nome	Latitude	Longitude	Precipitação Pluvial
Maceió	-9,571306	-35,78195	1304
Coqueiro Seco	-9,63901	-35,802351	1304
Santa Luzia do Norte	-9,602553	-35,8234	1186
Satuba	-9,571604	-35,824996	1186
Pilar	-9,598092	-35,956765	1010
Marechal Deodoro	-9,711541	-35,895648	1052
Rio Largo	-9,477904	-35,83551	1186
Messias	-9,392408	-35,83921	1186
Flexeiras	-9,277153	-35,723625	1098
Barra de Santo Antônio	-9,403184	-35,508688	1282
Paripueira	-9,464335	-35,55214	1282

Fonte: Climate Data (2023).

Mapa de Uso e Ocupação do Solo

O parâmetro Uso e Ocupação do Solo foram definidos inicialmente utilizando como base, imagem fornecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do satélite CBERS 04A. O satélite CBERS 04A, possui câmeras para observações ópticas de todo o globo terrestre, além de um sistema de coleta de dados e monitoramento ambiental. As cargas úteis do CBERS 04A são todos os instrumentos relacionados com a aquisição dos dados científicos ou relacionados à missão do satélite, conforme a seguir: Câmera Multiespectrais e Pancromática de Ampla Varredura (WPM); Câmera Multiespectral (MUX); Câmera imageadora de Campo Largo (WFI); Transmissor de Dados de Imagem (DTS) para as câmeras MUX, a WFI e WPM; Gravador de Dados Digital (DDR); Sistema de Coleta de Dados (DCS) e Monitor do Ambiente Espacial (SEM). Além disso, valem destacar que são de responsabilidade do Brasil as câmeras MUX e WFI, enquanto a China é responsável pela câmera WPM (INPE, 2019).

Para o presente estudo foi utilizada imagem da Câmera Multiespectrais e Pancromática de Ampla Varredura (WPM), que é a principal carga útil do CBERS 04A, sendo de fabricação chinesa. A WPM possui como objetivo fornecer imagens com resolução panorâmica de 2m e resolução multiespectral de 8m simultaneamente na órbita do satélite (INPE, 2019). Logo após a aquisição da imagem no formato raster, foi feita a mesclagem das imagens. Após este procedimento nas propriedades da imagem foi definido o tipo de renderização (multi banda colorida) e a ordem das câmeras que ficou 4, 3 e 2 (Falsa cor com Infravermelho).

Para a definição do Uso e Ocupação do Solo (figura 6), foi utilizado como base a adaptação das categorias hierárquicas de fragilidade proposta por CAVALCANTE *et al* (2022) possuindo como base Ross (1994) conforme adaptação indicada no quadro 6. Assim, para o processo de definição dos usos do solo, foi usado o plugin “Dzetsaka”, onde foi possível definir amostras e atribuir valores às mesmas, em seguida é gerado a classificação com escalas de cinza, desse modo foi atribuída cores aos usos do solo conforme o Manual Técnico de Uso da Terra do ano de 2013, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Quadro 6 - Categorias hierárquicas de fragilidade para Uso e Ocupação do Solo

Classes de Fragilidade	Uso da Terra	Características	Peso
Baixa	Formação Florestal	Vegetação ombrófila densa pioneira e secundária. Além de áreas em estado inicial de regeneração.	2
Muito alta	Não Floresta	Áreas urbanas, pastagem, agricultura, rodovias e solo exposto.	5

Fonte: Adaptado de Cavalcante *et al.* (2022).

Mapa de Fragilidade Potencial e Ambiental

Para a realização da determinação da fragilidade potencial e ambiental, conforme Ross (1994) realizou-se o cálculo da Área de Fragilidade Potencial (AFP), com o uso da ferramenta "calculadora raster", possuindo como primeiro passo a soma das variáveis naturais, que foram: Declividade, Unidades Geomorfológicas, Classes de solos e Precipitação Pluvial e dividi-las por 4. Para a Área de Fragilidade Ambiental (AFA), foi feita a soma da Fragilidade Potencial com o Uso e Ocupação do Solo e posteriormente dividindo-as por 2. As equações podem ser verificadas a seguir:

$$\mathbf{AFP = (D + UG + CS + PP) /4}$$

AFP = Área de Fragilidade Potencial.
D = Declividade.
UG = Unidades Geomorfológicas.
CS = Classes de solos.
PP = Precipitação Pluvial.

$$\mathbf{AFA = (AFP + UOS) /2}$$

AFA = Área de Fragilidade Ambiental.
AFP = Área de Fragilidade Potencial.
UOS = Uso e Ocupação do Solo.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Após a coleta e organização dos dados necessários para criar os mapas dos parâmetros em questão, foram desenvolvidos mapas base para Declividade, Unidades Geomorfológicas, Classes de solos, Precipitação Pluvial e Uso e Ocupação do Solo. Esses mapas serviram como parâmetros para a produção dos mapas síntese de Fragilidade Potencial e Fragilidade Ambiental, que foram essenciais para concluir o estudo. A integração desses mapas possibilitou uma visualização mais detalhada e uma compreensão mais profunda da área de estudo.

Mapa de Declividade

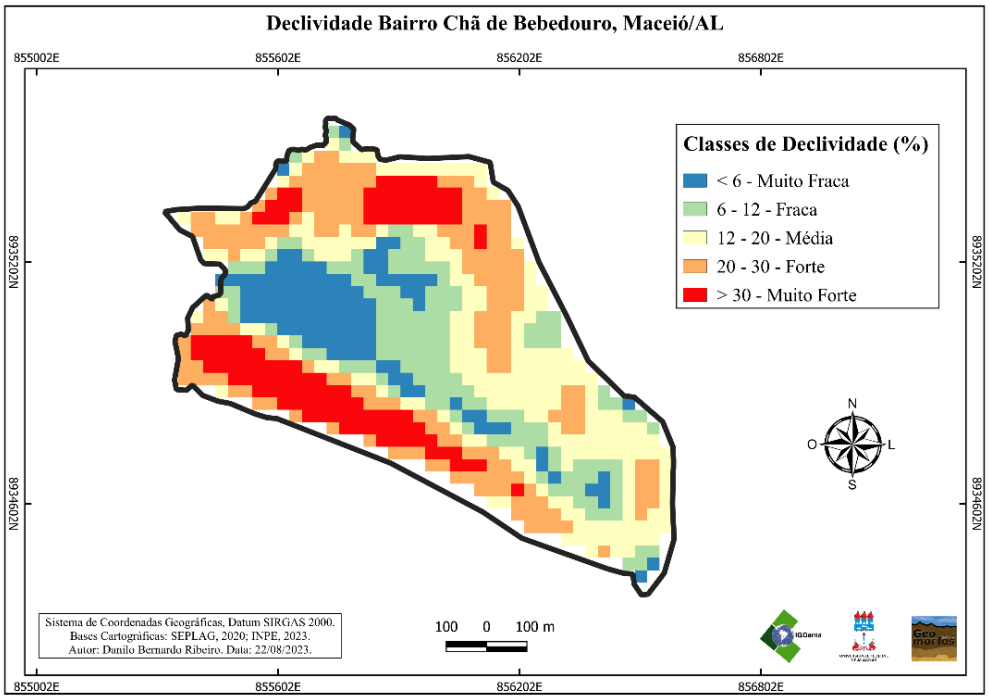
A variação na inclinação do terreno desempenha um papel crucial como indicador dos processos erosivos e dos riscos associados, tais como deslizamentos, inundações e alagamentos. A magnitude da inclinação do terreno serve como um elemento determinante na avaliação da fragilidade, e sua classificação estão diretamente relacionados à porcentagem de inclinação.

Na área de estudo, a declividade predominante é classificada como média, forte e muito forte, correspondendo aos graus de fragilidade média, alta e muito alta, respectivamente. Esses declives mais pronunciados estão localizados em relevos com características mais íngremes, aumentando a propensão a processos como movimentos de massa e erosão do solo. Por outro lado, as áreas com declividades

fracas e muito fracas são associadas a menor ocupação, ocupando os relevos planos e suaves ondulados. Nessas regiões, observa-se um grau de fragilidade muito baixo e baixo, respectivamente. Essas áreas são mais propícias a eventos de inundação, especialmente se não contarem com uma drenagem adequada (Figura 2).

A análise detalhada da topografia da região é fundamental para identificar áreas com maior fragilidade e, consequentemente, implementar estratégias de manejo e uso do solo que visem reduzir os impactos potenciais desses eventos adversos. Em termos gerais, os terrenos com inclinações mais suaves tendem a apresentar graus de fragilidade mais baixos, sugerindo uma menor suscetibilidade aos processos erosivos e aos riscos mencionados. Por outro lado, terrenos caracterizados por inclinações mais íngremes estão associados a graus de fragilidade mais elevados, indicando uma maior propensão a eventos como deslizamentos, inundações e alagamentos.

Figura 2 – Mapa de Declividade do bairro Chã de Bebedouro, Maceió, Alagoas

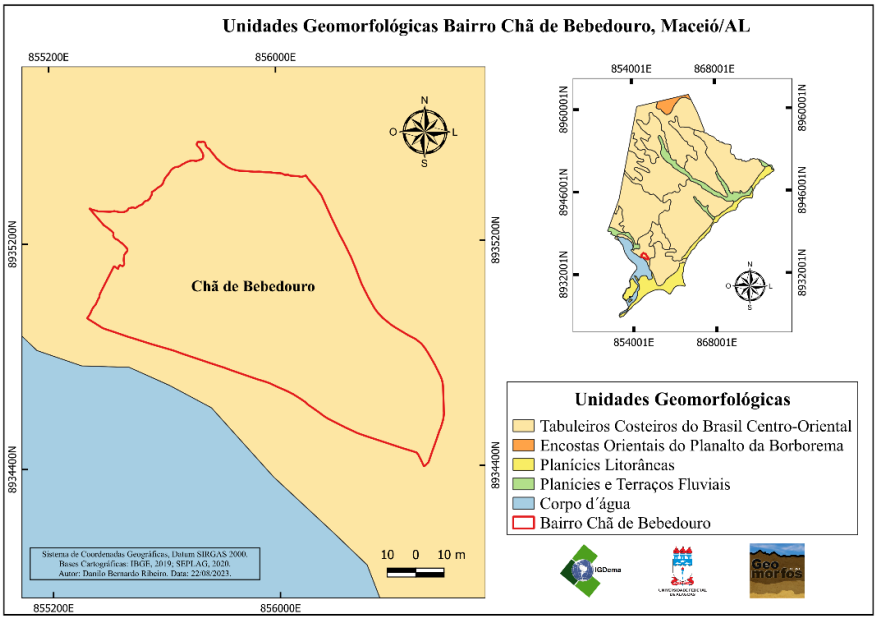


Fonte: Os autores (2023).

Mapa de Unidades Geomorfológicas

As formas de relevo exercem influência significativa na hidrologia da área, impactando o comportamento, fluxo e escoamento da água. A presença de má drenagem, manifestada por áreas alagadas em planícies ou escoamento rápido em terrenos íngremes, pode ter efeitos adversos, contribuindo para a exposição a riscos naturais, como inundações e deslizamentos de terra. Por exemplo, regiões situadas em vales estreitos podem ser mais suscetíveis a inundações, enquanto áreas com encostas íngremes podem apresentar maior propensão a deslizamentos de terra. A classe de fragilidade identificada na área de estudo é classificada como Baixa e está associada às unidades geomorfológicas de Topo Tabuliforme (Figura 3).

Figura 3 – Mapa de Unidades Geomorfológicas do bairro Chã de Bebedouro, Maceió, Alagoas



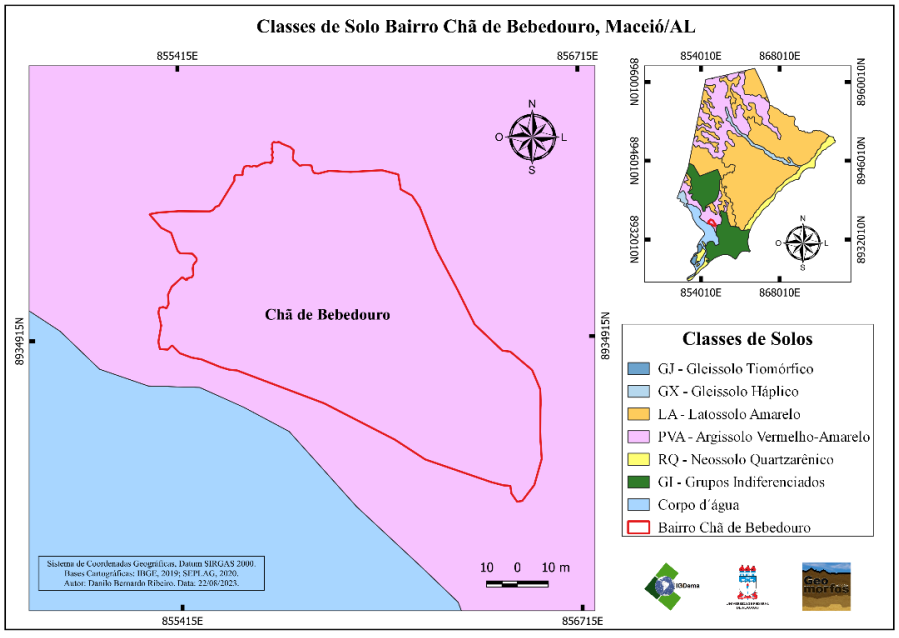
Fonte: Os autores (2023).

Mapa de Classes de Solo

O estágio de desenvolvimento dos solos é considerado como o resultado da interação entre processos morfogênicos e pedogenéticos, indicando o nível de estabilização desses processos. Isso contribui para a análise da fragilidade ambiental ao considerar os diferentes tipos de solos presentes na área. A associação entre as classes de solos e as classes de fragilidade permite a identificação de áreas com maior suscetibilidade à erosão e compactação do solo, indicando a necessidade de práticas adequadas de manejo e conservação do solo.

Com base nos resultados obtidos, foi realizado o cruzamento das classes de solos com as classes de fragilidade ambiental, identificando a classe de solos dos Argissolos Vermelho – Amarelo, sendo considerado o grau de fragilidade ambiental alta. Não foram encontrados solos que se enquadrassem nas classes de fragilidade muito alta, média, muito baixa e baixa na área de estudo (figura 4).

Figura 4 – Mapa de Classes de Solo do bairro Chã de Bebedouro, Maceió, Alagoas



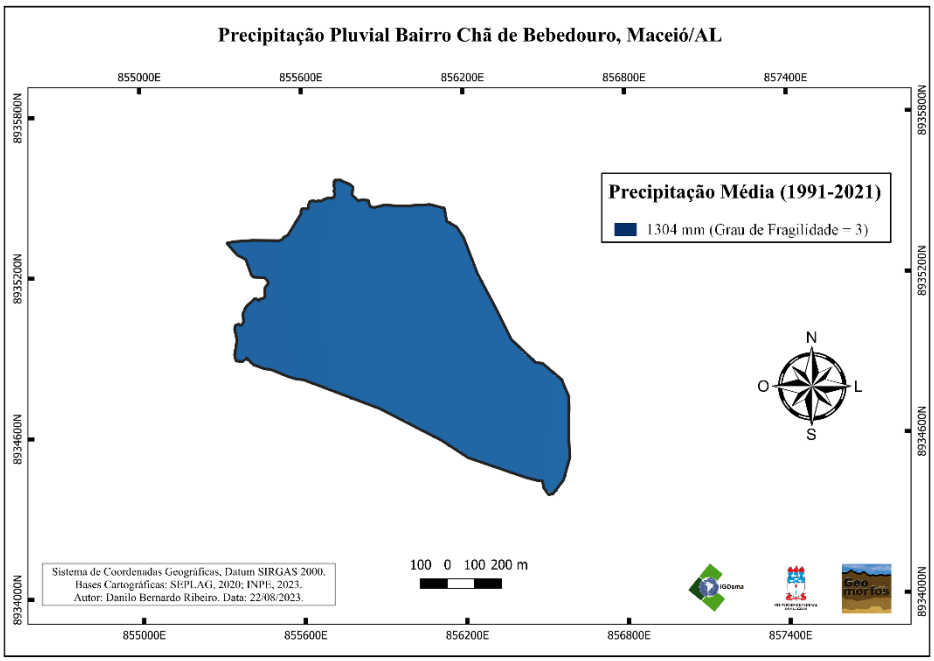
Fonte: Os autores (2023).

Mapa de Precipitação Pluvial

Com base nos resultados obtidos, procedeu-se ao cruzamento da precipitação média dos anos de 1991 a 2021, assim, com base nos dados apresentados no quadro 5, foi possível elaborar o mapa de precipitação pluvial para o bairro Chã de Bebedouro em Maceió, Alagoas (figura 5), no qual foi verificada a precipitação média de 1.304 mm, sendo assim classificado como sendo de grau de fragilidade média com peso 3.

Não foram identificadas precipitações que se enquadrassem nas classes de fragilidade muito alta, alta, muito baixa e baixa na área de estudo. Essa análise é crucial para compreender os padrões climáticos locais e sua relação com a fragilidade ambiental, possibilitando a implementação de medidas adequadas de gestão e adaptação para promover a resiliência ambiental na área estudada.

Figura 5 – Mapa de Precipitação Pluvial do bairro Chã de Bebedouro, Maceió, Alagoas



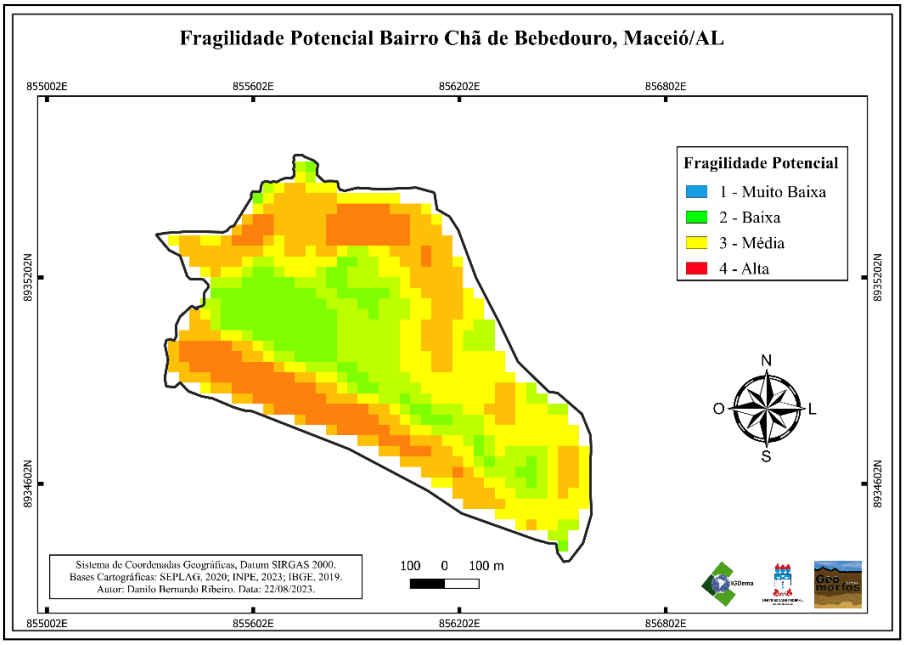
Fonte: Os autores (2023).

Mapa de Fragilidade Potencial

A integração dos planos de informação relativos aos fatores ambientais, como Declividade, Unidades Geomorfológicas, Classes de Solos e Precipitação Pluvial, é fundamental para uma compreensão abrangente das questões de fragilidade potencial. A combinação desses componentes permitiu a elaboração do Mapa de Fragilidade Potencial do bairro Chã de Bebedouro (Figura 6), utilizando os procedimentos computacionais descritos na metodologia. Essa abordagem integrada aprimorou nossa capacidade de avaliar e compreender os desafios ambientais na área de estudo.

Dessa forma, observa-se que a parte central do bairro exibe uma baixa fragilidade, enquanto nas áreas próximas aos limites predominam as fragilidades de níveis médio e alto. Essa tendência está relacionada principalmente às áreas com declividades mais acentuadas. Vale ressaltar que declividades acentuadas aumentam a velocidade do escoamento da água, ampliando os processos de erosão do solo. Essa situação se intensifica ainda mais se não forem implementadas medidas adequadas de controle, visando a conservação do solo e o menor impacto possível sobre a área.

Figura 6 - Mapa de Fragilidade Potencial do bairro Chã de Bebedouro, Maceió, Alagoas

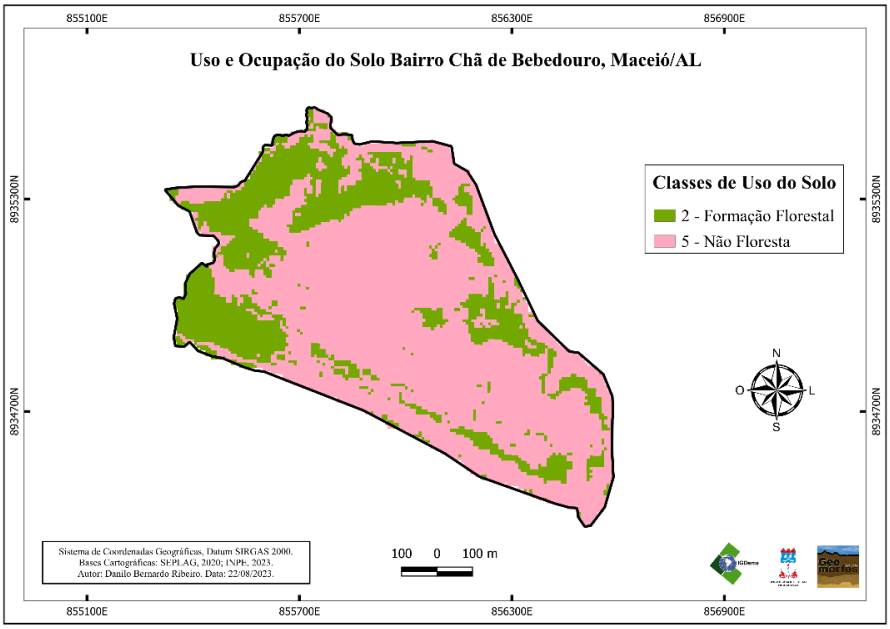


Fonte: Os autores (2023).

Mapa de Uso e Ocupação do Solo

Durante a elaboração do Mapa de Uso e Ocupação do Solo/Cobertura Vegetal do bairro Chã do Bebedouro (Figura 7), procedeu-se à identificação e mapeamento dos componentes de uso antrópico e vegetação nativa presentes na área. Ao se analisar o parâmetro Uso e Ocupação do Solo, percebe-se que a área de estudo possui uma formação florestal reduzida especialmente na região noroeste e oeste do bairro. Essa vegetação é predominante em áreas de declives, como encostas e vales, desempenhando um papel crucial na proteção ambiental desses ambientes. Já a parte classificada como "Não Floresta", compreende as áreas urbanas, pastagem, agricultura, rodovias e solo exposto, com maior área de ocupação no bairro.

Figura 7 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo do bairro Chã de Bebedouro, Maceió, Alagoas



Fonte: Os autores (2023).

Os graus de fragilidade variam de baixa para as formações florestais e de muito alta para as áreas não florestais, esta última caracterizada por uma fragilidade mais elevada devido ao uso e ocupação do solo. Este dado destaca a importância de estratégias específicas de gestão e conservação nas áreas não florestais, visando à minimização dos impactos ambientais e a preservação local.

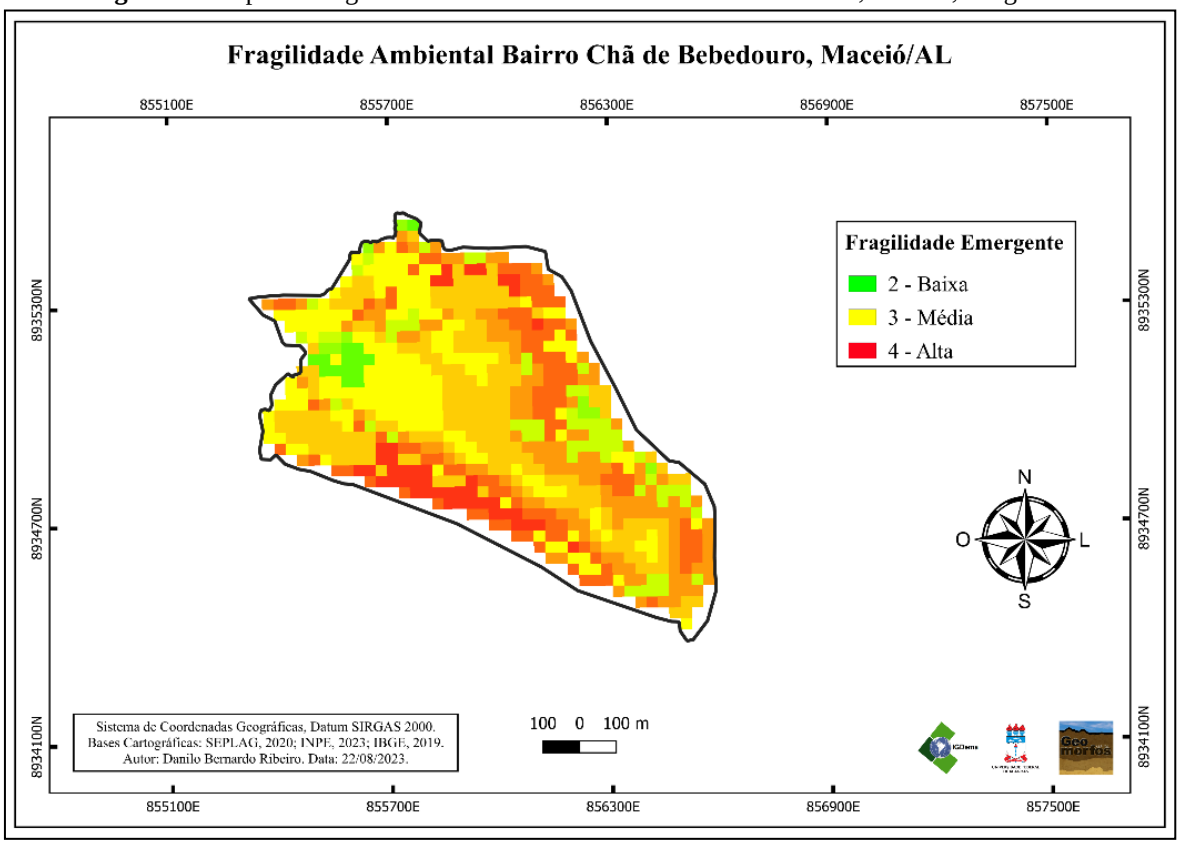
Mapa de Fragilidade Ambiental

Essa etapa foi conduzida pela combinação das variáveis de uso e ocupação do solo com as de fragilidade potencial, as quais foram diretamente integradas pela média dos valores das classes presentes nos mapas. A seguir, apresentam-se os resultados das classes identificadas, representadas pelo mapa de fragilidade ambiental, como baixa, média e alta (Figura 8).

Assim, é evidente que uma parte substancial do bairro exibe fragilidade média e alta, enquanto a fragilidade baixa é observada apenas em pequenas áreas. A área com maior fragilidade ambiental concentra-se principalmente nas cabeceiras das encostas, resultando em uma predominância das classes média e alta. Essa tendência está fortemente associada às áreas com declividades médias, fortes e muito fortes, que foram ocupadas e agora exibem concentração de edificações. Isso resultou na redução da vegetação que anteriormente predominava na região, tornando-a suscetível a processos erosivos, como deslizamentos de terra.

E integrando-se o Mapa de Fragilidade Potencial e o mapa de uso e ocupação da terra, o Mapa de Fragilidade Ambiental ofereceu assim, uma melhor validação, pois revela a influência das atividades antrópicas na estabilidade do ambiente, destacando a contribuição da cobertura florestal que oferece proteção às áreas de alto potencial, seja pelo fator declividade, tipo de solo ou de outra categoria usada para análise. Sendo assim, o mapeamento de Fragilidade Ambiental confirmou a coerência da distribuição espacial do gradiente fragilidade ambiental produzido nesta pesquisa em função das intervenções antrópicas na paisagem.

Figura 8 - Mapa de Fragilidade Ambiental do bairro Chã de Bebedouro, Maceió, Alagoas



Fonte: Os autores (2023).

CONCLUSÃO

Na avaliação da fragilidade potencial, identificamos diversas classes de fragilidade, incluindo as categorias de muito baixa, baixa, média e alta, cada uma com suas características específicas e influências nos vários componentes ambientais. Observamos que a maior parte da área de estudo apresenta fragilidade potencial média, abrangendo uma porção significativa do bairro. Entretanto, também identificamos a presença de fragilidades média e alta, que demandam atenção especial devido aos riscos ambientais associados.

A análise da fragilidade ambiental revelou a distribuição espacial das distintas classes de fragilidade, considerando os efeitos das atividades humanas e sua interação com o ambiente natural. Observamos que as fragilidades alta e média predominam na maior parte das áreas de estabilidade, resultando em impactos adversos nessas regiões. Portanto, é essencial preservar a cobertura vegetal existente nas encostas, pois desempenha um papel fundamental na proteção do ambiente. Por outro lado, as classes de fragilidade baixa têm uma abrangência menor, mas mesmo assim, demandam a implementação de medidas de controle e mitigação devido aos possíveis impactos.

Conclui-se que o estudo da fragilidade potencial e ambiental, quando combinados, oferece informações cruciais para embasar decisões relacionadas à gestão ambiental e ao desenvolvimento sustentável. É fundamental conscientizar sobre os impactos das atividades humanas no ambiente e promover práticas de uso do solo que reduzam a degradação ambiental, buscando soluções integradas que equilibrem as necessidades socioeconômicas com a preservação dos recursos naturais. Diante disso, é imperativo adotar medidas preventivas e de manejo para minimizar os riscos associados à fragilidade potencial e ambiental, especialmente em áreas com maior declividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, A. J. P., Ferreira, J. V. N. (2015). Análise do processo de urbanização e impermeabilização do solo da bacia endorreica do Tabuleiro do Martins. **Anais do Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia**, Presidente, SP, Brasil, 11.

Almeida, H. A. (2016). **Climatologia aplicada à Geografia** (1a ed.). Campina Grande: Editora da Universidade Estadual da Paraíba.

BM – Bairros de Maceió (2023). **Chã de Bebedouro**. Maceió. Disponível em: http://www.bairrosdemaceio.net/bairros/cha-de-bebedouro. Acesso em: 15/10/2023.

Carvalho, L. M. de. (2012). **Processo de urbanização em área de bacia endorreica: caracterização dos padrões de ocupação dos espaços construídos e dos espaços livres de construção em Maceió - AL**. Dissertação de mestrado, Dinâmicas do Espaço Habitado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

Cavalcante, J. C.; Lima, A. M. M. SILVA, J. C. C. Holanda, B. S. Almeida, C. A (2004). Fragilidade ambiental potencial e emergente da bacia do rio Mocajuba – PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 15 (3), 1417-1433.

CD – Climate Data (2023). **Maceió.** Maceió. Disponível em: https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/alagoas/maceio-2193/. Acesso em: 15/10/2023.

CD – Climate Data (2023). **Data sources.** Oedheim. Disponível em: https://pt.climate-data.org/info/sources/. Acesso em: 19/10/2023.

CCS – Copernicus Climate Change Service (2023). **About us.** Disponível em: https://climate.copernicus.eu/about-us. Acesso em: 19/10/2023.

ECMWF – European Centre For Medium-Range Weather Forecasts (2023). **Datasets.** Disponível em: https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets. Acesso em: 19/10/2023.

Gouveia, I. C.M.C., Ross, J. L. S. (2019). Fragilidade Ambiental: uma Proposta de Aplicação de Geomorphons para a Variável Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, 37 (1), 123-136.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2019). **Câmeras Imageadoras CBERS 04A**. Disponível em: http://www.cbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php. Acesso em: 19/10/2023.

Lourenço, R. M. G. (2023). **Identificação das áreas de fragilidade ambiental no núcleo urbano do município de Pilar, Alagoas**. Trabalho de conclusão de curso, Bacharelado em Geografia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

Mendonça, C. A. P. (2012). **Enciclopédia municípios de Alagoas** (1a ed.). Maceió: Instituto Arnon de Mello Leonardo Simões.

Miyazaki, L. C. P. (2014). **Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo: análise dos impactos e da vulnerabilidade nas cidades de Presidente Prudente/SP.** Tese, Doutorado em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP, Brasil.

Moura, F. B. P. (2006). **A Mata Atlântica em Alagoas** (1a ed.). Maceió: Editora da Universidade Federal de Alagoas.

Oliveira, A, N. S. (2017). **A fragilidade ambiental como suporte na identificação de conflitos ambientais na APA da Marituba do Peixe, Alagoas.** Dissertação de mestrado, Geografia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

Parahyba, R. B. V. *et al.* (2008). Solos do município de Maceió. **Anais da Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 4.

Ross, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, 8 (1), 63-74.

Rosa, R. (2013). **Introdução ao Geoprocessamento.** E-book. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: mega.nz/file/B8NCxBKK#BTLXFVL7vrKixuv9i1N58TsPObUdb9Y036JrYLLFdaM. Acesso em: 18/10/2023.

Santos, J. R. U. D., Marchioro, E. (2020). Análise empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, 3 (9), 1-15.

SEFAZ – Secretaria Municipal de Fazenda de Maceió (2023). **Regiões administrativas.** Maceió. Disponível em: https://www.participa.maceio.al.gov.br/participa-maceio/regiaoAdministrativas.faces. Acesso em: 15/10/2023.

Souza, D. S. L de. *et al.* (2020). Análise e Mapeamento da Fragilidade Ambiental no Município de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 13 (5), 2269 – 2292.

Tricart, J. (1977). **Ecodinâmica** (1a ed.) Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/ Superintendência de Recursos Naturais.

VULNERABILIDADE AMBIENTAL ÀS INUNDAÇÕES NA ILHA DO MARANHÃO – MA, BRASIL

Cristiane Mouzinho Costa Avelar [(a)], Quésia Duarte da Silva [(b)], Danyella Vale Barros França [(c)], Ricardo Gonçalves Santana [(d)], Dayana Serra Maciel [(b)]

[(a)] *Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC, cristianemouzinho@hotmail.com*
[(b)] *Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, quesiaduartesilva@hotmail.com*
[(c)] *Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC, danyellabarros-geo@hotmail.com*
[(d)] *Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC, ricardogsantana19@hotmail.com*
[(e)] *Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC, dayannamaciels@gmail.com*

Resumo: As inundações afetam anualmente um número significativo de pessoas, gerando perda de bens imateriais e materiais no mundo. Na Ilha do Maranhão - MA, esta situação tem sido associada ao processo de urbanização, o qual tem influenciado na redução de áreas permeáveis. Neste sentido, e considerando a necessidade de serem realizados estudos sobre este tema, objetivou-se neste trabalho, identificar os níveis de vulnerabilidade ambiental às inundações na Ilha do Maranhão - MA por meio da aplicação do Processo de Hierarquia Analítica (AHP). Foram levantados dados de precipitação, unidades geológicas, relevo, solo e uso e cobertura da terra para a identificação da vulnerabilidade ambiental às inundações. A pesquisa identificou 3 classes de vulnerabilidade a inundações na área, isto é, as classes de alta, média e baixa vulnerabilidade ambiental, sendo a classe de maior dimensão areal, a de média vulnerabilidade ambiental. A classe de alta vulnerabilidade especializou-se, principalmente, nas proximidades dos cursos d'água, em áreas densamente ocupadas nas porções centro-oeste. Identificou-se que das 5 categorias selecionadas para o AHP, a que apresenta maior relevância na área para a vulnerabilidade ambiental às inundações é o uso e cobertura da terra, seguida das unidades de relevo.

Palavras-chave: Vulnerabilidade Ambiental; Processo de Hierarquia Analítica; Inundações.

Abstract: Floods affect a significant number of people every year, generating a loss of immaterial and material goods in the world. In Ilha do Maranhão, this situation has been associated with the urbanization process, which has influenced the reduction of permeable areas. In this sense, and considering the need for studies on this subject, this study aimed to identify the levels of environmental vulnerability to flooding in Maranhão Island by applying the Analytic Hierarchy Process (AHP). Precipitation, geological units, relief, soil, land use, and land cover data were collected to identify environmental vulnerability to flooding. The research identified 3 classes of flood vulnerability in the area, i.e., the high, medium, and low environmental vulnerability classes, with the largest areal size class being the medium environmental vulnerability class. The high vulnerability class specialized mainly in the vicinity of water courses, in densely occupied areas. It was identified that of the 5 categories selected for the AHP, the one that presents the greatest relevance in the area for environmental vulnerability to flooding is land use and land cover, followed by relief units.

Keywords: Environmental vulnerability; Analytic Hierarchy Process; Flooding.

INTRODUÇÃO

As inundações comprometem a mobilidade urbana e afetam anualmente a população residente, gerando perda de bens imateriais e materiais. Esta situação tem sido associada ao processo de urbanização, o qual tem promovido alterações na morfologia dos cursos d'água e influenciado na redução das áreas permeáveis, de acordo com as pesquisas realizadas por Barros et al. (2014); Costa et al. (2017a); Costa et al. (2017b); Santana, Silva e Barros (2019); Costa (2019c); Costa et al. (2019d); Costa et al. (2020); Silva et al. (2020); Santana (2021) e o Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC (2021).

Sendo os fenômenos naturais hidrogeomorfológicos mais conhecidos desde o mundo antigo, as inundações ainda causam desastres nos mais diversos lugares do globo terrestre, no Brasil e na área em questão; e podem estar associadas à dinâmica fluvial ou marinha. Na pesquisa destaca-se a inundação

de origem fluvial, pois está relacionada ao aumento da descarga dos cursos d'água, considerando o maior volume de água, gerando extravasamento para além das bordas dos canais, o que promove a ocupação da planície de inundação/leito maior excepcional.

A inundação está relacionada à dinâmica fluvial, sendo capaz de ocorrer de forma natural, quando há um ambiente sem intervenções humanas significativas, ou podem ser maximizadas em virtude da ocupação indevida das margens fluviais. Portanto, define-se inundação como o "transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação, também conhecida como área de várzea" (Amaral e Gutjahr, 2015, p. 38).

No contexto da Ilha do Maranhão – MA, o processo de urbanização ocorreu inicialmente de forma espontânea, seguida com forte segregação socioespacial apoiada e/ou financiada muitas vezes pelo poder público; e caracteriza-se pela inadequada apropriação e descaracterização das unidades de relevo, como planícies de inundação, de maré, dunas, praias, encostas íngremes e outros. O que aliado aos índices pluviométricos, acarreta em fenômenos de inundações recorrentes no período chuvoso no trecho do beira-rio na bacia do Rio Paciência (Costa et al., 2014), nas avenidas Edson Brandão e Casemiro Júnior, na bacia do Rio Anil (Costa, 2019c), e nos bairros Olho d'água e Alto Jaguarema na bacia do Rio Prata (França et al. 2018).

A vulnerabilidade ambiental é entendida como o grau de exposição de um ambiente a diferentes fatores que podem acarretar efeitos diversos, sendo os impactos e/ou riscos gerados, derivados ou não das atividades socioeconômicas (Tagliani, 2003). Belem e Cabral (2021) sinalizam que a vulnerabilidade ambiental possui uma visão multidisciplinar sobre o ambiente, sendo capaz de inter-relacionar as variáveis ambientais (naturais) com o uso e cobertura da terra. Como consequência, tem-se a classificação da vulnerabilidade em graus ou níveis, para cada variável ambiental, fundamentando-se nas concepções de Tricart (1977). Os estudos de abordagem ecodinâmica de Tricart objetivam avaliar o grau de fragilidade ou resistência do sistema ambiental diante dos processos naturais de evolução da paisagem e da ação antropogênica. Tais intervenções referem-se à ação do homem sobre a natureza através dos diversos meios tecnológicos para exploração dos recursos naturais (Santos, 2015), o que acarreta em problemas ambientais, em áreas vulneráveis.

Aquino, Paletta e Almeida (2017) destacam que os problemas ambientais das áreas vulneráveis se originam a partir da incapacidade destas áreas de lidar com as implicações resultantes das interações externas. Estas interações podem estar relacionadas às características ambientais naturais ou de pressão ocasionada pelas atividades desenvolvidas pelos seres humanos, podendo causar a intensificação de diversos fenômenos hidrogeomorfológicos (enchentes, inundações, alagamentos, enxurradas e erosão), e podem afetar a população.

Tal problemática está atrelada ao processo de produção do espaço urbano das cidades brasileiras, no qual áreas frágeis do ponto de vista ambiental são ocupadas para construção de moradias e estradas (Costa et al., 2020), pela população de menor poder aquisitivo. Nesta perspectiva, França (2019) defende que a vulnerabilidade é indissociável da sociedade/atividade humana e por isso, argumenta que o uso e cobertura da terra relaciona-se à variável social quando associada ao conceito de vulnerabilidade ambiental.

Figueiredo et al. (2007, p. 400), por sua vez, afirmam que a vulnerabilidade ambiental está "relacionada com a susceptibilidade de uma área em sofrer prejuízos quando submetida a uma determinada ação antropogênica". Considerando os autores aqui citados e as demais leituras realizadas, adota-se neste trabalho a concepção de vulnerabilidade ambiental como à relação dos aspectos físicos do ambiente (fragilidade) com as formas de uso e cobertura da terra da área que será estudada.

Os estudos de Cutter et al. (2003) alegam que pode-se estudar a vulnerabilidade aos perigos naturais relacionados à identificação das condições que fazem a população ou os locais propícios aos perigos naturais, ou a partir da noção de que a vulnerabilidade é inerente à condição social. Nesta perspectiva Carvalho, Macedo e Ogura (2007) corroboram que a vulnerabilidade é o grau de perda para certo elemento ou comunidade em uma determinada área suscetível de ser afetada por um fenômeno ou processo. Cutter (2011) partilha da mesma definição e considera vulnerabilidade de forma geral como o potencial para a perda.

Neste trabalho, considerando os fenômenos de inundação que ocorrem, o processo de urbanização em curso e a apropriação das unidades de relevo, e que a vulnerabilidade ambiental é oriunda da correlação entre a fragilidade das características geoambientais associadas às alterações realizadas na paisagem pelo ser humano, optou-se por privilegiar a perspectiva da vulnerabilidade

ambiental, sendo esta considerada como a relação dos aspectos físicos do ambiente (fragilidade) com as formas de uso, correspondendo à variável social da vulnerabilidade, conforme França (2019).

O processo de análise hierárquica, conhecido originalmente por *Analytic Hierarchy Process* (AHP), foi proposto por Saaty (1977) e apresenta o procedimento para modelar uma situação complexa. Quantifica e representa variáveis envolvidas em uma hierarquia com base na avaliação de um conjunto de critérios ponderados por preferências (pesos), auxiliando na tomada de decisão (Coelho, 2017).

Muitos autores têm desenvolvido trabalhos sobre áreas com inundações utilizando a técnica de processo hierárquico (AHP), com objetivos variados. Dentre estes autores cita-se Grassi et al (2013); Borges et al. (2015); Ladwig et al. (2017); Ramos (2017); Coelho (2017), Soares (2018), Costa (2019c); Menegasso (2019), Guerra (2020), Leal et al. (2020) e Domingos Cury et al. (2021).

Grassi et al. (2013); Ladwig et al. (2017), Ramos (2017), Soares (2018), Costa (2019c), Menegasso (2019) e IMESC (2021) desenvolveram pesquisas relacionadas à identificação da vulnerabilidade a inundações a partir da técnica citada, não considerando os tipos de vulnerabilidade, em concordância com França (2019).

Desta forma, a partir da ocorrência das inundações anualmente na área de estudo, da literatura especializada sobre o fenômeno e os tipos de vulnerabilidades constatados nas diversas pesquisas mencionadas acima, objetivou-se, neste trabalho, identificar os níveis de vulnerabilidade ambiental às inundações na Ilha do Maranhão por meio da aplicação do Processo de Hierarquia Analítica (AHP).

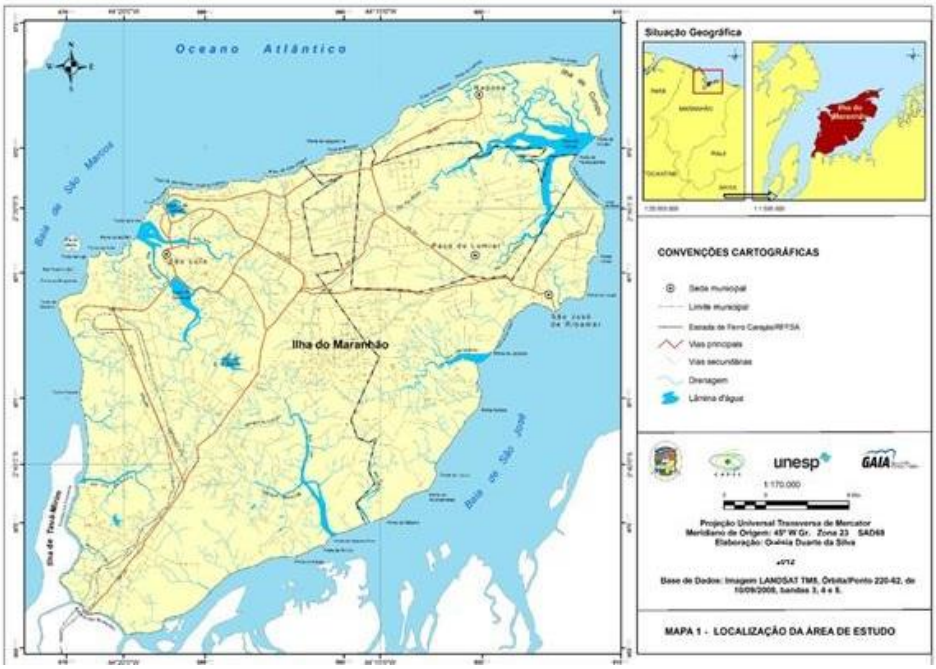
MATERIAL E MÉTODO

Neste item será apresentado a localização e situação da área de estudo, a escolha metodológica e os procedimentos executados, a saber: levantamento e organização da base de dados, técnica adotada e escolha das variáveis, análise multicritério ponderada e a realização dos trabalhos de campo.

Área de estudo

A Ilha do Maranhão – MA, localiza-se no Golfão Maranhense, situada na porção Norte do Estado do Maranhão. Ao Norte limita-se com o Oceano Atlântico, a Leste com a Baía de São José, a Oeste com a Baía de São Marcos, e ao Sul com o Estreito dos Mosquitos. A ilha abrange os municípios de São Luís (capital do MA), São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa (Figura 01).

Figura 01 – Mapa de localização da Ilha do Maranhão (MA)



Fonte: Silva (2012).

Segundo dados do IBGE (2022) o município de São Luís possui 1.037.775 pessoas, seguido de São José de Ribamar, com 244.579 habitantes, Paço do Lumiar com uma população de 145.643 e Raposa com 30.839 pessoas. Portanto, a área estudada apresenta uma população de 1.458.516 habitantes.

Escolha metodológica

No que tange sobre a escolha metodológica, esta baseou-se em Gerhardt e Silveira (2009), portanto, para o alcance do objetivo proposto optou-se por realizar uma pesquisa quali-quantitativa quanto à abordagem, aplicada, quanto à natureza, explicativa quanto aos objetivos, e experimental no que se refere aos procedimentos. Para tal, são descritas as etapas a seguir.

Etapa 1 - Levantamento e organização da base de dados

Considerando que a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (2018) lançou uma nota técnica intitulada "Geodiversidade da Ilha do Maranhão", a qual configura como a base de dados mais recente relacionada à Ilha do Maranhão - MA, optou-se por utilizá-la como referência para esta pesquisa. Os arquivos encontram-se disponíveis no formato vetorial, na escala de 1:50.000. Sendo assim, utilizou-se os arquivos referentes às unidades geológicas, unidades de relevo, solos, uso e cobertura da terra, e recursos hídricos superficiais. Quanto aos dados referentes à intensidade da precipitação, devido à insuficiência de dados de precipitação das estações climatológicas para composição de uma série histórica (30 anos), gerou-se um mapa de isoietas a partir do cruzamento de dados das 5 (cinco) estações pluviométricas automatizadas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN (2017), Laboratório de Meteorologia da Universidade Estadual do Maranhão, e Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), no período de 2007 a 2016, localizado no município de São Luís, compilados e gerados por Morais (2018).

De posse das bases mencionadas, foi necessário transformar os arquivos do tipo vetorial para matricial, utilizando o software ArcGis® 10.5. Após esse processo, percebeu-se uma divergência na quantidade de células entre os arquivos; dessa forma, corrigiu-se o problema através do software Dinamica EGO® - acrônimo para *Environment for Geoprocessing Objects* (ambiente para objetos de geoprocessamento) que, conforme Rodrigues, Soares-Filho e Costa (2007), é uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. No quadro 1, tem-se os dados e softwares utilizados, para melhor compreensão da pesquisa.

Quadro 1 – Base de dados cartográficos e *softwares* utilizados na pesquisa

Base de dados dos arquivos referentes às unidades geológicas, unidades de relevo, pedologia e uso e cobertura da terra em formato vetorial, na escala de 1.50.000 do projeto Geodiversidade da Ilha do Maranhão do CPRM (2018)
Dados meteorológicos de 5 (cinco) estações pluviométricas automatizadas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN (2017), Laboratório de Meteorologia da Universidade Estadual do Maranhão, e Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), no período de 2007 a 2016, localizado no município de São Luís, compilados e gerados por Morais (2018)
Malha municipal do estado do Maranhão (IBGE, 2020)
Software ArcGIS® 10.5, licença EFL999703439 do Grupo de Pesquisas Geomorfologia e Mapeamento (GEOMAP) da Universidade Estadual do Maranhão
Software livre QGIS versão 3.16
Software Excel para a edição das planilhas dos dados meteorológicos
Software livre Dinamica EGO®.

Fonte: Organizado pelos autores (2023).

Etapa 2 - Técnica adotada e escolha das variáveis

Optou-se por utilizar as concepções gerais da proposta metodológica de Crepani et al. (2001), fundamentada no princípio da Ecodinâmica de Tricart (1977) que aborda as unidades de paisagem sob o ponto de vista da dinâmica do modelado do território. Dessa forma, passa-se a classificar os meios suscetíveis à dinâmica geomorfológica em estáveis, intergrades e instáveis. O autor afirma que o conceito de unidades ecodinâmicas é integrado ao conceito de ecossistema, e baseia-se no instrumento lógico de sistema e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia e matéria no ambiente. Ele define os três meios morfodinâmicos baseados na relação morfogênese-pedogênese conforme o quadro 02.

Quadro 02 – Classificação Ecodinâmica de Tricart (1977)

Meios morfodinâmicos	Relação pedogênese-morfogênese
Meios Estáveis	Prevalece a pedogênese
Meios *intergrades*	Equilíbrio entre morfogênese e pedogênese
Fortemente instáveis	Prevalece a morfogênese

Fonte: Adaptado de Tricart (1977).

Nessa perspectiva, Crepani et al. (2001) desenvolveram uma metodologia para aplicação da vulnerabilidade natural à perda de solo para subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia, criando um modelo de avaliação de forma relativa e empírica, do estágio de evolução morfodinâmica das unidades territoriais básicas, atribuindo valores de estabilidade às categorias morfodinâmicas (Quadro 03).

Quadro 03 – Avaliação das estabilidades das categorias dinâmicas

Categoria morfodinâmica	Relação Pedogênese/Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre morfogênese e pedogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001).

Foram estabelecidas as classes de vulnerabilidade à perda de solo da seguinte forma: nas unidades de paisagens em que há o predomínio dos processos de pedogênese, atribuem-se valores próximos de 1,0. Quando a situação é intermediária, designa-se valores maiores que 1,0 e menores que 2,0. Nas unidades de paisagens cujos processos de morfogênese são mais atuantes, se atribuem valores maiores que 2,0 e menores que 3,0. No modelo proposto por Crepani et al. (2001) foram utilizadas as seguintes variáveis: unidades geológicas, unidades de relevo, solo, vegetação e clima, porém, se fez necessário realizar uma adaptação na metodologia para vulnerabilidade ambiental às inundações. Dessa maneira, utilizou-se as variáveis julgadas mais significativas para a ocorrência do fenômeno em análise, levando em consideração a área de estudo. Assim, empregou-se as variáveis, unidades geológicas, unidades de relevo, solos, uso e cobertura da terra e precipitação. Quanto aos valores atribuídos, levou-se em consideração a importância de cada variável para o mapeamento e as estabilidades das categorias dinâmicas, conforme o Quadro 04.

Quadro 04 – Descrição das variáveis utilizadas para mapeamento da vulnerabilidade à inundação

Variáveis	Classes/valores	Importância
Unidades geológicas	Depósitos eólicos litorâneos (2.5) Depósitos de mangues (1) Depósitos aluvionares (1) Grupo Itapecuru (2) Depósitos litorâneos praiais (1) Depósitos de planície de maré lamosa (1) Depósitos de Pântanos Salinos (1) Depósitos de Cordões Litorâneos Antigos (1) Pós-barreiras (2)	A gênese dos depósitos costeiros condiciona a morfologia do terreno e suas características sedimentológicas, que por sua vez controlam a cobertura vegetal e outros fatores relacionados à maior ou menor propensão à ocorrência de inundações (MENEGON, 2015).
Unidades de relevo	Tabuleiros dissecados (2) Planícies marinhas (2.5) Campo de dunas móveis (2.5) Campo de dunas fixas (2.5) Planícies fluviomarinhas (2.5) Planícies lamosas (2.5) Planícies fluviais (3) Tabuleiros (2)	Morfologias mais baixas, planas e próximas aos cursos d'água são mais propensas a inundações.
Solos	Solos de mangue (1) Gleissolos háplicos distróficos (3) Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (1.8) Tipo de terreno de dunas (1) Neossolo Quartzarênico órtico típico (1) Argissolo vermelho distrófico (1.7) Neossolo Quartzarênico órtico (2) Urbano industrial (1.9) Corpos d'água (1) Urbano de média densidade (2.3) Urbano de alta densidade (2.5)	Cada tipo de solo possui diferentes capacidades de infiltração e escoamento superficial da água (MAGALHÃES *et al*., 2011).
Uso e cobertura	Mata secundária (1) Mata secundária fragmentada (1.9) Urbano de baixa densidade (2.1) Urbano de média densidade (2.3) Solos expostos (2) Urbano industrial (1.9) Mangue (2.5) Corpos d'água (1) Culturas agrícolas (2.1) Urbano de alta densidade (2.5) Restinga (1)	A forma de ocupação da terra influencia na infiltração e escoamento superficial da água. As áreas mais impermeáveis tendem a acumular mais água em superfície do que em solos com cobertura florestal por serem pouco compactados (MAGALHÃES *et al*., 2011).
Média do Regime Pluviométrico (2007-2016)	1.730,09 mm (3)	Precipitações intensas e de longa duração favorecem a saturação do solo, o que aumenta o escoamento superficial e a concentração de águas na região (MENEGON, 2015).

Fonte: Os autores (2021).

Etapa 3 - Análise multicritério ponderada

Essa etapa objetivou realizar a ponderação dos valores de cada variável utilizada, na qual é estabelecida uma relação de importância entre cada variável e todas as demais, para identificar o quanto cada elemento é mais importante que os outros (Miara e Oka-fiori, 2007) conforme o Quadro 05. A avaliação dos pesos de cada variável foi realizada pelo Processo de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchy Process – AHP). Este processo consiste na comparação "par a par" entre as variáveis, e, a partir dela a definição dos pesos de cada variável (Saaty,1977).

Quadro 05 – Escala de importância AHP

Escala AHP de importância	Definição e explicação
1	Mesma importância – os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada – um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Alta Importância – um fator é claramente mais importante que o outro
7	Muito alta importância demonstrada – um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Extrema importância – a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre julgamentos – possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: Adaptado de Saaty (1977) e INPE (2005).

Para esse processo utilizou-se a calculadora de prioridade AHP criada por Goepel (2018), que consiste em um sistema online AHP de tomada de decisão multicritério, no qual os pesos resultantes são baseados no autovetor principal da matriz de decisão. É uma técnica utilizada para apoiar a tomada de decisão segundo critérios múltiplos, com base em Saaty (1977). O processo analítico hierárquico deriva de escalas de comparação de comparações emparelhadas de critérios e permite algumas pequenas inconsistências em julgamentos. As entradas podem ser medidas reais, mas também opiniões subjetivas. Como resultado, prioridades e razões de consistência serão calculadas.

Dentre os benefícios da utilização desta técnica, Goepel (2018) afirma que as comparações de pares ajudam a descobrir e corrigir inconsistências lógicas e permitem "traduzir" opiniões subjetivas, como preferências ou sentimentos, em relações numéricas mensuráveis. Além disso, o AHP ajuda a tomar decisões de forma mais racional e a torná-las mais transparentes e mais compreensíveis. Dessa forma, a partir da comparação das variáveis escolhidas para verificar a vulnerabilidade ambiental a inundações na Ilha do Maranhão, gerou-se uma matriz de decisão (Tabela 01), na qual a razão de consistência foi de 3,1%, e a partir da ponderação entre pares obteve-se como prioridades, respectivamente, o uso e cobertura da terra, com 37,1%, as unidades de relevo, com 26,5%, a precipitação com 18,2%, os solos com 10,4% e por fim, as unidades geológicas, com 7,8% (Tabela 02).

Tabela 01 – Matriz de decisão da vulnerabilidade ambiental a inundações na Ilha do Maranhão

Matriz de decisão	Precipitação	Unidades de relevo	Uso e cobertura da terra	Solos	Unidades Geológicas
Precipitação	**1,00**	1,00	0,33	2,00	2,00
Unidades de relevo	1,00	**1,00**	1,00	3,00	3,00
Uso e cobertura da terra	3,00	1,00	**1,00**	4,00	4,00
Solos	0,50	0,33	0,25	**1,00**	2,00
Unidades geológicas	0,50	0,33	0,25	0,50	**1,00**

Fonte: Calculadora de prioridade AHP, (2021).

Tabela 02 – Ponderações: comparação entre pares

Variáveis		Prioridade	Classificação	(+)	(-)
1	Precipitação	18,2%	3	5,2%	5,2%
2	Unidades de relevo	26,5%	2	7,0%	7,0%
3	Uso e cobertura da terra	37,1%	1	10,5%	10,5%
4	Solos	10,4%	4	2,8%	2,8%
5	Unidades geológicas	7,8%	5	1,7%	1,7%

Fonte: Calculadora de prioridade AHP, (2021).

Após a definição das porcentagens das variáveis prioritárias, utilizou-se o software de código aberto QGis 3.16, complemento Weighted Multi-Criteria Analysis – WMCA (Análise Multicritério Ponderada – AMP), que exibe os valores dos pixels do raster para o usuário, tornando possível atribuir pesos para cada raster e notas para cada classe dentro de cada raster.

Este software foi desenvolvido para realizar análises multicritério ponderadas, especialmente para análises ambientais como estudos de fragilidades ou de vulnerabilidades, zoneamento ambiental e outros tipos de zoneamento (Carvalho Neto e Benedetti, 2020).

Assim, inseriu-se os arquivos matriciais (unidades geológicas, unidades de relevo, solo e precipitação e uso e cobertura da terra), atribuiu-se os pesos ponderados (porcentagens obtidas através da calculadora AHP) e na segunda etapa, atribuiu-se os valores correspondentes à vulnerabilidade para cada classe dos arquivos matriciais (valores conforme a Tabela 3). Como resultado, foi gerado o mapa de vulnerabilidade ambiental às inundações da Ilha do Maranhão – MA, com três classes, sejam elas, alta, média e baixa vulnerabilidade.

Etapa 4 - Trabalhos de campo para validação da vulnerabilidade

Os trabalhos de campo foram realizados a partir do segundo semestre de 2020 até junho de 2021, com um total de 13 visitas ao campo com o intuito de conhecer a área de estudo, validar o mapeamento de vulnerabilidade a inundações, e aprofundar a discussão sobre os aspectos ambientais influentes neste processo. A identificação das localidades com ocorrência de inundações deu-se por meio de levantamento de informações noticiadas pela mídia e pela análise documental em relatórios de pesquisa, monografias e dissertações de integrantes do Grupo de Geomorfologia e Mapeamento do curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão, que desenvolveram estudos acerca das inundações na referida ilha.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Conforme Lopes e Anjos (2018) a Ilha do Maranhão – MA, é constituída litoestratigraficamente pelas seguintes Unidades geológicas: Sedimentos Pós-Barreiras, Grupo Itapecuru, Depósitos eólicos litorâneos, Depósitos de planície de maré lamosa, Depósitos de mangues, Depósitos de Pântanos Salinos, Depósitos de Cordões Litorâneos Antigos, Depósitos litorâneos praias e Depósitos aluvionares (Figura 2 – E).

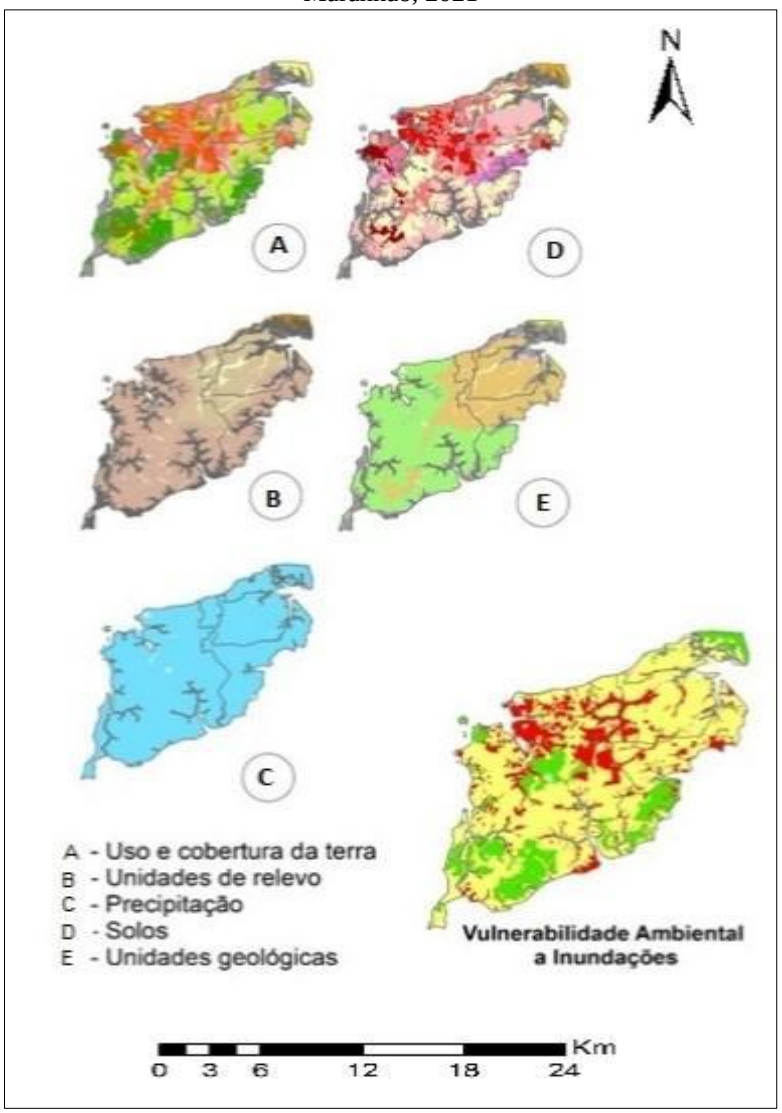
No que tange às feições morfológicas, tem-se na área de estudo unidades de relevo denudacionais e deposicionais. O primeiro grupo é representado pelos Tabuleiros e Tabuleiros dissecados. Como morfologias do segundo grupo, tem-se apenas as Planícies marinhas, Planícies fluviomarinhas, Planícies fluviais, Planícies lamosas, Campo de dunas móveis e Campo de dunas fixas (Figura 2 – B).

Quanto às classes de solos, ANA e CPRM (2018) inseriram tipologias que, segundo o entendimento dos autores, são áreas às quais não há mais solos propriamente ditos, são porções de alta urbanização e média densidade. Portanto, as classes de solos são: Solos de mangue, Gleissolos háplicos distróficos, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Tipo de terreno de dunas, Neossolos Quartzarênico órtico típico, Argissolo vermelho distrófico, Neossolos Quartzarênico órtico (Figura 2 – D). No que se refere às classes de uso e cobertura da terra, as quais interferem diretamente na impermeabilização do solo, tem-se as seguintes classes: Mata secundária, Mata secundária fragmentada, Mangue, Culturas agrícolas, Restinga, Corpos d'água, Urbano de baixa densidade, Urbano de média densidade, Urbano de alta densidade, Urbano industrial e Solo exposto (Figura 2 – A).

A respeito do regime pluviométrico, o qual tem interferência direta na ocorrência de inundações, devido estar localizada em uma região de baixa latitude e altitude, a Ilha do Maranhão - MA, apresenta elevadas temperaturas, pois a incidência de raios solares é maior e implica diretamente na intensificação dos processos morfodinâmicos. Em virtude das condições climáticas citadas, não há distinção clara entre as quatro estações do ano, no entanto de acordo com Sousa (2009), tem-se dois períodos anuais bem marcados em cada ano: um período chuvoso, janeiro a junho, e um período seco, de julho a dezembro (Costa et al., 2019). Nesse quesito a área estudada apresenta um regime pluviométrico de 1.730,09 mm em média (Figura 2 – C). Em geral e considerando as características climáticas presentes na Ilha do Maranhão, com destaque para os dados pluviométricos, defende-se que as inundações ocorrem no

primeiro semestre de cada ano, nos meses de maior precipitação acumulada. Entretanto ressalta-se que para os desastres relacionados à inundação se faz necessário avaliar não apenas os eventos pluviométricos, mas as condições de uso e cobertura da terra atreladas ao processo de ocupação (Costa, 2019c).

Figura 02 – Variáveis utilizadas no cruzamento para a vulnerabilidade ambiental a inundações na Ilha do Maranhão, 2021

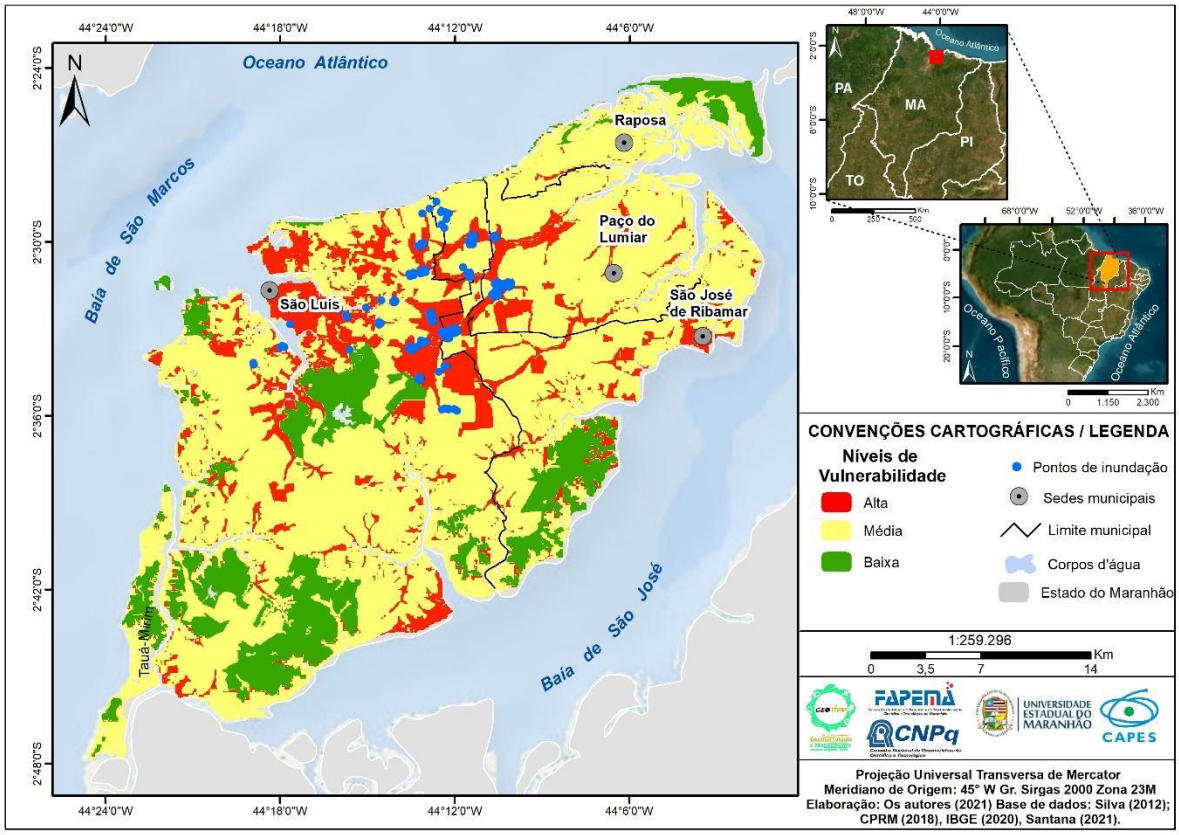


Fonte: Os autores (2021).

Baseado na relevância do tema relacionado às inundações, vulnerabilidade ambiental e as técnicas utilizadas para identificar tais processos, aplicou-se na Ilha do Maranhão – MA a técnica do AHP, com a finalidade de identificar os níveis de vulnerabilidade ambiental a inundações. É importante destacar que foi realizado um levantamento bibliográfico local acerca da técnica aplicada na área objeto de pesquisa, que se configurara como norteadores à presente pesquisa, pois foram utilizadas técnicas diferenciadas, sendo Souza e Kux (2011); Louzeiro (2018) e Pereira (2019).

Com base na técnica da comparação entre os pares e nas ponderações (comparação entre pares) realizados pelo AHP, identificou-se que, na área de estudo, o maior grau de importância para a vulnerabilidade ambiental a inundações se refere ao uso e cobertura da terra, com 37,1%; seguido pelas unidades de relevo, com 26,5%; pela precipitação, com 18,2%; solos, com 10,4%; e unidades geológicas, com 7,8% (Figura 03).

Figura 03 – Mapa de vulnerabilidade ambiental a inundações na Ilha do Maranhão – MA, utilizando a técnica AHP, 2021



Fonte: Os autores (2021).

Comparando os resultados obtidos com estudos realizados a partir de outras técnicas, observou-se que as áreas de baixa vulnerabilidade situadas na porção sudoeste da ilha, assim como as de alta vulnerabilidade na foz dos rios Anil e Bacanga, se correlacionam com níveis de alta e baixa vulnerabilidade identificadas por Louzeiro (2018).

Identificou-se também que as áreas de alta vulnerabilidade situadas no alto curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio são compatíveis com as áreas de alta vulnerabilidade mapeadas por França (2019), a qual utilizou uma adaptação do modelo proposto por Tricart (1977).

Utilizando a técnica AHP na identificação da vulnerabilidade ambiental a inundações na Bacia Hidrográfica do Paciência, situada na porção centro-nordeste da Ilha do Maranhão, o IMESC (2021) constatou que as áreas de planície fluvial apresentaram alta vulnerabilidade e as áreas urbanizadas apresentaram alta vulnerabilidade a inundações, o que apesar da dimensão escalar diferenciada e da distinção dos critérios de análise do processo, coincidiu com as áreas de alta vulnerabilidade identificadas neste trabalho, para esta região.

Considerando o grau de importância das variáveis analisadas, destaca-se, aqui, que a precipitação deve estar como critério de prioridade, no que diz respeito ao peso dado à mesma, isto é, peso máximo (3), tendo em vista que, para que haja ocorrência dos fenômenos hidrogeomorfológicos como enchentes, inundações, alagamentos e enxurradas, faz-se necessário a ocorrência de eventos pluviométricos extremos.

Considerando os estudos outrora mencionados, eles apontam as categorias uso e cobertura da terra e relevo como fundamentais para a vulnerabilidade ambiental na ilha em questão, apesar da diferenciação de fenômenos analisados.

Áreas de alta vulnerabilidade

As áreas identificadas com alta vulnerabilidade ambiental a inundações neste trabalho correspondem, sobretudo, às áreas urbanas e/ou vegetação secundária mista, que estão localizadas em

áreas de gleissolos ou solos indiscriminados de mangue, dispostos sobre relevos de planícies fluviais e/ou fluviomarinhas, assentados sobre os sedimentos Pós-Barreiras, depósitos aluviais e de mangues, sendo áreas constituídas por material lamoso, areias e coluviões fluviais de leques terrígenos e arenitos finos, imaturos e quartzosos.

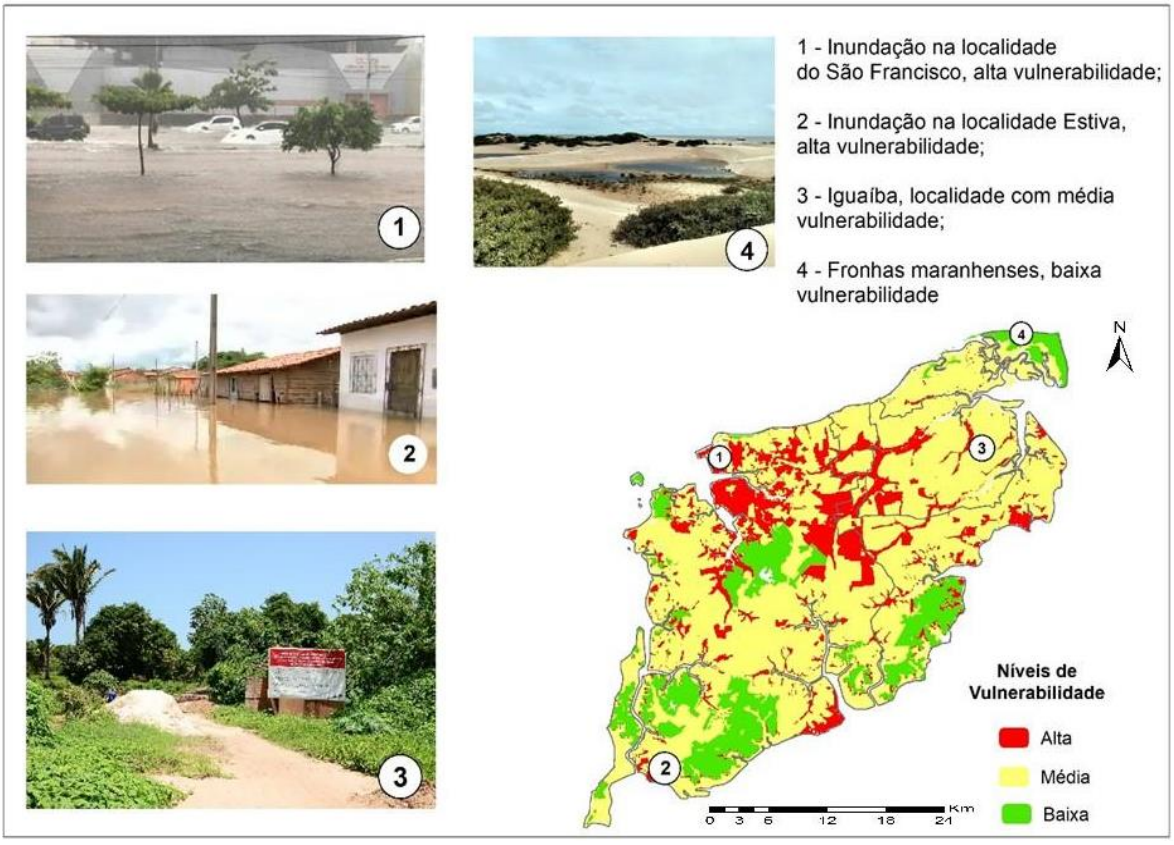
Tal quadro geoambiental revela a fragilidade dessas áreas de alta vulnerabilidade, tendo em vista os aspectos naturais que as compõem, associados às fortes pressões sociais, presumidas pelo uso e cobertura da terra. As alterações provocadas pelas atividades humanas, sobretudo nas formas de relevo, alteram a morfodinâmica delas. Tais pressões contribuem diretamente para a intensificação da vulnerabilidade ambiental, sobretudo em áreas ambientalmente frágeis.

A classe de alta vulnerabilidade ambiental a inundações abrange localidades como: São Raimundo, Cidade Olímpica, Jardim América, Nova Terra, Mata, Quinta, São Bernardo, Maiobão, Jardim São Cristóvão, Cohatrac, Novo Cohatrac, Maioba, Estiva, Moropoia, Vila Flamengo, Vila Santa Terezinha, Vila Doutor Julhinho, Turiúba, Piçarreira, Madre Deus, Parque dos Nobres, Parque Amazonas, Coroado, Coroadinho, Vila Conceição, Filipinho, Lira, Belira, Apicum, Residencial Luiz Bacelar, Forquilha, Vila Cascavel, Anil, Bequimão, Vinhais, Jardim Renascença, Recanto Vinhais, Angelim, entre outros (Figura 04).

Áreas de baixa vulnerabilidade

As áreas de baixa vulnerabilidade ambiental a inundações correspondem sobretudo às denominadas fronhas maranhenses, localizadas no município de Raposa, na porção extremo nordeste da ilha; a área do Parque Estadual do Bacanga; as áreas de concentração de vegetação na região do Igaraú, e na porção sudeste da ilha, nos limites da bacia hidrográfica do Jeniparana.

Figura 04 – Áreas representativas de cada classe de vulnerabilidade ambiental a inundações na Ilha do Maranhão, 2021



Fonte: Os autores (2021).

CONCLUSÃO

Considerando que diversos estudos têm sido elaborados sobre a temática da vulnerabilidade ambiental a fenômenos distintos, e que os eventos de inundação também correspondem a uma temática constantemente debatida em função das mudanças climáticas em curso e da forma como os espaços são apropriados, a identificação das áreas com alta vulnerabilidade ambiental às inundações é primordial para o planejamento urbano e ao reordenamento territorial, visto que o fenômeno em questão impacta diretamente a mobilidade urbana e atinge, principalmente, a população de maior vulnerabilidade social (baixa renda).

A partir dos cruzamentos realizados, as variáveis, critérios e ponderações estabelecidas, identificou-se três níveis de vulnerabilidade para a Ilha do Maranhão, dos quais a técnica adotada apontou mais de 60% da ilha em nível de média vulnerabilidade. O Processo Analítico Hierárquico (AHP) mostrou-se eficiente no que tange à identificação das áreas de vulnerabilidade ambiental a inundações na Ilha do Maranhão, sendo coerente com outros estudos anteriormente publicados.

Tal técnica mostrou-se adequada, sobretudo por apresentar vantagens no que diz respeito à hierarquização dos principais critérios, além de possibilitar a análise do grau de coerência adotada pelo pesquisador, tendo em vista a razão de consistência que é estabelecida ao final das ponderações.

Realizando as comparações necessárias com estudos que adotaram a técnica utilizada neste trabalho, bem como estudos que utilizaram outras técnicas para identificar a vulnerabilidade ambiental da ilha ou de porções dela, observou-se que os resultados coincidiram, chegando a conclusões similares na maioria deles.

O resultado alcançado identificou algumas áreas vulneráveis aos eventos, no entanto, ainda não ocorrem em grande magnitude, a ponto de interferir na mobilidade urbana e afetar a população residente. Salienta-se que cada pesquisador ao utilizar a técnica AHP precisa conhecer a área de estudo, para que tenha condições de apontar os critérios mais adequados à realidade local e ao fenômeno que está sendo considerado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMA por ter financiado o desenvolvimento desta pesquisa; à UEMA, pelo pagamento de bolsas de mestrado e de iniciação científica dos discentes; e ao Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, pela colaboração nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

ANA; CPRM. **Estudos hidrogeológicos da região metropolitana de São Luís - MA**. ANA; CPRM. Recife, p. 150. 2018. (04).

AMARAL, R.; GUTJAHR, M. R. **Desastres naturais**. Série Cadernos de Educação Ambiental, 8 - São Paulo: IG/SMA, 2015.

AQUINO, A. R.; PALETTA, F. C.; ALMEIDA, J. R. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017.

BARROS, D. V.; SILVA, Q. D.; GARRITO, A. C.; COSTA, C. M.; ARAUJO, R. P. S. Análise morfométrica aplicada na identificação de enchentes e inundações na bacia hidrográfica do Prata, Ilha do Maranhão. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 78-83, 2014.

BELEM, F. L.; CABRAL, J. B. P. Estudo de vulnerabilidade ambiental da bacia do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes (AP). **Revista Geoaraguaia**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 307-337, 2021. Disponível em: https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/7595. Acesso em: 20 dez. 2021.

BORGES, M. P.; CRUVINEL, A. S.; FLORES, W. M. F.; BARBOSA, G. R. Utilização de técnicas de geoprocessamento para a elaboração de cotas de inundações: estudo de caso do Parque Ecológico do rio Paranaíba. **Anais...**XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa, p. 5897-5903, 2015.

CALCULADORA de prioridade AHP. **BPMSG**. Disponível em: https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc.php. Acesso em: mai. 2021.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (org.). **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

NETO, R. M. Carvalho; BENEDETTI, A. C. P. **Repositório de plug-ins QGIS Python**. 2020. Disponível em: https://plugins.qgis.org/plugins/multi_criteria/. Acesso em: 18 nov. 2023.

CEMADEN. **Banco de dados meteorológicos**. Disponível em: http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/#2017. Acesso em: 04 mai. 2017.

COELHO, A. L. N. Método de análise hierárquica (AHP) aplicado a inundação urbana após evento de chuva concentrado. **GeoFocus**, n. 20, p. 183-199, 2017.

COSTA, C. M.; SILVA, Q. D.; COSTA, I. R. S; BARROS, D. V.; TEIXEIRA, E. C. Suscetibilidade a inundações a partir das variáveis morfométricas na região hidrográfica Eliezer Silva - alto curso do rio Paciência. **Revista Entorno Geográfico**, v. 13, p. 68-80, 2017a.

COSTA, C. M.; SILVA, Q. D.; FRANÇA, D. V. B.; GARRITO, A. C. Mapeamento do risco real de inundações na região hidrográfica Apaco, alto curso do rio Paciência – Ilha do Maranhão. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. **Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento**. Campinas: Instituto de Geociências – UNICAMP, 2017b.

COSTA, C. M. Risco de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís – Maranhão. **Dissertação de Mestrado**, São Luís: UEMA, 2019c.

COSTA, C. M.; SILVA, Q. D.; BEZERRA, J. F. R.; GARRITO, A. C.; BARROS, D. V.; ARAÚJO, R. P. Santos. **Enchentes e inundações no alto curso da bacia hidrográfica do Paciência**. São Luís: UEMA, 2014.

COSTA, C. M. et al. Uso e ocupação das áreas de preservação permanente e o perigo de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Anil, São Luís – Maranhão. **Geografia Ensino e Pesquisa**, v.23, 2019, p. 1- 23.

COSTA, C. M.; MORAIS, M. S.; SILVA, Q. D.; BEZERRA, J. F. R.; FRANÇA, D. V. B.; SANTANA, R. G. Geomorfologia antrópica e a ocorrência de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Paciência – Ilha do Maranhão. In.: PINHEIRO, L. S.; GORAYTE, A. (Org.) **Geografia física e as mudanças globais**. Fortaleza: UFC, p. 1-12, 2019d.

COSTA, C. M.; FRANÇA, D. V. B.; SILVA, Q. D.; SANTANA, R. G.; TEIXEIRA, E. C. Uso e ocupação das áreas de preservação permanente e o perigo de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís – Maranhão. **Geografia Ensino e Pesquisa**, v. 23, p. 1-23, 2020. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/38074. Acesso em: 09 dez. 2020.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geodiversidade da Ilha do Maranhão**. CPRM: Recife, 2018. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20597. Acesso em: 04 set. 2021.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: SAE/INPE, 2001.

CUTTER, S. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**. Coimbra, n. 93, p.59-69, jun. 2011.

CUTTER, S.; L.; BORUFFE, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social vulnerability to environmental Hazards. **Social Science Quarterly, Columbia**, v. 84, n. 2, jun. 2003.

CURY, M. Domingos; LADWIG, N. I.; MENEGASSO, J. Debiasi; SUTIL, T.; CONTO, D. Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação como informação para o planejamento e a gestão territorial em bacia hidrográfica. **Caminhos de Geografia**, [S. l.], v. 22, n. 83, p. 160–175, 2021.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; TEIXEIRA, A. S.; ARAUJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAUJO, J. C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. Rio de Janeiro: **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.

FRANÇA, D. V. B. et al. Mapeamento de áreas com ocorrência de enchentes e inundações na bacia hidrográfica do Prata, Ilha do Maranhão. **Anais** do XII SINAGEO: Paisagem e Geodiversidade, Crato, p. 1- 9, 2018.

FRANÇA, D. V. B. Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2019.

GERHARTD, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Universidade Aberta do Brasil. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GOEPEL, K.D. Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, v. 10, n. 3, p. 469-487, 2018.

GRASSI, J.; DEPPE, F.; LOHMANN, M.; SANGOI, D. S. Mapeamento da vulnerabilidade a inundações e deslizamentos de terra no Estado do Paraná. **Anais**... XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Foz do Iguaçu, p. 2501-2508, 2013.

GUERRA, F. C. Mapeamento das áreas de vulnerabilidades socioambientais aos riscos hidrológicos: inundações em Bragança Paulista/SP. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal**. 2020.

ICEA. **Banco de Dados Meteorológicos**. Disponível em: http://pesquisa.icea.gov.br/climatologia/. Acesso em out/2017.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS - IMESC. **Vulnerabilidade ambiental a inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Paciência**: Ilha do Maranhão. São Luís: IMESC, 2021.

INMET. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa- BDMET**. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep acesso: 04 mai. 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Spring** v. 4.1.1, 2005.

LADWIG, N. I.; ASSUNÇÃO, A. F.; DIAS, A. O.; GUIMARÃES, C. P.; BERTOLIN, R.; BÔLLA, K. D. S.; MATOS, H. Mapeamento da vulnerabilidade à inundação e ao deslizamento na bacia hidrográfica

do rio Urussunga, utilizando o método de análise hierárquica - AHP. In: LADWIG, N. I.; SCHWALM, H. (Org.). **Planejamento e gestão territorial:** gestão integrada do território. Criciúma: UNESC, 2017. p. 143-160.

LEAL, F. C. B. S.; BARBOSA, I. M. B. R.; AQUINO, J. T. Mapeamento de áreas vulneráveis à inundação com uso do SIG e da análise multicritério: o caso da bacia hidrográfica do rio Uma em Pernambuco. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental,** v. 9, número especial, p. 20-40, 2020.

LOPES, E. C.; ANJOS, G. C. D. Geologia da Ilha de São Luís. In: ANA; CPRM Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de São Luís: subsídio para o uso sustentável dos recursos hídricos. Recife: [s.n.], 2018.

LOUZEIRO, A. S. Vulnerabilidade e risco de movimento de massa no município de São Luís - MA (Brasil). **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

MAGALHÃES, I. A. L. et al. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí, ES: uma análise comparativa entre dois métodos. **Caderno de Geociências**, Salvador v.8, n. 2, p. 63-70, nov. 2011.

MENEGASSO, J. D. Mapeamento do risco de inundação na bacia hidrográfica do Rio Belo, Orleans, SC. **Dissertação** (Mestrado). Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2019.

MENEGON, B. S. O controle geológico de áreas suscetíveis à inundação: um exemplo no município de Santa Vitória do Palmar. **Monografia** (Bacharelado em Geologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

MIARA, M. A.; OKA-FIORI, C. Análise por múltiplos critérios para a definição de níveis de fragilidade ambiental – um estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, Ponta Grossa/PR. **Revista RA'EGA:** o espaço geográfico em análise, Curitiba, n. 13, p. 85-98, 2007.

MORAIS, M. S. Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís – MA. **Dissertação** (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

PEREIRA, C. R. P. Índice de Vulnerabilidade Social a Inundação como ferramenta de Planejamento Urbano. In: **Anais** do XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA URBANA. Vitória: Editora Milfontes, v. 1. p. 3702-3718, 2019.

RAMOS, P. A. S. Proposta metodológica para mapeamento de vulnerabilidade à inundação. **Dissertação** (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. São Luís, 2017.

RODRIGUES, H. O.; SOARES-FILHO, B. S.; COSTA, W. L. S. Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,2007, Florianópolis. **Anais** eletrônicos [...]. Florianópolis: INPE,2007. p. 3089-3096.

SAATY, T. H. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v.15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SANTANA, R. G.; SILVA, Q. D.; BARROS, D. V. Análise espacial em áreas de inundações na sub-bacia hidrográfica do riacho do Angelim, São Luís - MA. **Revista da Casa da Geografia de Sobral** (RCGS), v. 21, p. 502-520, 2019.

SANTANA, R. G. **Fragilidade ambiental do relevo à ocupação urbana na sub-bacia hidrográfica do riacho do Angelim, São Luís – MA**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão/São Luís - MA, 2021.

SANTOS, P. S. Estudo da vulnerabilidade ambiental no município de Santo Amaro - BA. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia. UFBA, Salvador, 2015.

SILVA, Q. D. Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão. **Tese** (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/101458. Acesso em: 11. Jun 2019.

SILVA, Q. D.; SIQUEIRA, B.; COSTA, C. M.; FRANÇA, D. V. B. Concentração da precipitação e a ocorrência de inundações no ano de 2014 no alto curso da bacia hidrográfica do rio Paciência – Ilha do Maranhão. **Ciência Geográfica**, v. XXIV, n. 3, p. 1151-1180, 2020.

SOARES, C. J. M. Zoneamento de Áreas Vulneráveis a Inundação e Alagamento em Rio Claro – SP pelo Método AHP. **Monografia** (Graduação). Universidade Estadual Paulista, São Luís, 2018.

SOUZA, U. D. V. S.; KUX, H. J. H. Analyse the vulnerability in the Maranhão ilha, Brazil, using gis techniques and geospatial inference. **Revista Geográfica de América Central**, Número Especial EGAL, vol. 2, p. 1-23 Universidad Nacional Heredia, Costa Rica, 2011.

TAGLIANI, C. R. A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. Belo Horizonte. **Anais**... XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO Remoto, Minas Gerais: SBSR, 2003. Disponível em: http://www.fatorgis.com.br. Acesso em 12 Out 2018.

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

ANÁLISE DE VEGETAÇÃO DA RESERVA AMBIENTAL DE ITAQUIRAÍ - MS

Graciel Souza de Oliveira 1[(a)], Gustavo Gonçalves de Almeida 2[(b)], Jordan Leite da Silva 3[(c)], Weslen Cristian Andrade da Silva 4[(d)]

[(a)]Graduando em Engenharia agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, gracieloliveira7@gmail.com
[(b)]Graduando em Zootecnia, Universidade Federal da Grande Dourados, gustavogoncalvesdealmeida913@gmail.com
[(c)]Graduando em Engenharia agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, weslencristian298@gmail.com
[(d)]Graduando em Engenharia agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, Joordansilva1324@gmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho é analisar a vegetação da reserva ambiental de Itaquiraí - MS, através de uma coleção de imagens retiradas do satélite, sendo de 2020 a 2023. As imagens foram tratadas no aplicativo Qgis para obtenção do melhor modo de visibilidade dessa vegetação e se há algum problema florestal nessa reserva. Os resultados não foram os melhores, visto que há uma exploração intensa principalmente no ano de 2022 em vários pontos, mas que foi estabilizada em 2023. A região também sofre com efeitos de bordadura desde 2021 que teve um crescimento em 2022 e se manteve em 2023. O trabalho tem como objetivo contribuir para o monitoramento da reserva ambiental e para a tomada de decisões futuras. A análise das imagens permite identificar áreas com menor atividade fotossintética e possíveis causas como desmatamento, queimadas, erosão do solo, poluição e mudanças climáticas.

Palavras-chave: NDVI, Análise, Floresta, Desmatamento, Georreferenciamento.

Abstract: The objective of this work is to analyze the vegetation of the environmental reserve of Itaquiraí - MS, through a collection of images taken from the satellite, from 2020 to 2023. The images were treated in the Qgis application to obtain the best mode of visibility of this vegetation and if there is any forest problem in this reserve. The results were not the best, since there is intense exploitation mainly in the year 2022 at various points, but it was stabilized in 2023. The region also suffers from border effects since 2021 which grew in 2022 and remained in 2023. The work aims to contribute to the monitoring of the environmental reserve and for future decision making. The analysis of the images allows to identify areas with less photosynthetic activity and possible causes such as deforestation, fires, soil erosion, pollution and climate changes.

Keywords: NDVI, Analysis, Forest, Deforestation, Georeferencing.

INTRODUÇÃO

Atualmente há uma extensa ocupação das áreas urbanas, e segundo (SOUSA et al., 2013), ocorreu por conta do sistema capitalista, pós Revolução Industrial, que em contrapartida o meio ambiente foi exposto a séries de devastações, ameaçando o equilíbrio do planeta terra e abalar a vida dos seres humanos. Segundo (SOUSA et al., 2013) ainda, essas interferências da humanidade no meio ambiente aumentaram, já que o crescimento populacional não para e consequentemente aumentando o consumo dos recursos naturais, a partir das necessidades básicas do ser humano, como moradia e trabalho. Porém necessidades que poderiam ser eficientes com um planejamento urbano adequado. E que acaba acarretando devastação de áreas verdes com reservas florestais. A Lei 12.651/2012, conhecida como Código Florestal, foi criada pelo Congresso Nacional do Brasil que visa a proteção das reservas florestais, lei esta que estabelece normas gerais para a proteção da vegetação nativa, incluindo Áreas de Preservação Permanente, Reservas Legais e Áreas de Uso Restrito; exploração florestal; fornecimento de matéria-prima florestal.

Mesmo com as leis em vigor e punindo empresas, não está sendo o suficiente para extinguir o desmatamento das áreas de reservas, que acarreta na degradação do meio ambiente e destruindo a fauna e flora locais.

A área de reserva florestal de Itaquiraí/ MS objeto deste estudo, é considerada com altíssima qualidade ambiental e agrícola, não escapa a regra das reservas de grandes centros urbanos, pois se comparar áreas florestais de décadas passadas com a atual, é notável a redução de áreas verdes em várias partes da reserva.

Para a melhor visualização dessas áreas verdes o melhor modo de análise é feito pelo Índice de Vegetação que baseia-se em energia refletida na luz vermelha e no infravermelho próximo que está diretamente relacionado com a fotossíntese vegetação, e assumindo o uso de duas ou mais bandas espectrais, podem reduzir a fonte principal do ruído, o que afeta a resposta da vegetação, como variações na irradiância solar; efeitos atmosféricos; contribuições da vegetação não- fotossinteticamente ativa; contribuições do substrato; e efeitos da composição e estrutura do dossel (FERREIRA et al., 2008).

O índice de vegetação mais comumente utilizado é o (NDVI) Normalized Difference Vegetation Index que aumenta o contraste da radiação refletida faixa espectral vermelha e infravermelha, proporcional à atividade Fotossíntese, que facilita a identificação de diferentes espécies, a aparência da planta e efeitos relacionados às atividades humanas (MASCARENHAS et al., 2008).

O NDVI representa a saúde da vegetação local de uma forma mais simplificada. No mapa geralmente aparece nas cores verde escuro, amarelo claro e vermelho. Se a vegetação estiver saudável e com alta produção no mapa será representado pela cor verde, e caso esteja amarelo significa vegetação está com um déficit de nutrientes e água, e se estiver vermelho quer dizer que não há atividade fotossintética, ou seja, não há plantações, podendo ser construções, solos expostos ou rios, lagos (MENDES, 2021).

Os valores de NDVI podem variar entre -1,0 e 1,0, quanto maior o valor, mais fotossintética é a vegetação. Vale ressaltar que não existe uma tabela fixa de valores ideais de NDVI, pois cada cultura responde à luz. Todo uso da terra tem o que chamamos de refletividade, que é quanta radiação uma determinada superfície devolve à atmosfera, ou seja, é realmente o grau em que as plantas refletem a luz solar. (MENDES, 2021). Os satélites nos fornecem várias bandas de cores, se combinar as bandas RGB (vermelho, verde, azul) produz-se uma imagem de cor verdadeira, enquanto que se considerarmos NIR e vermelho na matemática, obtemos NDVI. Que nada mais é que a relação de Refletância de infravermelho próximo (NIR) e vermelho visível (Red), (MENDES, 2021).

OBJETIVO:

Para monitorar a área da reserva florestal, recorre-se a recursos do software Qgis que permitem uma melhor visualização das imagens de satélites. Assim, pode-se verificar se a reserva está cumprindo sua função ambiental, se sofre ameaças ou danos à sua integridade, se precisa de recuperação ou manejo sustentável e se traz benefícios econômicos ou sociais para as populações locais. Com as imagens tratadas no software, é possível identificar danos em um determinado período de tempo e buscar possíveis soluções. O monitoramento da reserva ambiental é fundamental para a preservação da biodiversidade e para a manutenção dos serviços ecossistêmicos que ela oferece.

A análise das imagens permite identificar áreas com menor atividade fotossintética e possíveis causas como desmatamento, queimadas, erosão do solo, poluição e mudanças climáticas. A partir dessas informações, é possível desenvolver estratégias para minimizar os impactos negativos na reserva ambiental e promover a recuperação de áreas degradadas.

Além disso, o monitoramento da reserva ambiental pode contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a conservação da biodiversidade e para o uso sustentável dos recursos naturais. A reserva ambiental de Itaquiraí - MS é um importante patrimônio natural do país e sua preservação é fundamental para garantir a qualidade de vida das gerações presentes e futuras.

MATERIAL E MÉTODO

A área de estudo foi a reserva florestal de Itaquiraí com 17,45 km², localizada a 312,97 km de distância da capital estadual de Campo Grande, medição está feita a partir de ferramentas do Google Earth. Tendo em vista que o trabalho é a criação de um mapa para avaliação da vegetação em um período de tempo, utilizou-se o índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI).

Sendo assim para o experimento foi necessário baixar somente duas bandas de cores B4 e B8 (onde a B4 é o vermelho visível e o B8 é o infravermelho próximo) dos anos de 2020 ao ano de 2023

do Sentinela-2 L2A, já com a correção atmosférica sem nuvens, já que elas atrapalham na visualização do local. a partir do banco de dados do site Navegador Sentinel Hub EO.

Para as bandas B4 e B8 de 2020 foi necessário deslocá-las, visto que as mesmas estavam exageradamente fora da sua localização real, para isso foi utilizado o complemento "*Freehand raster georeferencer*" que permitiu esse deslocamento, o redimensionamento e a fixação da imagem na coordenada correta, considerando o mapa do google Earth, disponibilizado pelo próprio software Qgis. Em seguida as bandas imagens foram processadas no software, utilizando a calculadora raster para conseguir apresentar o NDVI, na calculadora é necessário digitar a equação do NDVI abaixo:

NDVI = (NIR – Red) / (NIR + Red)

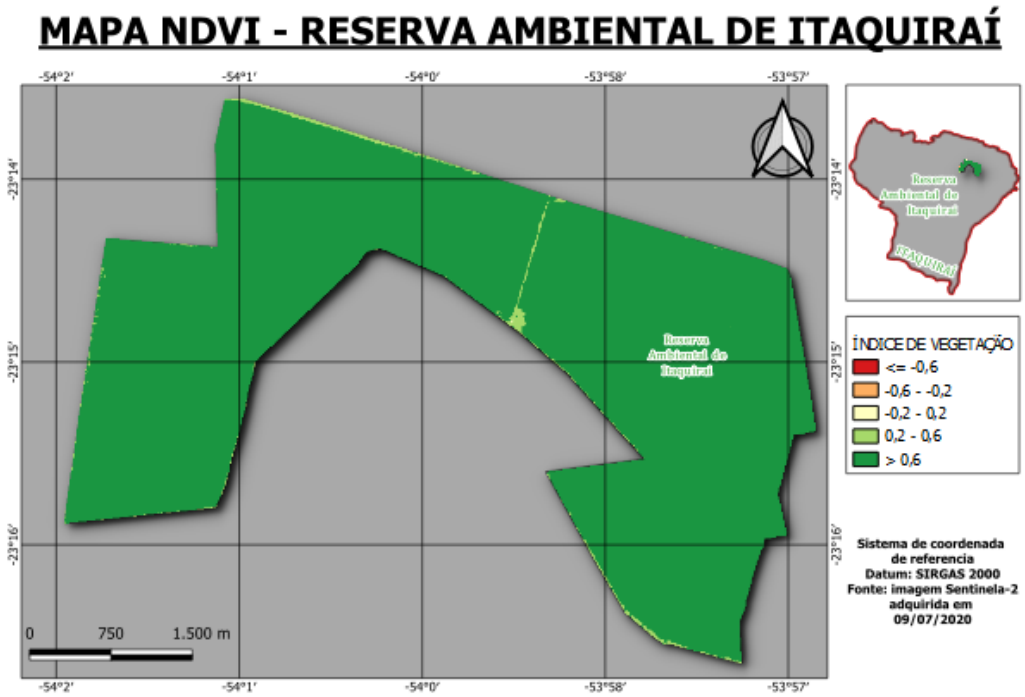
Onde: NDVI: Índice de Vegetação da Diferença Normalizada. NIR: representa a banda do infravermelho próximo (B8). Red: representa a banda do vermelho visível (B4).

Foi aplicado essa equação para as bandas B8 e B4 de cada ano, após isso obtemos os NDVIs de cada ano, mas em tons variados de cinzas. Mas a imagem que obtivemos do satélite está retangular, e a análise é apenas da reserva ambiental de Itaquiraí, então para obter somente a área de interesse, criamos uma nova camada e com a ferramenta polígono, desenhamos um polígono sobre a área. depois utilizamos a ferramenta recorte de raster pela camada de máscara, onde nossa camada de entrada é o NDVI e a extensão de recorte é o polígono criado. Feito isso temos o recorte da reserva ambiental, mas ainda colorido com tons de cinza, então, na opção propriedades e simbologia, mudamos para "Banda simples falsa-cor" e selecionamos um gradiente que vai do vermelho ao verde e para ficar com uma legenda mais detalhada seleciona o "método discreto".

RESULTADO E DISCUSSÃO

Após todos os processamentos das bandas, obtém-se uma melhor visualização para a análise de vegetação local da reserva, para os anos de 2020 a 2023. Para a análise utilizamos como referência a **figura 1**, já que ela possui a área completamente verde, ou seja, a saúde da vegetação está em ótimo estado, com as copas das árvores cheias e saudáveis e com boa produção.

Figura 1 - Reserva ambiental de Itaquiraí (MS)



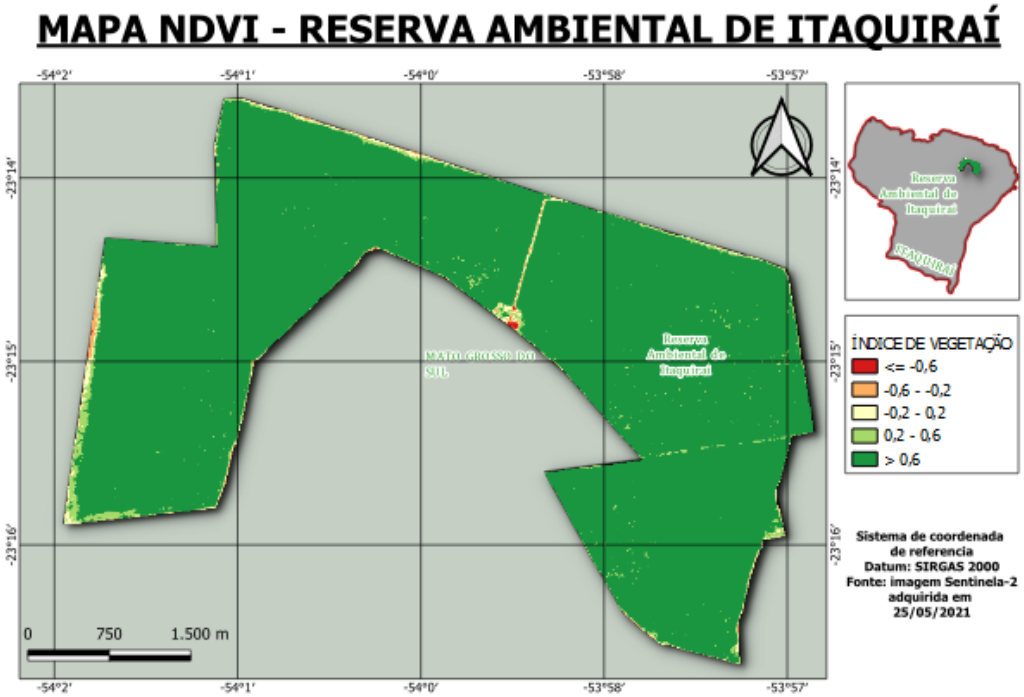
Fonte: Imagem obtida através do satélite Sentinel-2 A (2020).

Na **figura 1**. encontra-se a reserva ambiental de Itaquiraí com maior parte da área em cor verde escuro, já que possui com valores de NDVI maiores que 0,6, que nos retrata que há atividades fotossintética ativa, há população vegetal com uma boa saúde, com copas extensas. Já ao meio da imagem observa-se uma leve saliência verde mais claro, que nos indica uma menor atividade fotossintética, não sendo tão significativa, uma hipótese é que segmento dessa área verde claro segue em um sentido, ordenado e uniforme, certamente é uma área desmatada para criação algum tipo de estrada de chão, mas que ainda possui plantas de pequeno porte, ou resquícios de plantas daninhas.

Na **figura 2**, adiante, observa-se uma diferença significativa na vegetação da Reserva Ambiental Itaquiraí em relação à **figura 1**. As cores vermelhas e os tons amarelados predominantes na imagem, indicando baixa ou nenhuma atividade fotossintética nas plantas. As manchas vermelhas no centro e na borda esquerda da reserva são áreas onde a vegetação foi totalmente destruída ou degradada.

Essas manchas podem ser resultado de desmatamento ilegal, queimadas, pragas ou doenças. Ao meio da imagem, nota-se a presença de construções que não existiam na **figura 1**. Essas construções podem ser de madeireiras, fazendas, estradas ou outras atividades humanas que impactam negativamente o meio ambiente. Na borda esquerda da reserva, também se percebe uma diminuição na intensidade do verde, que pode ser causada pelo efeito de bordadura. Esse efeito ocorre quando as plantas nas extremidades das fileiras ou parcelas têm um desempenho inferior às plantas no meio, devido a fatores como vento, luz, temperatura ou competição (CARGNELUTTI FILHO et al., 2003). Portanto, a **figura 2** mostra que a Reserva Ambiental Itaquirai sofreu uma perda considerável de sua cobertura vegetal entre 2019 e 2021, possivelmente em função da exploração ilegal de madeira. Segundo o Departamento de Operações de Fronteira (DOF), mais de 50 metros cúbicos de madeira ilegal foram apreendidos na reserva em agosto de 2021 (G1MS, 2021).

Figura 2 - Reserva ambiental de Itaquiraí (MS)

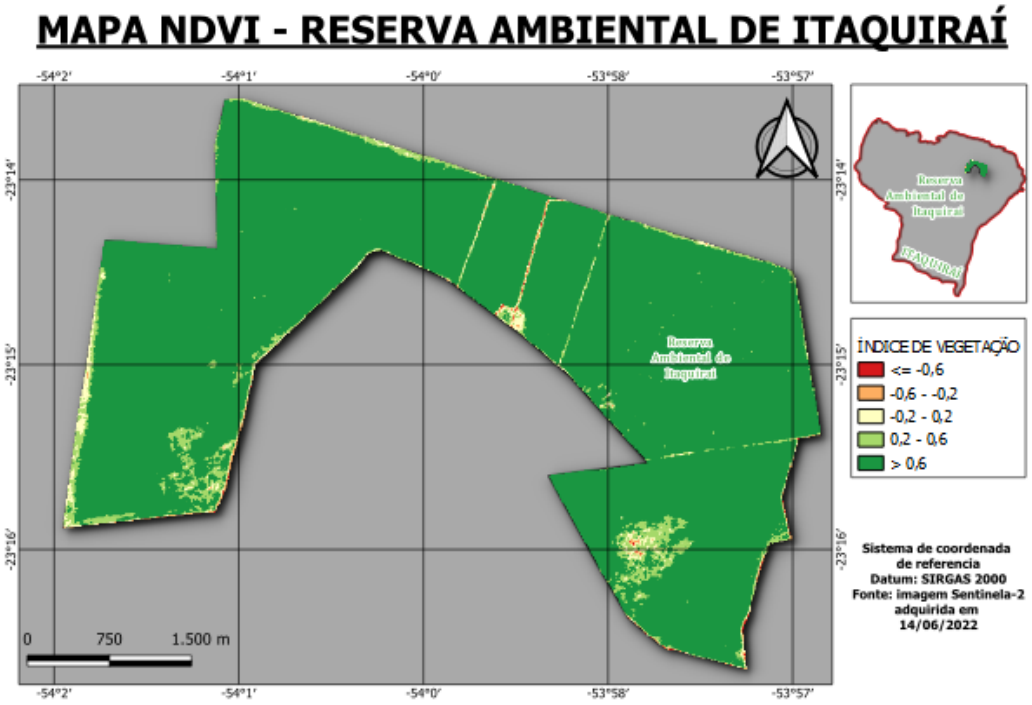


Fonte: Imagem obtida através do satélite Sentinel-2 A (2021).

A **figura 3** apresenta uma situação crítica da Reserva Ambiental Itaquirai, que teve sua vegetação reduzida e degradada em 2022. A imagem mostra todas as cores da legenda, que representam os valores do NDVI, um índice que mede a atividade fotossintética das plantas. As áreas vermelhas têm valores negativos de NDVI, entre -0,6 e 0, indicando que não há vegetação nesses locais e que os solos estão expostos à erosão e à perda de nutrientes. As áreas verdes têm valores positivos de NDVI, entre 0 e 0,6, indicando que há vegetação nesses locais e que ela está saudável ou em processo de recuperação. No meio da reserva, é possível observar três estradas abertas que atravessam a área protegida e que

provocam danos ambientais como fragmentação de habitats, poluição sonora e atmosférica, atropelamento de animais e invasão de espécies exóticas. **A figura 3** demonstra que a reserva de Itaquiraí sofreu um intenso desmatamento em 2022, comprometendo sua biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos.

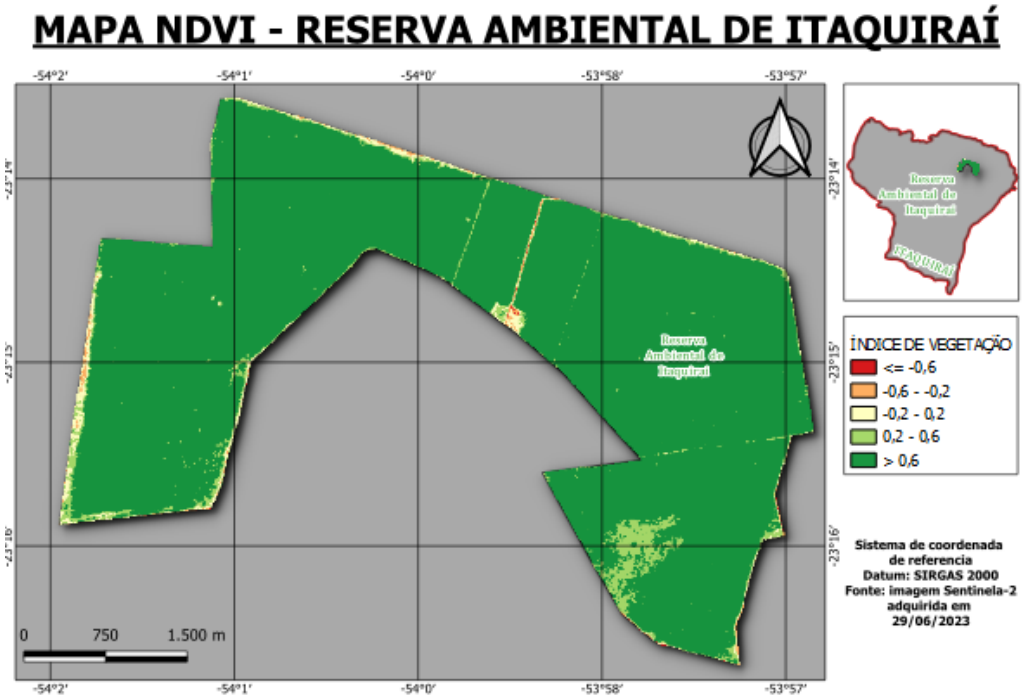
Figura 3 - Reserva ambiental de Itaquiraí (MS)



Fonte: Imagem obtida através do satélite Sentinel-2 A (2022).

A **figura 4** mostra uma melhora na situação da vegetação no centro da Reserva Ambiental Itaquiraí, comparada à **figura 3**. A cor verde se intensifica nessa região, indicando um aumento na atividade fotossintética das plantas.

Figura 4 - Reserva ambiental de Itaquiraí (MS)



Fonte: Imagem obtida através do satélite Sentinel-2 A (2023).

A madeireira que estava instalada no meio da reserva parece ter encerrado suas atividades, pois não se observam mais estradas abertas ou áreas desmatadas. A vegetação que estava em processo de recuperação em 2022 está mais próxima de seus parâmetros originais. No entanto, nas bordas da reserva, ainda se nota o efeito bordadura, que afeta o desempenho das plantas nas extremidades das parcelas. Os valores de NDVI nessas áreas são baixos, indicando uma menor produtividade primária.

CONCLUSÃO

A Reserva Ambiental Itaquiraí é uma área protegida que abriga uma rica biodiversidade e presta importantes serviços ecossistêmicos. No entanto, essa reserva vem sofrendo com a ação humana, que provoca o desmatamento, a degradação e a perda de vegetação. As figuras 1, 2, 3 e 4 mostram a evolução da cobertura vegetal da reserva entre 2020 e 2023, usando o NDVI como indicador da atividade fotossintética das plantas. A figura 1 mostra que em 2020 a reserva tinha uma vegetação saudável e homogênea, com valores de NDVI altos e positivos. A figura 2 mostra que em 2021 houve uma redução significativa da vegetação no centro e na borda esquerda da reserva, com valores de NDVI baixos e negativos. Essa redução foi causada pela instalação de uma madeireira no meio da reserva, que desmatou e abriu estradas na área protegida. A figura 3 mostra que em 2022 o desmatamento se intensificou, deixando grandes áreas com solos expostos e sem vegetação. A figura 4 mostra que em 2023 houve uma recuperação parcial da vegetação no centro da reserva, após o encerramento das atividades da madeireira. No entanto, nas bordas da reserva ainda se observa o efeito bordadura, que prejudica o crescimento das plantas nas extremidades das parcelas. Portanto, conclui-se que a Reserva Ambiental Itaquiraí sofreu um grave impacto ambiental entre 2020 e 2023, que compromete sua integridade e sua função ecológica.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho. Cada um de vocês desempenhou um papel vital para que este projeto fosse bem-sucedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANTOS, M.P. et al. A precisão experimental relacionada ao uso de bordaduras nas extremidades das fileiras em ensaios de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, V.33, n.4, p.607-614, 2003.

ROBERTO, S.P. et al. Parques e reservas florestais do município de Maringá/PR. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 3, 2013.

FERREIRA, N.C. et al. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e Estado da arte. **Acta Sci. Biol. Sci**. Maringá, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

MASCARENHAS, A.M.L. et al. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, p.5- 18, 2009.

MENDES, H.F. O que é ndvi, boosteragro, 2021. Disponível em: O que é NDVI? - BoosterAgro Blog. Acesso em: 06/08/2023.

G1MS. DOF apreende mais de 50 metros cúbicos de madeira em reserva ambiental de MS, 2021. Disponivel em: DOF apreende mais de 50 metros cúbicos de madeira em reserva ambiental de MS | Mato Grosso do Sul | G1 (globo.com). Acesso em:06/08/2023.

ANÁLISE DO SEQUESTRO DE CARBONO EM UMA PARCELA DA CAATINGA EM PETROLINA, PERNAMBUCO: UMA PERSPECTIVA ESPACIAL

Joélia Natália Bezerra da Silva [(a)], Jessica Laís Bezerra da Silva [(b)], Jadson Freire da Silva [(c)], Juliana Patrícia Fernandes Guedes Barros [(d)], Gabriel Antonio Silva Soares [(e)]

[(a)] Doutora em desenvolvimento e Meio ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, joelia.silva@ufpe.br
[(b)] Graduada em ciências biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, jessicalais94@gmail.com
[(c)] Doutor em desenvolvimento e Meio ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, jadsonfreiresilva@gmail.com
[(a)] Mestranda em desenvolvimento e Meio ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, juliana.guedesbarro@ufpe.br
[(a)] Mestrando em desenvolvimento e Meio ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Gabriel.antonios@ufpe.br

Resumo: As mudanças climáticas, gases de efeito estufa, o aquecimento global e seus possíveis efeitos vêm mostrando em inúmeros debates e estudos que as atividades humanas são apontadas como uma das maiores causas das mudanças climáticas. No Brasil, a região Semiárida poderá ser uma das mais impactadas pelas mudanças no clima, e a vegetação predominante nessa região, a Caatinga, é bastante modificada ao longo do ano devido à grande variabilidade climática. Diante do exposto, o objetivo deste estudo é avaliar a variação espacial e temporal do sequestro de carbono na caatinga (arbustiva e arbórea) frente às mudanças climáticas A Produtividade Primária Bruta - PPB e Produtividade Primária Líquida - PPL, apresentaram bastante diferentes em relação aos impactos das variações climáticas. Os resultados apontaram que a Produtividade Primária Líquida pouco varia com as condições climáticas e a Produtividade Primária Bruta apresentou impactos devido às variações climáticas exemplo mês de maio e outubro. As estimativas dos fluxos de carbono desempenham um papel crítico na compreensão dos impactos das mudanças climáticas, contribuindo para estratégias de mitigação e adaptação, bem como para o desenvolvimento de políticas ambientais sustentáveis.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, estimativas, vegetação, mudanças climáticas.

Abstract: Climate change, greenhouse gases, global warming, and their potential effects have been the subject of numerous debates and studies, indicating that human activities are among the major contributors to climate change. In Brazil, the Semi-Arid region could be one of the most impacted by climate changes, and the predominant vegetation in this region, the Caatinga, undergoes significant modifications throughout the year due to the large climatic variability. In light of this, the objective of this study is to assess the spatial and temporal variation of carbon sequestration in the Caatinga (shrub and tree) in the face of climate changes. Gross Primary Productivity (GPP) and Net Primary Productivity (NPP) exhibited significant differences in response to climate variations. The results indicated that NPP shows little variation with climatic conditions, while GPP is impacted by climatic variations, for example, in the months of May and October. Estimates of carbon fluxes play a critical role in understanding the impacts of climate change, contributing to mitigation and adaptation strategies, as well as the development of sustainable environmental policies**.**

Keywords: Remote sensing, estimates, vegetation, climate change.

INTRODUÇÃO

As perturbações climáticas globais já deixam sua marca em diversos sistemas naturais. Esses impactos manifestam-se de diversas formas destacando-se a ampliação das áreas susceptíveis à desertificação, o aumento nos níveis dos oceanos, as mudanças no comportamento dos biomas, a redução da disponibilidade hídrica, diminuição na produção de alimentos em algumas regiões do mundo (GALVÍNCIO; PIMENTEL; FERNANDES, 2010; SILVA, et al., 2013; SOUZA et al., 2014)

A partir da problemática das mudanças climáticas globais, vários estudos e iniciativas políticas passaram a ser adotados com o intuito de conhecer e reconhecer os impactos e as possíveis ações de

combate e mitigação das mudanças climáticas (SILVA, et al., 2013; LACERDA et al., 2020; MENDES et al., 2021; SILVA et al., 2021; SILVA, et al., 2017; SILVA et al., 2017; ZHANG et al., 2022). A relação entre a Produtividade Primária Bruta (PPB) e a Produtividade Primária Líquida (PPL) com o CO_2 atmosférico destaca a interação entre as plantas e outros processos descrevendo a remoção do carbono da atmosfera (FIELD et al., 1995).

A maioria dos estudos efetuados para medições de carbono, em linhas gerais, se alterna em três principais métodos. O primeiro são amostragens diretas, que são realizadas de forma destrutiva com a derrubada da vegetação; já o segundo consiste na utilização de equações alométricas; e por fim, o terceiro utiliza índices de vegetação por meio de técnicas de sensoriamento remoto e mapeamento da vegetação (CERQUEIRA; ROCHA, 2007). O sensoriamento remoto é uma técnica que utiliza sensores em plataformas aéreas ou espaciais para coletar informações sobre a Terra sem contato físico direto. Isso permite a obtenção de dados, como imagens ou espectros de luz, para análise e interpretação de características da superfície terrestre (NOVO, 2009). As medições do fluxo de carbono destrutiva e alométricas são técnicas pouco utilizadas, resultando em uma escassez de medidas disponíveis para validar e avaliar as incertezas dos produtos de satélite. (MA et al., 2016). É possível avaliar o sequestro de carbono com a utilização de imagens de satélite (dados orbitais) e dados hiperespectrais (espectroscopia de campo) da vegetação e demostrar alta eficiência para estimativas do sequestro de carbono. Técnicas ligadas ao sensoriamento remoto têm sido utilizadas para analisar características e comportamentos da vegetação. Com a disponibilidade de dados espectrais, o sensoriamento remoto tem sido uma ferramenta bastante relacionada à estimativa de biomassa florestal e ao sequestro de carbono (WATZLAWICK et al., 2009).

No Brasil, a região Semiárida é uma das mais impactadas pelas mudanças no clima (MENDES et al., 2021; SILVA et al., 2017) caracterizado por temperaturas elevadas, baixa amplitude térmica anual e chuvas escassas e mal distribuídas, com longos períodos de seca (TABARELLI et al., 2018) . A vegetação predominante nessa região, a Caatinga, é bastante modificada ao longo do ano devido à sua acentuada variabilidade climática (SILVA et al., 2021). O baixo índice pluviométrico e as altas temperaturas causam diversos problemas socioeconômico e ambientais, mas, em especial, as atividades antrópicas têm fragilizado o ecossistema produzindo desequilíbrios ecológicos que são vulneráveis às mudanças climáticas globais (SILVA et al., 2017; TABARELLI et al., 2018)

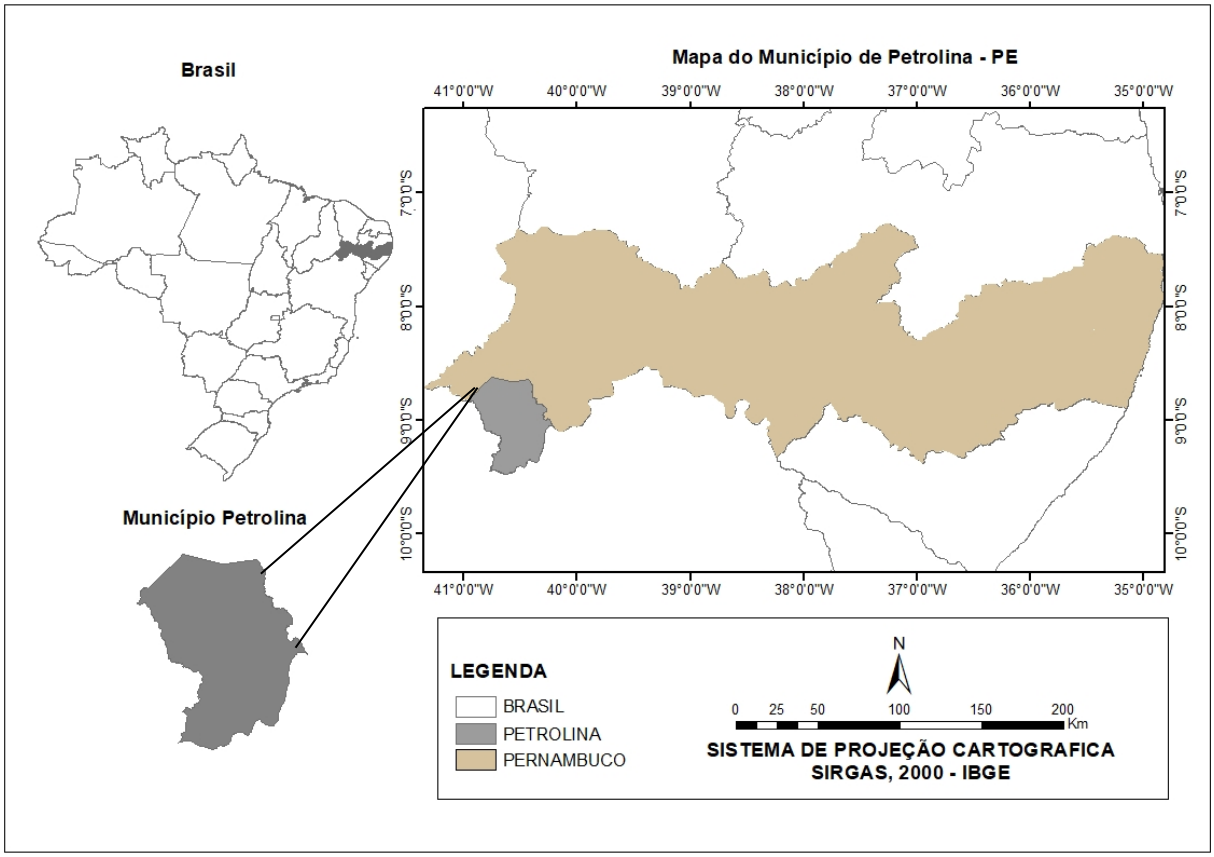
A análise da dinâmica do carbono no ecossistema de caatinga é portanto, uma questão aberta e desafiadora, em relação à heterogeneidade espacial do ponto de análise. Diante do atual cenário de vulnerabilidade ambiental, estimativas de sequestro de carbono se tornaram importantes para questões relacionadas ao manejo florestal e alterações no clima (HIGUCHI et al., 1998). Diante do atual cenário de vulnerabilidade ambiental, as estimativas de sequestro de carbono se tornaram importantes para questões relacionadas ao manejo florestal e alterações no clima. Deste modo, o objetivo desse estudo é analisar a variação temporal do sequestro de carbono em ecossistemas da Caatinga (arbustiva e arbórea) frente às mudanças climáticas.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

A área em estudo está situada no município de Petrolina, no extremo oeste, a uma latitude de 08° 30’ 54” Sul e uma longitude de 41° 0’ 18” Oeste, com uma altitude de 522 metros. O clima da região do tipo semiárido pela classificação de Köppen que se enquadra como BSh e BWh, as chuvas são concentradas entre os meses de novembro a abril, cuja precipitação pluviométrica média anual é de 578 mm, temperatura do ar 26,5°C, evaporação anual de 2600 mm e umidade relativa média anual de 61% (MOURA et al., 2007). A vegetação é predominantemente composta por Caatinga hiperxerófila, com áreas de floresta caducifolia. Na paisagem, destaca-se a presença marcante da Caatinga arbustiva-arbórea, intercalada com trechos de Caatinga arbustiva (QUEIROGA et al., 2020). Predominam os solos com baixo desenvolvimento como os Neossolos, além dos Planossolos, e pequenas manchas de solos desenvolvidos como os Latossolos e Argissolos, entre outros (OLIVEIRA, 2022). Inserido na unidade geoambiental da depressão sertaneja, que representa uma paisagem típica do semiárido nordestino.

Figura 2- Localização da área de estudo, município de Petrolina.



Fonte: Autores (2023).

Utilizou-se a refletância de superfície (SR) Landsat-8 de 16 dias e os dados de Garantia de Qualidade (QA) associados da Arquitetura de Processamento Científico do Centro de Observação e Ciências da Terra do *U.S. Geological Survey USGS*: https://espa.cr.usgs.gov/. Do sensor *Operational Land Imager - OLI*, foi utilizado o produto *Level* 2 de refletância da superfície com resolução temporal de 16 dias, e espacial de 30 m, foram adquiridas 3 cenas para o período de estudo. Este produto é composto por sete bandas espectrais distribuídas no espectro do visível (ρ_1 = 435–451 nm; ρ_2= 452–512 nm; ρ_3 = 533–590 nm; ρ_4= 636–673 nm), infravermelho próximo (ρ_5= 851–879 nm), e infravermelho médio (ρ_6 = 1566–1651 nm; ρ_7 = 2107–2294 nm).

Para desenvolvimento da Produtividade Primária Bruta foi proposto a metodologia de Moura et al. (2012).

O WDVI (Índice de vegetação de diferença da água) foi obtido por McFeeters (1996). A WDVI foi utilizada no modelo matemático de Moura et al. (2012) como melhor ajuste para a equação do GPP. (Equação 1).

$$WDVI = \rho_{830} - 1{,}06 \times \rho_{660} \qquad \text{Equação (1)}$$

Onde: ρ_{IV} é a refletância da banda do infravermelho próximo, ρ_V é refletância da banda vermelho.

Para o cálculo da PPB foi utilizada a equação de Moura et al. (2012). A PPB foi obtida através da equação (2).

$$GPP = \frac{WDVI + 0{,}2782}{0{,}2137} \qquad \text{Equação (2)}$$

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) é um índice muito utilizado para estudos da vegetação. É obtido através da razão entre a diferença das refletividades do IV-próximo (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V), pela soma das mesmas. (Equação 3).

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde: ρ_{IV} é a refletância da banda do infravermelho próximo, ρ_V é refletância da banda vermelho.

PRI é um índice de vegetação que inicialmente foi explorado por Gamon (1997) sensível às alterações nos pigmentos de carotenoides (principalmente a xantofila) na folhagem (Equação 4).

$$PRI = \frac{\rho_{IV} + \rho_V}{\rho_{IV} - \rho_V} \quad \text{(Equação 4)}$$

Segundo a metodologia de Rahman et al. (2000) salienta-se que os dados de PRI devem ser reescalonados para valores positivos, gerando um novo índice, o sPRI (Equação 5).

$$sPRI = \frac{(PRI + 1)}{2} \quad \text{(Equação 5)}$$

Os índices NDVI e sPRI foram combinados, segundo a metodologia de Rahman et al. (2000), Fotossíntese Líquida (PSN_{net}) (Equação 6).

$$PSN_{net} = -5.6(NDVI * sPRI) - 0{,}69 \quad \text{(Equação 6)}$$

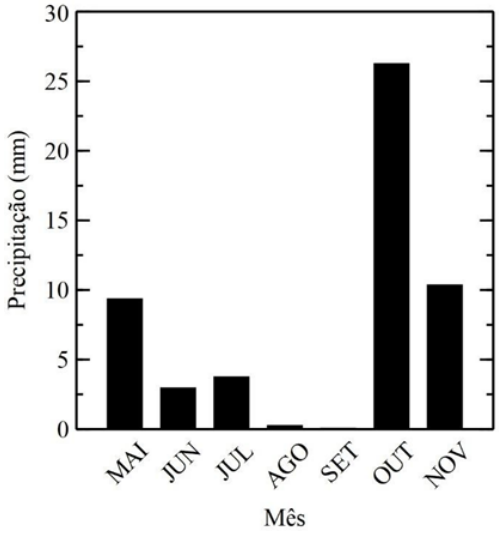
RESULTADO E DISCUSSÃO

A Figura 2 exibe as precipitações mensais na área de estudo, sendo crucial ressaltar que, durante o período analisado, as precipitações ficaram abaixo da média histórica. A escassez de chuvas nesse intervalo tem uma influência significativa na dinâmica dos fluxos de carbono na vegetação, devido à baixa disponibilidade hídrica. Pesquisas anteriores sobre a Caatinga no município de Petrolina, conforme evidenciado nos estudos de Pires et al. (2018), destacam a limitada disponibilidade hídrica. No ano de 2016, por exemplo, o acumulado total de chuvas foi de apenas 488,6 mm. Essa condição de baixa disponibilidade hídrica nos locais de estudo exerceu impacto notável na dinâmica dos fluxos de carbono na vegetação durante esse período.

Para avaliar a variação espacial do PPB e PPL foram escolhidas três dias em três meses no ano de 2016. A escolha dos meses se deu tentando representar a variação climática, sendo o mês de maio o fim do período chuvoso, agosto meados do período seco (transição) e outubro fim do período seco, Figuras 3 e 4. Durante o El Niño, é comum observar condições climáticas caracterizadas por temperaturas mais elevadas e uma diminuição na precipitação em algumas regiões. Esses padrões climáticos podem resultar em estresse hídrico e térmico para as plantas, o que, por sua vez, pode reduzir a eficiência da fotossíntese, contribuindo para uma possível diminuição na Produtividade Primária Bruta (PPB).

A Produtividade Primária Bruta (PPB) é uma medida que representa a produção total de matéria orgânica pelos produtores primários, incluindo carbono. Essa métrica é indicativa da eficiência na conversão de energia solar em matéria orgânica, compreende-se então, que a Produção Primária Líquida (PPL) é de especial relevância para o sequestro de carbono, uma vez que representa a quantidade líquida de carbono que está sendo fixada pelos produtores primários e que fica disponível para armazenamento no ecossistema. As PPB e PPL são representadas por valores que representam como assimilações de CO_2 pelo processo fotossintético no ecossistema e valores que remetem à transferência de CO_2 para a atmosfera por meio da respiração (VILAS et al., 2023).

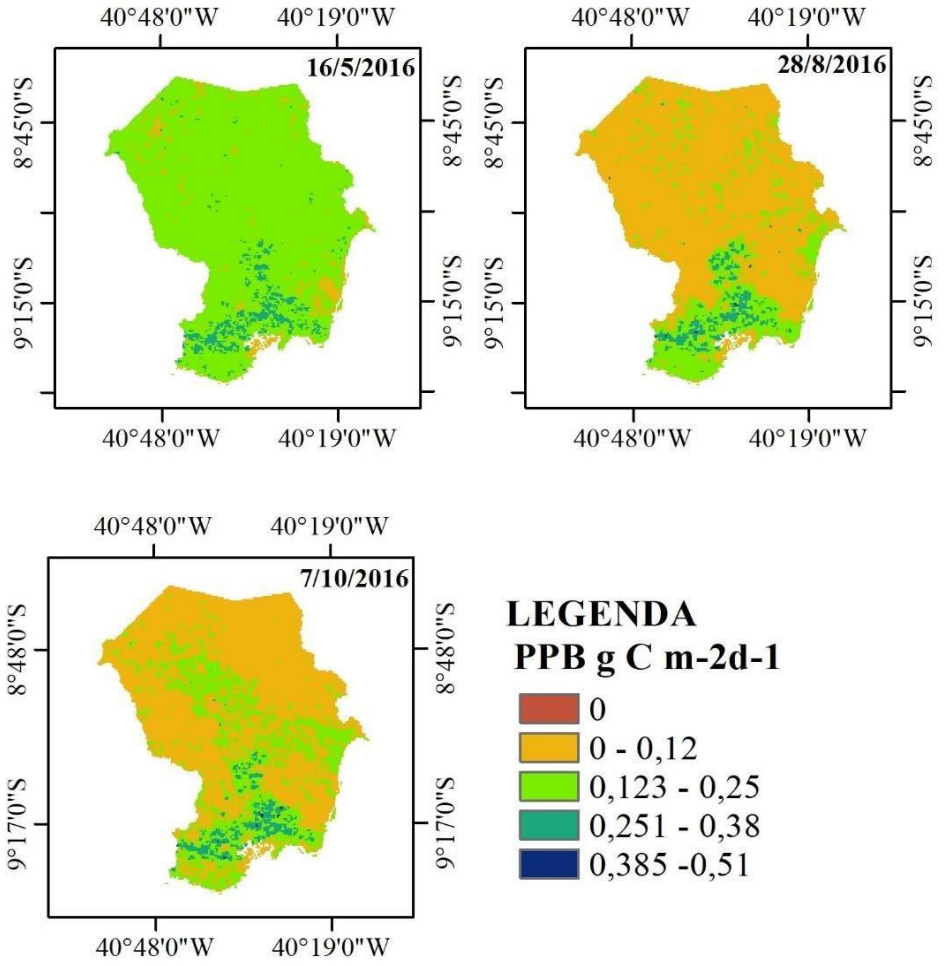
Figura 2 - Precipitação dos meses de maio a novembro da área de Caatinga



Autores: 2023.

Neste estudo, a PPB apresentou uma forte variação espacial em função do período chuvoso, sendo o mês de maio o que apresentou os maiores valores PPB para todo município de Petrolina, com destaque para as áreas irrigadas que chegaram a ter 0,38 g C m^{-2} d^{-1}, Figura 3.

Figura 3- Avaliação espacial da Produtividade Primária Bruta no município de Petrolina

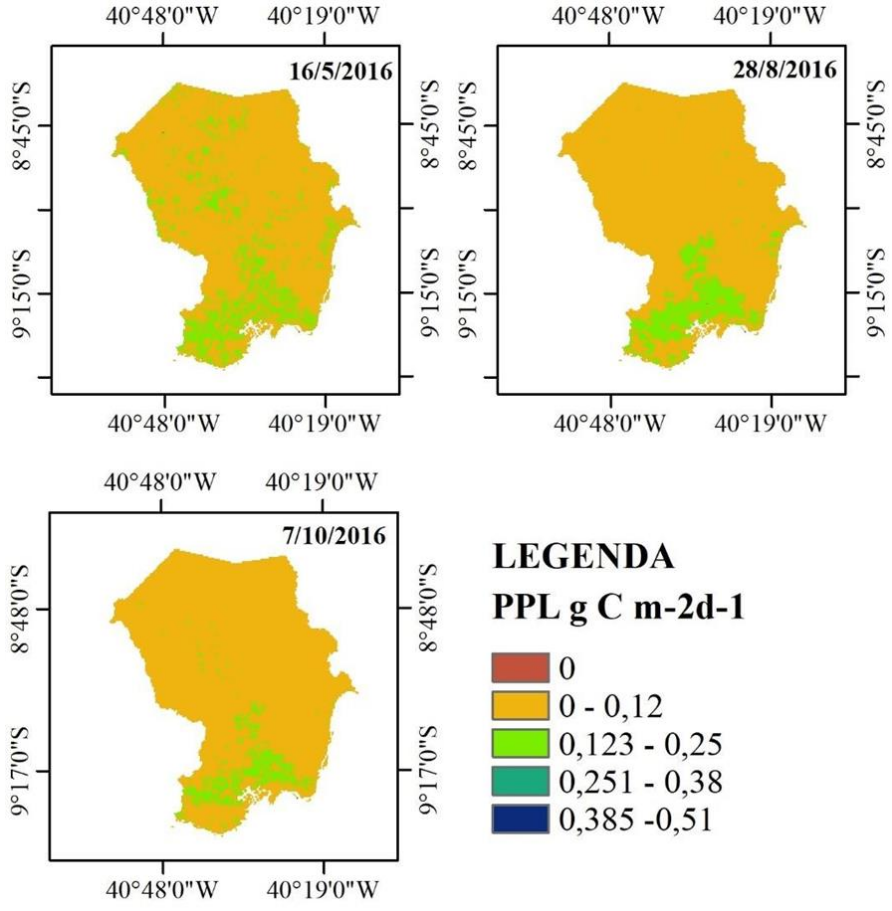


Fonte: Autores (2023)

Em geral no período chuvoso a caatinga esteve com PPB 0,12 a 0,25 g C m^{-2} d^{-1} e no período seco de 0 a 0,12 g C m^{-2} d^{-1}. É importante destacar que a data escolhida no mês de outubro, que estamos considerando o fim do período seco, já tinha ocorreu precipitação de 26,3mm que interferiu na variação espacial da PPB apresentando valores de 0,12 g C m^{-2} d^{-1} a 0,25 g C m^{-2} d^{-1} em grande parte da área do município. Isso sugere que os dias antecederam essa precipitação de 26,3mm somente o aumento da umidade e diminuição da temperatura 25,5 °C e consequentemente diminuição da evapotranspiração acarretou o aumento da PPB.

A PPL, Figura 4, esteve entre 0 a 0,25 g C m^{-2} d^{-1} nota-se que mesmo no mês de maio, em geral, a PPL foi baixa para todo o município, com grande representação no intervalo de 0 a 0,12 g C m^{-2} d^{-1}. Praticamente, só ocorreu variação de áreas irrigadas. Para a caatinga não ocorreu a variação da PPL. Isso significa que a PPL não sofreu tanta influência da variação climática. Quando comparando a PPB com a PPL, Figuras 3 e 4, nota-se que a PPL é bem mais concentrada em algumas áreas e pouco varia com as condições climáticas. Já a PPB apresentou várias variações climáticas exemplo mês de maio e outubro (Figura 2).

Figura 4 - Avaliação espacial da Produtividade Primária Líquida no município de Petrolina.



Fonte: Autores (2023)

CONCLUSÃO

Utilizando sensoriamento remoto multiespectral, conseguimos identificar a dinâmica dos fluxos de CO_2 em áreas de Caatinga. Isso foi possível através da integração de dados orbitais abrangendo diferentes escalas temporais. A PPB e a PPL demonstraram respostas significativamente distintas em relação aos efeitos das variações climáticas. Enquanto a PPL varia pouco com as precipitações, a PPB

mostra impactos notáveis devido às variações precipitações, como observado nos meses de maio e outubro. Em eventos de seca, a disponibilidade de água pode diminuir, afetando negativamente a capacidade das plantas de realizar a fotossíntese. Isso pode reduzir a PPL, já que as plantas podem enfrentar dificuldades em fixar carbono. O aumento das temperaturas, especialmente em ondas de calor, pode levar ao estresse térmico nas plantas, influenciando negativamente seu desempenho fotossintético e, consequentemente, a PPL. Portanto, entender como a PPL e a PPB respondem a diferentes cenários climáticos extremos é crucial para prever e gerenciar os efeitos das mudanças climáticas nos ecossistemas e na produção primária.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco FACEPE pelo auxílio financeiro de processo nº: BFP-0085-5.02/22. À Embrapa Semiárido pela disponibilização dos dados de campo. Ao laboratório de sensoriamento remoto e geoprocessamento - SERGEO, e a Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CERQUEIRA, D.B.; ROCHA, W.F. Relação entre tipos de vegetação e fluxo de CO2 no Bioma Caatinga: Estudo de caso em Rio das Contas - BA**. In: SIMPÓSIO**. Disponível em: Acesso em: 20 nov. 2017.

FIELD, C. B.; RANDERSON, J. T.; MALMSTRÖM, C. M. Global net primary production: combining ecology and remote sensing. **Remote Sensing Environment**, v. 51, p. 74-88, 1995.

GALVÍNCIO, G. J.; PIMENTEL, R.M. M.; FERNANDES, Josimar Gurgel. Relação Da Temperatura Do Ar E Do Solo Com a Quantidade De Clorofila a (Chl a) E Clorofila B (Chl B) Em Jurema Preta (Mimosa Tenuiflora (Willd) Poiret) No Semiárido Do Nordeste Do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 3, no. 1, p. 41, 2010. https://doi.org/10.26848/rbgf.v3i1.232661.

GAMON, J.A., SERRANO, L. AND SURFUS, J.S. The Photochemical Reflectance Index: An Optical Indicator of Photosynthetic Radiation Use Efficiency across Species, Functional Types, and Nutrient Levels. **Oecologia**, 112, 492-501. 1997.
https://doi.org/10.1007/s004420050337

HIGUCHI, N et al. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de TerraFirme da Amazônia Brasileira. **Acta amazônica**, v.23, n.2. p. 153-166, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v28n2/1809-4392-aa-28-2-0153.pdf> Acesso em: 05 nov. 2017.

LACERDA, A. C.; GALVINCIO, J. D.; MORAIS, Y. C. B.; PIMENTEL, R. M. .M.; MOURA, M. S. B.. Edapho-topo-climatic influence on gross primary production in semi-arid. **Revista Brasileira de Geografia Fisica**, vol. 13, no. 6, p. 3119–3135, 30 Dec. 2020. DOI 10.26848/rbgf.v13.6.p3119-3135. Available at: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/249091. Accessed on: 23 Apr. 2021.

MA, S.; BALDOCCHI, D.; WOLF, S.; VERFAILLIE, J.. Slow ecosystem responses conditionally regulate annual carbon balance over 15 years in Californian oak-grass savanna. **Agricultural and Forest Meteorology**, vol. 228–229, p. 252–264, 15 Nov. 2016. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.07.016.

MCFEETERS, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing** 17, 1425-1432. doi: https://doi.org/10.1080/01431160960894871

MENDES, K. R.; C., S.; MUTTI, P. R.; FERREIRA, R. R.; RAMOS, T. M.; MARQUES, T.V.; REIS, J. S.; VIEIRA, M. M. L.; SILVA, A. C. N.; MARQUES, A. M. S.; SILVA, D. T. C.; SILVA, D. F. da;

MOURA, M. S. B. de; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SOUZA, L. S. B. DE; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. da. **Clima e água de chuva no Semi-Árido**. Petrolina: [*s. n.*], 2007. Available at: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/159649/1/OPB1515.pdf. Accessed on: 17 Jun. 2019.

OLIVEIRA, C. P.; G., W. A.; COSTA, G. B.; P., M. F.; MARENCO, R. A.; ANTONINO, A. C. D.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, C.M. S.e. Assessment of SITE for CO2 and Energy Fluxes Simulations in a Seasonally Dry Tropical Forest (Caatinga Ecosystem). **Forests** 2021, Vol. 12, Page 86, vol. 12, no. 1, p. 86, 15 Jan. 2021. DOI 10.3390/F12010086. Available at: https://www.mdpi.com/1999-4907/12/1/86/htm. Accessed on: 21 Sep. 2021.

OLIVEIRA, M. L.; DOS SANTOS, C. A. C.; DE OLIVEIRA, G.; SILVA, M. T.; DA SILVA, B. B.; CUNHA, J. E. D. B. L.; RUHOFF, A.; SANTOS, C. A. G. 2022. Remote sensingbased assessment of land degradation and drought impacts over terrestrial ecosystems in Northeastern Brazil. **Science of The Total Environment.** v. 835, p. 155490. https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022 .155490

PIRES, W. N.; MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S. Fluxos de radiação, energia, CO2 e vapor d'água em uma área de caatinga em regeneração. **Agrometeoros**, vol. 25, no. 1, p. 143–151, 2018. https://doi.org/10.31062/agrom.v25i1.26289.

QUEIROGA, R.; LUIZ, R.; N., B.;. MOURA, M. S. B; RAGHAVAN, S.; DOMICIANO, J.Int J Appl Earth Obs Geoinformation Realistic and simplified models of plant and leaf area indices for a seasonally dry tropical forest. Int J **Appl Earth Obs Geoinformation**, vol. 85, no. October 2019, p. 101992, 2020. DOI 10.1016/j.jag.2019.101992. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101992.

RAHMAN, A. F.; GAMON, J. A.; FUENTES, D. A.; ROBERTS, D. A.; PRENTISS, D.. Modeling spatially distributed ecosystem flux of boreal forest using hyperspectral indices from AVIRIS imagery. **Journal of Geophysical Research**, 106, D24, 33579-33591, 2001.

SILVA, B. B.; GALVÍNCIO, J. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MACHADO, C. C. C.; OLIVEIRA, L. M. M.; MOURA, M. S. B. Determinação por sensoriamento remoto da produtividade primária bruta do perímetro irrigado São Gonçalo - PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 28, no. 1, p. 57–64, Mar. 2013. DOI 10.1590/S0102-77862013000100006. Available at: http://www.scielo.br/j/rbmet/a/3VnCc9pT9rcmCYWXzxFYMzg/abstract/?lang=pt. Accessed on: 25 Feb. 2022.

SILVA, J. N, B; DOMICIANO G., J.; QUEIROGA M., R.; SOELMA B. M. M. Modelos da Produtividade Primária Bruta em área de floresta tropical em sazonalmente seca, usando dados reflectância da vegetação de caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física** v, vol. 14, p. 3775–3784, 2021. Available at: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe. Accessed on: 6 Jan. 2022

SILVA, J.N. B.; SILVA, J. L. B.; SANTOS, A. M. .; SILVA, A. C.; GALVÍNCIO, J.D. Índice De Vegetação Como Subsídio Na Identificação De Áreas Com Potenciais a Desertificação. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, vol. 2, no. 4, p. 358–367, 2017. https://doi.org/10.24221/jeap.2.4.2017.1469.358-367.

SILVA, P.F.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; SOUZA, R.; SOUZA, E. S.; SILVA, J. R. I.; ALVES, E. M.. Seasonal patterns of carbon dioxide, water and energy fluxes over the Caatinga and grassland in the semi-arid region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, vol. 147, p. 71–82, 1 Dec. 2017. DOI 10.1016/J.JARIDENV.2017.09.003. Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196317301672. Accessed on: 23 May 2019.

SOUZA, M. C.; SACARDI BIUDES, M.; MORAIS DANELICHEN, V. H.; MACHADO, Nadja G.; MUSIS, C. R.; VOURLITIS, G. L.; DE, J.; NOGUEIRA, S. Estimation of gross primary production of the amazon-cerrado transitional forest by remote sensing techniques. [*S. l.*: *s. n.*], 2014.

TABARELLI, M.; LEAL, I. R.; SCARANO, F. R.; SILVA, J. M. C.Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e Cultura**, vol. 70, no. 4, p. 25–29, Oct. 2018. DOI 10.21800/2317-66602018000400009. Available at: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252018000400009&lng=pt&tlng=pt. Accessed on: 17 Jun. 2019.

VILAS, C.; MACEDO, G.; BAPTISTA, M.; SOELMA, M.; MOURA, B.; BARROS, A.; JESUS, W.; ANNA, S.; DE, H. F.. Journal of Environmental do Bioma Caatinga Validation of a spectral model for CO 2 fluxes estimation in areas of the Caatinga Biome. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, vol. 08, no. 03, p. 226–239, 2023. .

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANGUETTA, C.R. Estimativa de biomassa e carbono em floresta com araucária utilizando imagens do satélite IKONOS II. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 2, p. 169-181, 2009. Disponível em: Acesso em: 08 nov. 2017

ZHANG, F.; LU, X.; HUANG, Q.; JIANG, F. Impact of different ERA reanalysis data on GPP simulation. **Ecological Informatics**, vol. 68, p. 101520, 1 May 2022. DOI 10.1016/J.ECOINF.2021.101520. Available at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1574954121003113. Accessed on: 1 Feb. 2022.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO TAPACURÁ, BACIA HIDROGRÁFICA DO CAPIBARIBE, PERNAMBUCO

Nara Tôrres Silveira[a], Heitor Torres Silveira[b], Camila Gardenea de Almeida Bandim [c], Gabriel Antonio Silva Soares [c], Josicleda Domiciano Galvíncio [d]

[a]Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco, nara.torres@ufpe.br
[b]Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Sergipe, heitortorres17@gmail.com
[c]Mestranda (o) do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco, camila.bandim@ufpe.br, gabriel.antonios@ufpe.br
[d]Professora titular do Departamento de Ciências Geográficas (UFPE), josicleda.galvincio@ufpe.br

Resumo: O monitoramento dos corpos hídricos é uma ferramenta indispensável para a manutenção dos usos múltiplos dos reservatórios brasileiros. Todavia, uma dificuldade para o acompanhamento da situação dos corpos hídricos se dá pela ausência ou insuficiência de dados observados disponíveis. Deste modo, o surgimento e a utilização de modelos hidrológicos se apresentam como uma alternativa para o monitoramento e conhecimento dos corpos hídricos. O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do reservatório Tapacurá, localizado na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, utilizando o Sistema de Unidades de Resposta Hidrológica para Pernambuco (SUPer), para os anos de 2018 a 2020. O SUPer é um sistema de modelagem hidrológica, que dispõe de dados acerca da quantidade e qualidade da água de corpos hídricos pernambucanos. A análise incluiu os parâmetros de oxigênio dissolvido, nitrogênio total e fósforo total, seguindo os limites propostos pela resolução 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Pode-se constatar que as concentrações de oxigênio dissolvido estão dentro dos limites permitidos pela resolução, enquanto que para o nitrogênio total e fósforo total apresentaram médias mensais muito acima do limite permitido, considerando a água do reservatório como "pouco comprometida". Por ser um reservatório utilizado para o abastecimento humano, é fundamental a adoção de práticas eficazes para o tratamento da água, assim como a conservação dos ecossistemas no entorno do reservatório, evitando assim maiores interferências antrópicas na qualidade da água. Aponta-se ainda a possibilidade de utilização do SUPer como uma ferramenta importante para a gestão dos recursos hídricos do Estado.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental; parâmetros de qualidade da água; SUPer.

Abstract: The monitoring of water bodies is an indispensable tool for the maintenance of the multiple uses of Brazilian reservoirs. However, one difficulty in monitoring the situation of water bodies is due to the absence or insufficiency of available observed data. Thus, the emergence and use of hydrological models are presented as an alternative for the monitoring and knowledge of water bodies. The present study aimed to evaluate the water quality of the Tapacurá reservoir, located in the Capibaribe river basin, using the Hydrological Response Units System for Pernambuco (SUPer), for the years 2018 to 2020. SUPer is a hydrological modeling system that provides data on the quantity and quality of water in water bodies in Pernambuco. The analysis included the parameters of dissolved oxygen, total nitrogen and total phosphorus, following the limits proposed by resolution 357 of the National Council for the Environment (CONAMA). It can be seen that the dissolved oxygen concentrations are within the limits allowed by the resolution, while for total nitrogen and total phosphorus they presented monthly averages well above the allowed limit, considering the reservoir water as "little compromised". As it is a reservoir used for human supply, it is essential to adopt effective practices for water treatment, as well as the conservation of ecosystems around the reservoir, thus avoiding greater anthropogenic interference in water quality. It is also pointed out the possibility of using SUPer as an important tool for the management of the State's water resources.

Keywords: Environmental monitoring; water quality parameters; SUPer.

INTRODUÇÃO

Avaliar a qualidade da água é fundamental em se tratando de gestão sustentável dos recursos hídricos, principalmente sob os aspectos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Arora; Mishra, 2022). A água de qualidade não apenas sustenta a vida ecossistêmica, mas também é vital para a saúde humana, a produção agrícola, a indústria e a preservação da biodiversidade. Com o crescimento

populacional e a expansão industrial, torna-se cada vez mais crítico monitorar e manter os padrões de qualidade da água para garantir seu uso eficiente e sustentável (Silva et al., 2022).

Na região Nordeste do Brasil, a questão da qualidade da água é mais evidente em razão da escassez hídrica, uma realidade que desafia o desenvolvimento da região. O clima semiárido, combinado com períodos de seca extrema, coloca em risco a disponibilidade de água para múltiplos usos, que vão desde o consumo doméstico até a irrigação e a indústria (Andrade et al., 2020). A sustentabilidade dos sistemas hídricos na região depende de uma avaliação minuciosa da qualidade da água, auxiliando a gestão e o uso eficiente deste recurso.

Pesquisas apontam que um dos maiores desafios para o monitoramento efetivo dos corpos hídricos está nas limitações das observações hidrológicas. A ausência e/ou insuficiência de dados observado interferem no desenvolvimento de pesquisas, haja vista que poucas são as séries históricas disponíveis. Ademais, os métodos tradicionais para a avaliação da qualidade da água possuem limitações, como os altos custos para coleta, além de uma precisão dos dados questionável, visto que podem ocorrer erros em campo ou na análise laboratorial (Santos, et al., 2017; Almagro; Oliveira; Brocca, 2021; Silveira et al., 2023).

Por essa razão, os modelos hidrológicos se firmam como uma ferramenta fundamental para a compreensão dos fenômenos hidrológicos. O estado de Pernambuco dispõe de um sistema com dados referentes à qualidade e quantidade da água dos corpos hídricos do estado: o Sistema de Unidades de Resposta Hidrológica para Pernambuco (SUPer). Acoplado ao *Hydrologic and Water Quality System* (HAWQS), o software se destaca por possuir uma série histórica robusta disponível, que compreende os anos de 1961 à 2021, além de permitir o processamento dos dados em nuvem, com análise de qualidade e quantidade da água, cenários climáticos e manejo dos solos (Silveira et al., 2023).

Dentro deste contexto, o reservatório Tapacurá, situado na bacia hidrográfica do Capibaribe, Pernambuco, emerge como um elemento vital, visto que não apenas atende às demandas hídricas de uma extensa área, incluindo regiões metropolitanas, mas também é crucial para a manutenção dos ecossistemas locais e para o desenvolvimento socioeconômico da região (OLIVEIRA et al., 2014). Avaliar a qualidade da água no reservatório Tapacurá oferece uma oportunidade de compreender as interações complexas entre os recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável na região. Logo, o presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água do reservatório Tapacurá utilizando o SUPer.

MATERIAIS E MÉTODOS

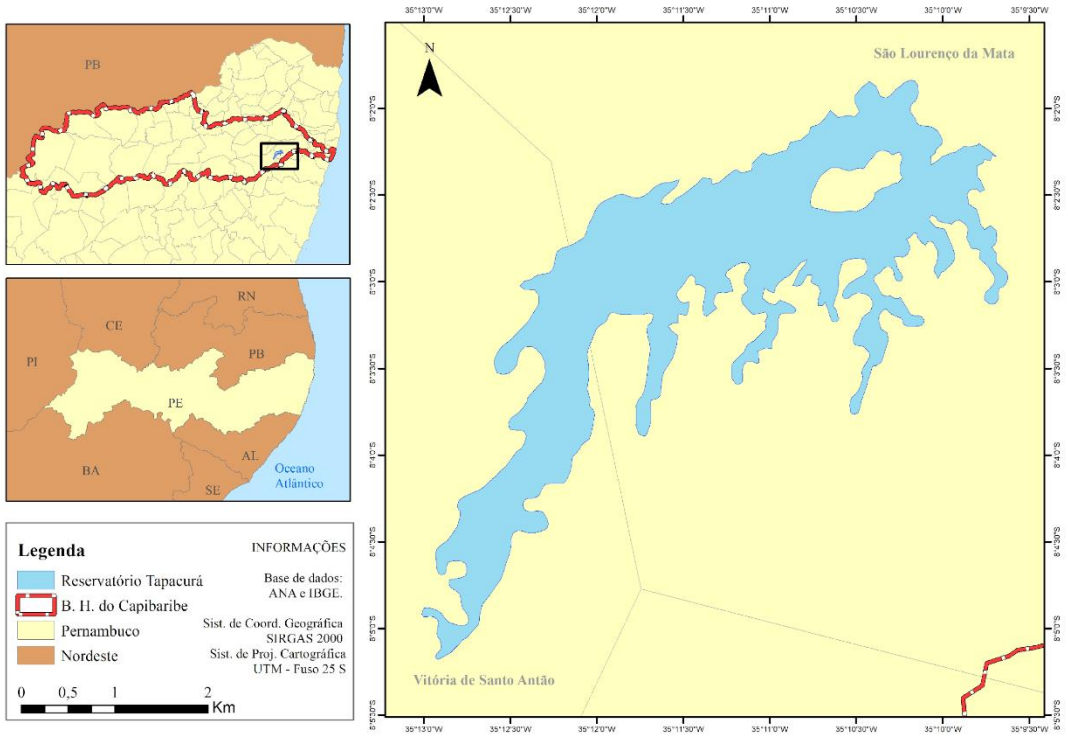
O reservatório Tapacurá está localizado entre os municípios de São Lourenço da Mata e Vitória de Santo Antão e possui capacidade de 104.870.609 m^3 (APAC, 2023). O reservatório foi construído com o objetivo de auxiliar no controle das enchentes do Rio Capibaribe, além de contribuir para o abastecimento da população. Hoje, configura-se como o manancial mais importante para o abastecimento da cidade do Recife. Situado entre as mesorregiões metropolitana do Recife e da Mata Pernambucana, o clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo “As”, do tipo tropical quente e úmido, com chuvas de outono e inverno, apresentando uma estação seca entre os meses de setembro a fevereiro, e uma estação chuvosa de março a agosto (Gunkel et al., 2003; PERNAMBUCO, 2010).

O SUPer é considerado um sistema inovador de modelagem hidrológica para o estado de Pernambuco, visto que dispõe de dados estimados para a quantidade e qualidade da água das bacias hidrográficas do estado. O sistema tem aumentado a aplicação do modelo *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) e pode ser utilizado para a criação de políticas efetivas para gestão hídrica, já que possui uma série histórica robusta de dados, com cerca de 60 anos. Os dados estão disponibilizados em nuvem, através do site https://super.hawqs.tamu.edu/#/, com modelos que podem simular cenários climáticos, além de análises da qualidade e quantidade da água e usos do solo (Silveira et al., 2022; Tibúrcio et al., 2023).

A Bacia Hidrográfica do rio Capibaribe está subdividida em 53 sub-bacias no SUPer, no qual o reservatório Tapacurá está localizado na sub-bacia 46. Para avaliação da qualidade da água, alguns parâmetros estão disponíveis no SUPer, como o oxigênio dissolvido, o fósforo total, a temperatura da água, o nitrogênio total, nitrato, entre outros, com série histórica disponível para os anos de 1961 até

2021. Neste estudo, os parâmetros do oxigênio dissolvido, nitrogênio total e o fósforo total foram analisados para os anos de 2018, 2019 e 2020.

Figura 1 - Localização da Barragem do Tapacurá, bacia hidrográfica do rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil



Fonte: Os autores (2023).

Para avaliação da qualidade da água do reservatório Tapacurá, seguiu-se os limites propostos pela resolução 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que versa 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 (Brasil, 2005). O art. 42° da resolução aponta que corpos hídricos que ainda não possuem enquadramento, como os reservatórios pernambucanos, usam-se a classe 2 para águas doces. Os limites para cada parâmetro estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites instituídos pela resolução 357 do CONAMA

Parâmetros analisados	Limites estabelecidos
Oxigênio dissolvido (OD)	5 mg L^{-1}
Nitrogênio total (NT)	1,27 mg L^{-1}
Fósforo total (PT) (ambientes lênticos)	0,030 mg L^{-1}

Fonte: adaptado de CONAMA (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento ambiental se apresenta como uma ferramenta fundamental para o planejamento e a gestão integrada dos recursos hídricos. Para o reservatório Tapacurá, observa-se que os valores das médias anuais para o oxigênio dissolvido encontram-se dentro dos limites permitidos,

apresentando valores de 6,73 mg L^{-1}, 6,56 mg L^{-1} e 6,75 mg L^{-1} para os anos de 2018, 2019 e 2020, nesta ordem. Entretanto, constata-se uma variação nas concentrações do nitrogênio total e fósforo total, com médias anuais superiores aos limites estabelecidos pelo CONAMA, com valores de 2,30 mg L^{-1}, 2,93 mg L^{-1}, 2,33 mg L^{-1} para o NT, e para o PT, os valores médios observados foram 0,31 mg L^{-1}, 0,37 mg L^{-1} e 0,39 mg L^{-1}, para os anos de 2018, 2019 e 2020, respectivamente. Os valores de médias anuais e o intervalo de valor mínimo e máximo para os parâmetros analisados estão apresentados na Tabela 2.

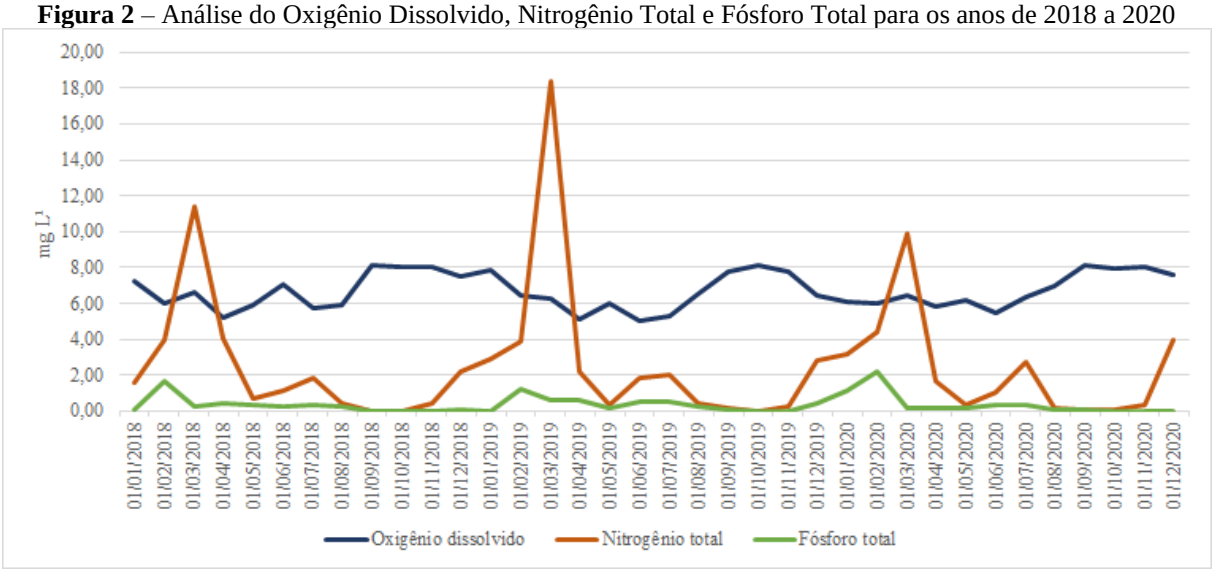
Tabela 2 – Dados de média, valor mínimo e máximo para cada parâmetro analisado no reservatório Tapacurá, entre os anos de 2018 a 2020 (valores em mg L^{-1})

Parâmetro	2018		2019		2020	
	Média	Intervalo	Média	Intervalo	Média	Intervalo
Oxigênio dissolvido (OD)	6,73	5,21 - 8,10	6,56	5,04 – 8,09	6,75	5,45 – 8,08
Nitrogênio total (NT)	2,30	0,01 – 11,39	2,93	0,01 – 18,36	2,33	0,05 – 9,87
Fósforo total (PT) (ambientes lênticos)	0,31	0,00 – 1,65	0,37	0,00 – 1,22	0,39	0,00 – 2,20

Fonte: SUPer (2023). Organizado pelos autores (2023).

Para o OD, todos os valores observados foram superiores à 5 mg L^{-1}. Para o NT, valores muito superiores ao limite de 1,27 mg L^{-1} foram observadas no mês de março, apresentando valores de 11,39 mg L^{-1}, 18,36 mg L^{-1} e 9,87 mg L^{-1}, para os anos de 2018, 2019 e 2020, respectivamente. O CONAMA estabelece valores para o PT menores ou iguais à 0,030 mg L^{-1} para ambientes lênticos. Para esta variável, pode-se observar valores acima do limite permitido na maioria dos meses analisados, com destaque para os meses de fevereiro para todos os anos, com concentrações de 1,65 mg L^{-1}, 1,22 mg L^{-1} e 2,20 mg L^{-1}. A figura 2 demonstra a variação das concentrações dos parâmetros analisados para os anos de 2018 a 2020.

Figura 2 – Análise do Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Total e Fósforo Total para os anos de 2018 a 2020



Fonte: Os autores (2023).

A aplicação de modelos hidrológicos para reservatórios do Nordeste brasileiro surge como uma alternativa para a gestão hídrica, visto que há um déficit na disponibilidade de dados hidrológicos observado para esta região (Silveira et al., 2023). O crescimento urbano e a substituição de áreas de vegetação nativa por atividades antrópicas podem impactar e contribuir para a alteração da qualidade dos corpos hídricos. Silveira et. al. (2022) analisaram a qualidade da água do reservatório Nilo Coelho, semiárido pernambucano, associado ao uso e ocupação do solo nas áreas de entorno do reservatório, entre os anos de 2018 a 2021. Corroborando com o presente estudo, os autores constataram variações nas concentrações do fósforo total e o crescimento das áreas agrícolas na região.

O reservatório Tapacurá é considerado um corpo hídrico muito poluído, em decorrência da descarga de esgotos industriais e domésticos, além do desenvolvimento de atividades agropecuárias nas áreas de entorno do reservatório (Gunkel et al., 2003; Xavier; Silva, 2018; Holanda; Medeiros; Falcão, 2020). Silva e Montenegro (2022), avaliaram a qualidade da água de dois pontos do Rio Capibaribe, entre os meses de março de 2020 a março de 2022, no trecho urbano do município de Limoeiro, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA). Os autores classificaram a água como "Regular" ou "Péssima", observando que as diversas ações antrópicas afetam de forma direta a qualidade da água. Os autores sugerem ainda a adoção de um protocolo de lançamento de efluentes para a melhoria da qualidade dos corpos hídricos da região.

Silva et al. (2021) avaliaram um trecho do Rio Capibaribe, localizado no município de São Lourenço da Mata. Os autores observaram que o baixo Rio Capibaribe vem sendo impactado de forma contínua pelas atividades humanas, em virtude da falta de sistemas de saneamento básico ou da ausência destes, o que compromete a utilização da água deste corpo hídrico para o abastecimento humano.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelece como um dos seus instrumentos o enquadramento e monitoramento dos corpos hídricos, além da criação e implementação dos planos de recursos hídricos para as bacias hidrográficas (BRASIL, 1997). Ainda que a bacia hidrográfica do Rio Capibaribe possua um Plano Hidroambiental, aprovado pelo Conselho de Bacia Hidrográfica (COBH) do Capibaribe em 2010, o enquadramento ainda não foi regulamentado. Há uma proposta preliminar para enquadramento, com sua maioria para classes 1 e 2, que ainda não teve a aprovação formalizada pelo COBH (Moura; Silva; Melo, 2020).

Presentemente, o grau de implementação do Plano Hidroambiental da bacia do Rio Capibaribe aponta para uma implementação média, reforçando a necessidade de celeridade na aprovação da proposta de enquadramento, haja vista que deve atender de forma satisfatória os usos dos recursos hídricos na bacia. Ademais, para o reservatório Tapacurá, devido à sua importância para o abastecimento populacional, sugere-se o enquadramento e o monitoramento contínuo.

CONCLUSÃO

A utilização do SUPer como uma ferramenta de monitoramento de qualidade da água se apresenta como alternativa eficaz para o acompanhamento dos corpos hídricos pernambucanos. De acordo com a resolução do CONAMA, o reservatório Tapacurá apresenta valores de oxigênio dissolvido dentro dos limites estabelecidos. Todavia, para o nitrogênio total e o fósforo total, verifica-se alterações e valores muito acima dos limites propostos pela resolução, que pode estar associado à grande concentração de atividades e interferências antrópicas nas áreas de entorno do reservatório, como atividades industriais, ausência de saneamento básico efetivo e o desenvolvimento de atividades agropecuárias.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas concedidas ao primeiro, terceiro e quarto autores.

REFERÊNCIAS

Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Reservatório Tapacurá**. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/monitoramento/190-monitoramento/526-reservatorios-2>. Acesso em 07 nov. 2023.

ALMAGRO, A.; OLIVEIRA, P. T. S.; BROCCA, L. (2021). Assessment of bottom-up satellite rainfall products on estimating river discharge and hydrologic signatures in Brazilian catchments. **Journal of Hydrology**, 603, 1-14.

ANDRADE, E.P.; NUNES, A.B. A.; ALVES, K. F.; UGAYA, C. M. L.; ALENCAR, M. C.; SANTOS, T. L.; BARROS, V. S.; PASTOR, A. M.; FIGUEIREDO, M. C. B. (2020). Water scarcity in Brazil: part 1—regionalization of the AWARE model characterization factors. **Int J Life Cycle Assess**, 25, 2342–2358.

ARORA, N.K; MISHRA, I. (2022). Sustainable development goal 6: Global Water Security. **Environmental Sustainability**. 5, 271–275.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL. **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 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, e dá outras providências**.** Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2005. 23p.

Governo de Pernambuco. Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos (SIRH) (2010). **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe.** Tomo I -Diagnóstico Hidroambiental. Recife, 01/03.

GUNKEL, G.; RUETER, K.; CASALLAS, J.; SOBRAL, M. do C. (2003). Estudos da Limnologia do Reservatório de Tapacurá em Pernambuco: Problemas da Gestão e Reservatórios no Semiárido Brasileiro. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Curitiba, PR, Brasil, 15.

HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M.; METEOROLOGISTA, P. D. U.; FALCÃO, S. M. P. (2020). Erosão Hídrica como Fonte de Poluição na Barragem do Rio Tapacurá. In **Coletânea "A Conferência Da Terra: Línguas, Ritos E Protagonismos Nos Territórios Indígenas"** (p. 77).

MOURA, M. R. F.; SILVA, S. R. da; MELO, J. G. de. (2020). Panorama da Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe-PE. **Revista Científica ANAP Brasil**, 13(31), 79-96.

OLIVEIRA, L. M. M. de; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, B. B. da; ANTONINO, A. C. D.; MOURA, A. E. S. S. de. (2014). Evapotranspiração real em bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro por meio do SEBAL e produtos MODIS. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, 18(10), 1039–1046.

SANTOS, R. C. L.; LIMA, Á. S.; CAVALCANTI, E. B.; MELO, C. M. D.; MARQUES, M. N. (2017). Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 23, 33-46.

SILVA, G.M.; CAMPOS, D.F.; BRASIL, J.A.T.; TREMBLAY, M.; MENDIONDO, E.M.; GHIGLIENO, F. (2022). Advances in Technological Research for Online and In Situ Water Quality Monitoring—A Review. **Sustainability**, 14 (9), 1-28.

SILVA, R. B. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L. (2022). Aplicação de um Protocolo de Lançamento de Efluentes no Rio Capibaribe, Limoeiro (PE), para melhorias no IQA. **Anais do Seminário Nacional do ProfÁgua**, Brasília, DF, Brasil, 4.

SILVA, R. R.; SANTOS, J. C. V. dos; SILVA, Y. A. da; PAIVA, S. C. de; SARUBBO, L. A.; LUNA, J. M. de. (2021). Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química da água de um trecho do Rio

Capibaribe, no município de São Lourenço da Mata, Pernambuco, Brasil. **Brazilian Journal of Development, Curitiba**, *7*(6), 62847-62866.

SILVEIRA, N. T.; SILVEIRA, H. T.; TIBÚRCIO, I. M.; GALVÍNVIO, J. D. (2022). Avaliação da qualidade da água do reservatório Nilo Coelho, Terra Nova, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física,** 15(06), 2866-2877.

SILVEIRA, N.; TIBÚRCIO, I. M.; SOARES, G.; GALVÍNCIO, J.; SANTOS, D.; MONTENEGRO, S. (2023). Temporal Analysis of Water Quality for the Nilo Coelho Reservoir, Terra Nova, Pernambuco, Brazil. **Water**, 15(16), 1-16.

TIBÚRCIO, I. M.; SILVEIRA, N. T.; SANTOS, T. O. dos; MIRANDA, R. de Queiroga; GALVÍNCIO, J. D. (2023). Balanço Hídrico e Mudanças Climáticas no Semiárido Pernambucano: aplicabilidade do Sistema de Unidades de Respostas Hidrológicas para Pernambuco (SUPer). **Revista Brasileira de Geografia Física,** 16(3), 1657-1670.

XAVIER, A. P. C.; SILVA, R. M. da. (2018). Modelagem Temporal Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo Baseado em SIG para a Bacia do Rio Tapacurá (PE). **Geosciences, Geociências**, 37 (1), 193-210.

FORMAS DE RELEVO GRANÍTICO NO PARQUE MUNICIPAL DA PEDRA FURADA E ÁREA DE ENTORNO – MUNICÍPIO DE VENTUROSA (PE)

***Isaias Duarte Nunes*[(a)], *José Guilherme Diniz Lima*[(b)], *Júlio Francisco Farias Tenório Carvalho*[(c)], *Kleber Carvalho Lima*[(d)]**

[(a)] *Graduando em Geografia, Universidade de Pernambuco – Campus de Garanhuns, isaias.nunes@upe.br*
[(b)] *Graduando em Geografia, Universidade de Pernambuco – Campus de Garanhuns, joseguilherme.lima@upe.br*
[(c)] *Graduando em Geografia, Universidade de Pernambuco – Campus de Garanhuns, julio.tenorio@upe.br*
[(c)]*Departamento de Geografia/PPG Saúde e Desenvolvimento Socioambiental, Universidade de Pernambuco – Campus de Garanhuns, kleber.carvalho@upe.br*

Resumo: Formas de relevo granítico são consideradas como feições peculiares e foram amplamente estudadas na literatura geomorfológica nacional e internacional. No Nordeste brasileiro, essas feições ocorrem com frequência e se destacam como patrimônio geomorfológico em diversos estados da região. Devido à sua importância enquanto elemento da geodiversidade, esse trabalho tem como objetivo analisar formas de relevo granítico no Parque Municipal da Pedra Furada (Venturosa – PE) e entorno, por meio cartografia geomorfológica em nível de detalhe. Foram utilizadas ortoimagens e MDT do Projeto PE3D para o mapeamento das macros e microformas de relevo em SIG, cujas simbologias foram adaptadas de propostas de mapeamento geomorfológico. Por meio dos mapeamentos e de trabalhos de campo, foram reconhecidos inselbergues, afloramentos rochosos e boulders, além de tors, tafoni, honeycombs, karren, gnammas e split rocks. Essas feições são frequentes na área de estudo e se configuram como elementos regionais da geodiversidade, sendo necessárias ações de preservação ambiental.

Palavras-chave: Geomorfologia, Cartografia do relevo, Batólito de Alagoinha.

Abstract: Granitic landforms are considered peculiar features and have been widely studied in national and international geomorphological literature. In the Brazilian Northeast, these features occur frequently and stand out as geomorphological heritage in several states in the region. Due to its importance as an element of geodiversity, this work aims to analyze granitic landforms in the Pedra Furada Municipal Park (Venturosa – PE/Brazil) and surrounding areas, using geomorphological mapping at a detailed scale. Orthoimages and DEM from the PE3D Project were used to map the macro and micro landforms in GIS, whose symbols were adapted from geomorphological mapping proposals. Through mapping and fieldwork, inselbergs, rocky outcrops and boulders were recognized, as well as tors, tafoni, honeycombs, karren, gnammas and split rocks. These features are frequent in the study area and constitute regional elements of geodiversity, requiring environmental preservation actions.

Keywords: Geomorphology, Geomorphological mapping, Alagoinha Batholith.

INTRODUÇÃO

As formas de relevo que compõem as paisagens são resultantes de diversos processos construtivos e erosivos que, ao longo do tempo, elaboram feições singulares nas diversas estruturas geológicas. Tanto os elementos geológicos como os geomorfológicos, derivados de processos mecânicos, químicos e biológicos, representam não só individualmente, mas em conjunto, uma das maiores riquezas do cenário paisagístico brasileiro (GUIMARÃES, 2013). Quando se estuda a paisagem e as diversas formas de relevo existentes, faz-se necessário compreender o que é a Geodiversidade, a fim de se ter uma maior compreensão a respeito do patrimônio geológico e geomorfológico presente em uma determinada região. Segundo a *Royal Society for Nature Conservation*, do Reino Unido, Geodiversidade pode ser entendida como "variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são suporte para a vida na terra" (BRILHA, 2005, p. 17).

Assim, toda e qualquer variedade existente naturalmente na Terra, sendo ela geológica, geomorfológica, pedológica, águas superficiais como qualquer outro sistema são resultado dos

processos naturais endógenos e exógenos é compreendido como geodiversidade (GUIMARÃES, 2016). É interessante ressaltar que dentre as diversas paisagens existentes, as formas de relevo elaboradas sobre granitos vêm chamando atenção de diversos cientistas das ciências da Terra (TWIDALE; VIDAL-ROMANI, 2005). As paisagens graníticas, podem ser consideradas como componentes importantes do geopatrimônio global, pois são capazes de revelar partes singulares da história da Terra, muitas vezes apresentando relevância científica e estética excepcional (MIGOŃ, 2021).

Conforme Migoń (2006, *apud* MONTEIRO, et al., 2023, p. 1182) algumas das paisagens mais espetaculares da Terra, tem como base o granito, com destaque especial para as áreas de maior ocorrência de inselbergs no continente Africano (Namíbia, Serra Leoa, Mauritânia e Nigéria), na América do Norte (Deserto Mojave, Arizona e Texas) e América do Sul (Quixadá-Quixeramobim, Itatim, Pancas e Rio de Janeiro). Nesta perspectiva, algumas paisagens graníticas semiáridas do nordeste brasileiro, configuram-se como importantes representantes geomorfológicos em termos mundiais (Migon; Maia, 2020).

No contexto do estado de Pernambuco, o Parque Municipal da Pedra Furada está inserido na Província Estrutural da Borborema e compreende o conjunto de unidades geológicas estabilizadas ao final da orogênese brasiliana (Almeida et. al., 1997). O corpo granítico onde o parque está localizado é denominado de Batólito de Alagoinha (MARIANO, 2013), detentor de um singular apelo cênico com área aflorante de 220 km². O batólito é composto por quartzo monzonitos a granitos de textura inequigranular média a grossa, frequentemente porfiritica, e está associado ao quartzo dioritos e aos dioritos (Mariano et. al., 2012).

A Pedra Furada, que dá nome ao parque, compreende um inselbergue granítico que expõe uma rara feição geomorfológica, apresentando cavidade desenvolvida no centro do corpo rochoso com direção NNE-SSW, que resultou na formação de um arco rochoso inédito nessa região (Arruda, 2016). Atribui-se a essa feição, o seu desenvolvimento por erosão diferencial, atuando sobre descontinuidades litológicas dentro do próprio batólito, como enclaves máficos e setores fraturados (ARRUDA, 2016). O clima semiárido da região favorece o intemperismo predominantemente físico em razão da elevada amplitude térmica, o que provoca certo grau de arredondamento dos blocos rochosos devido a esfoliação esferoidal (Arruda, 2016).

Com base nesses aspectos e visando à grande relevância desse ambiente verifica-se a necessidade e importância de se realizar estudos geomorfológicos de detalhe que demonstrem a importância da Pedra Municipal da Pedra Furada, e ressaltam feições de relevante interesse científico, educacional e turístico. Desse modo, o objetivo deste trabalho é analisar as formas de relevo inseridas no Parque Municipal da Pedra Furada e seu entorno, por meio da cartografia de formas de relevo em nível de detalhe.

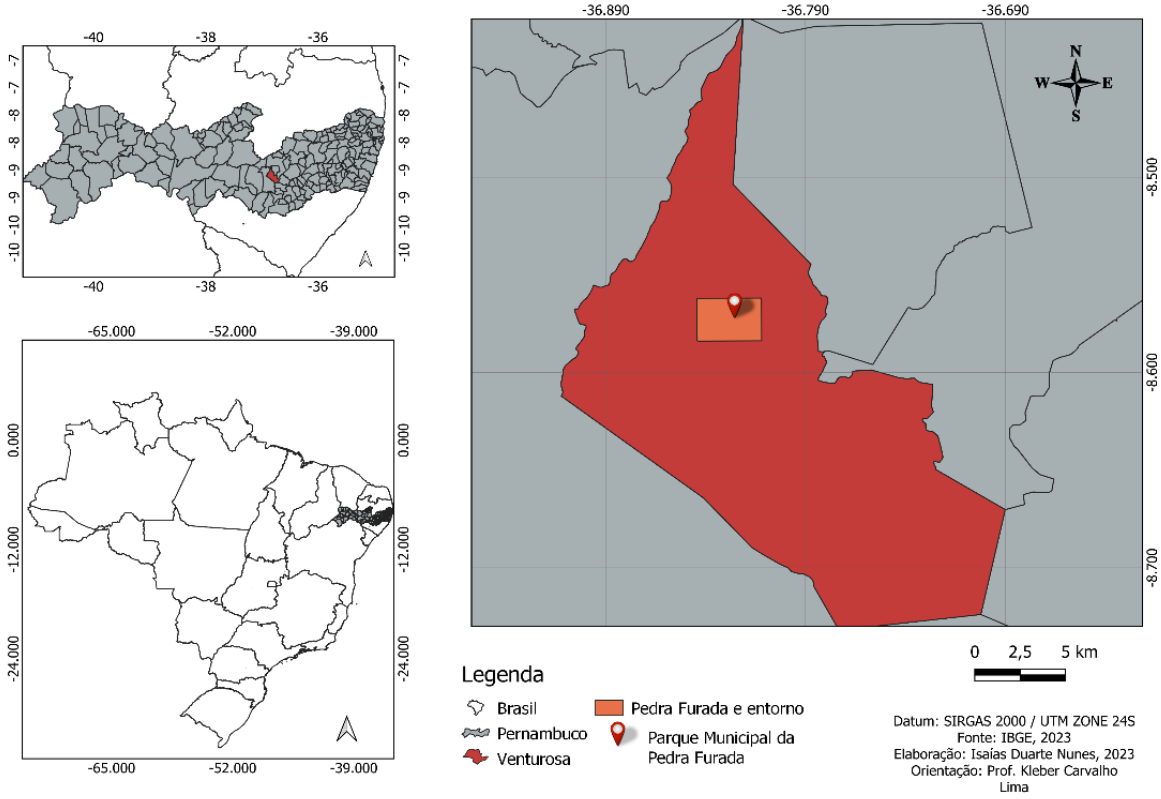
MATERIAIS E MÉTODOS

O Parque Municipal da Pedra Furada está localizado no município de Venturosa (Figura 1), semiárido de Pernambuco, e apresenta área atual de 9 hectares (Venturosa (PE), 2009). De acordo com a proposta de Mariano et al. (2013), a área de relevante interesse para fins de preservação do monumento natural da Pedra Furada apresenta dimensão de 48 hectares.

Para o mapeamento geomorfológico das formas de relevo granítico com potencial relevância para fins de didáticos e científicos, foi determinada como área de interesse a articulação da folha SC-24-X-B-V-1-NE-C-IV, por englobar a área do parque e um entorno composto por diversos tipos de feições geomorfológicas desenvolvidas em rochas graníticas.

Foram utilizados produtos orbitais do Projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D), como modelo digital do terreno (MDT) e ortoimagens com resolução de 1m e de 0,5m, respectivamente. A partir do MDT, foram geradas curvas de nível com equidistância de 5 metros e relevo sombreado com azimute de 45º e altitude de 30. Foram definidas as escalas 1:5000 para a identificação das macroformas de relevo e 1:1000, visando identificar as microformas de relevo comuns em estruturas graníticas.

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo no Município de Venturosa (PE).



Fonte: Autores, 2023.

Na definição das macros e microformas de relevo granítico, considerou-se a proposta de classificação apresentada por Bastos et al. (2022) – quadro 1, que definiu como macroformas (*op cit*, p. 740), maciços, lajedos, inselbergs e bornhardts. Como microformas, aquelas associadas com blocos graníticos (boulders, caos de blocos, nubbins, tors e castle koppies), com feições de dissolução (tafoni, alvéolos, caneluras ou karren, gnammas e flared slopes) e com feições de fraturamento (split rock e polygonal cracking).

Após a definição das formas de relevo, foram analisadas propostas de mapeamento geomorfológico em escala de detalhe, com o objetivo de se utilizar simbologias que correspondem às feições identificadas na área de estudo. Assim foram analisadas as propostas de simbologias apresentadas por Tricart (1965), Verstappen; Zuidam (1975), SGN (1994) e IBGE (2009), sendo realizadas adaptações para o ambiente SIG, cujo software utilizado foi o QGIS 3.28.4.

Em conjunto com as formas de relevo granítico, foram representados nos mapas os pedimentos, drenagens fluviais, reservatórios e as curvas de nível. De modo complementar, foi elaborado o mapa hipsométrico com o objetivo de demonstrar a variação de altitude na área de estudo, representada de maneira coroplética.

Os inselbergues foram identificados de maneira genérica, não sendo classificados como típicos ou dômicos, no sentido de priorizar as feições internas aos mesmos, conforme realizado por Lima e Lupinacci (2021). Como lajedos, foram considerados os afloramentos horizontalizados, cuja altitude não ultrapassa 600 metros. Como afloramentos, considerou-se aqueles verticalizados, situados nas vertentes dos inselbergues, onde foi adaptada a terminologia para paredão rochoso, segundo proposta apresentada por Verstappen; Zuidam (1975).

Em função da escala de mapeamento adotada, as feições do tipo bolders foram consideradas como macroformas de relevo, devido à sua dimensão areal e espacial de ocorrência, semelhante às demais macroformas de relevo granítico.

Quadro 1: Classificação das formas de relevo graníticas.

ORDEM	TÁXON	CLASSES	SUBCLASSES	DESCRIÇÃO	MORFOLOGIA
5º	Formas do Relevo Simbolizadas	Macroformas	-	Maciços	Úmidos/Subúmidos (com expressivo recobrimento regolítico)
					Secos (com rochas expostas)
					Tabulares (com recobrimento laterítico)
			-	*Inselguebergs*	
			-	Inselbergs	Inselbergs típicos
					Bornhardts (inselbergs dômicos)
			-	Lajedos e Afloramentos	-
		Microformas	Blocos Graníticos	*Boulders*	*Boulders*
					Caos de Blocos
				Tors	*Castle Koppies*
					Nubbins
					Pedestal Rock
			Formas de Dissolução	*Tafoni, Alvéolos, karren, Gnammas* e *Flared Slopes*	-
			Formas de Fraturamento	*Split rock* e *polygonal cracking*	-

Fonte: Bastos et al. (2022, p. 740).

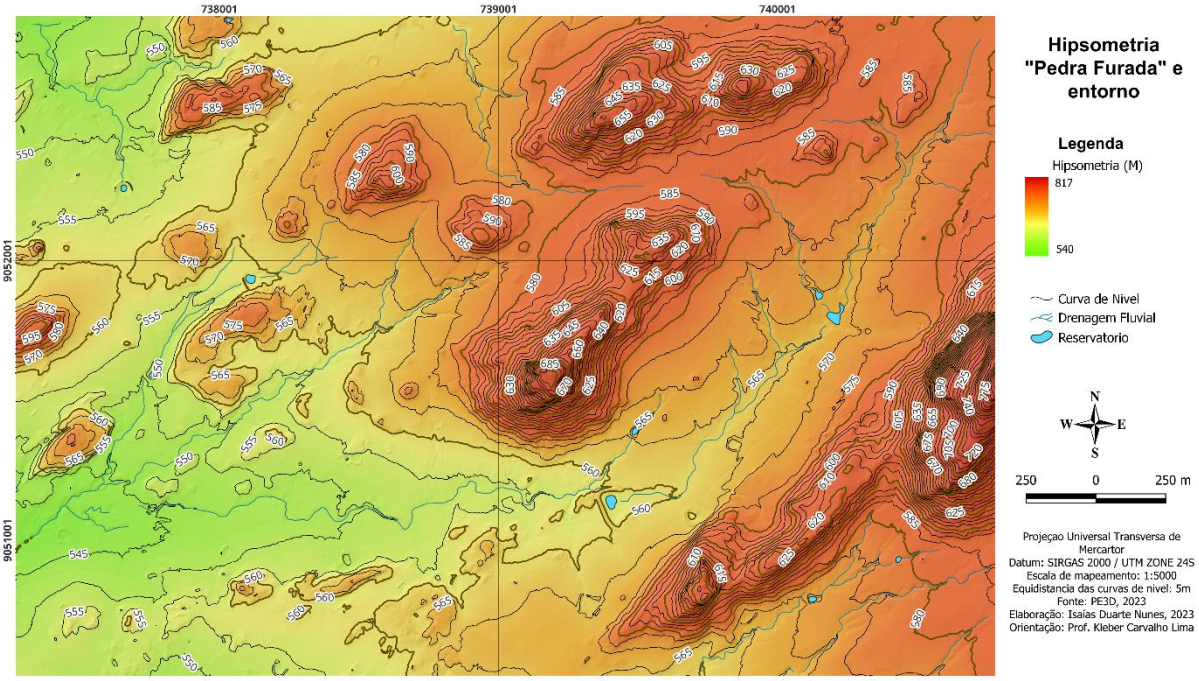
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As formas de relevo identificadas na área de estudo situam-se em altitudes entre 540 e 800 metros (Figura 2). Os pontos mais baixos do terreno estão na porção oeste da folha SC-24-X-B-V-1-NE-C-IV. Os pontos mais altos correspondem aos topos dos inselbergues, onde o mais elevado apresenta altitude de 817 m.

Localmente, os pedimentos correspondem a superfícies aplainadas com caimento geral no sentido NE-SO, em razão da inclinação geral do terreno que apresenta elevada ocorrência de falhas, fraturas e de lineamentos estruturais com mesma direção. Esses pedimentos apresentam recobrimento superficial por material arenoso, derivado da desagregação do granito de textura porfirítica e dos enclaves de dioritos (MARIANO et. al., 2012). Entremeados aos pedimentos, ocorrem afloramentos rochosos que também apresentam direção preferencial geral no sentido NE-SO.

Os canais fluviais que ocorrem na área de estudo apresentam regime de fluxo efêmero e compõem a rede de drenagem do Rio Ipanema. Os leitos, em grande parte, foram adaptados aos sistemas de falhas e fraturas, possuem o mesmo sentido preferencial que os pedimentos e afloramentos, e apresentam carga sedimentar predominantemente arenosa. Essa característica de esculturação ajustada à estrutura corresponde ao comportamento geral de diversas formas de relevo encontradas no Planalto da Borborema, como apontado por Corrêa et al. (2010), que determinou a disposição geral dos elementos morfológicos, assim como as macroformas de relevo da área de estudo.

Figura 2: Mapa hipsométrico do Parque da Pedra Furada e entorno.

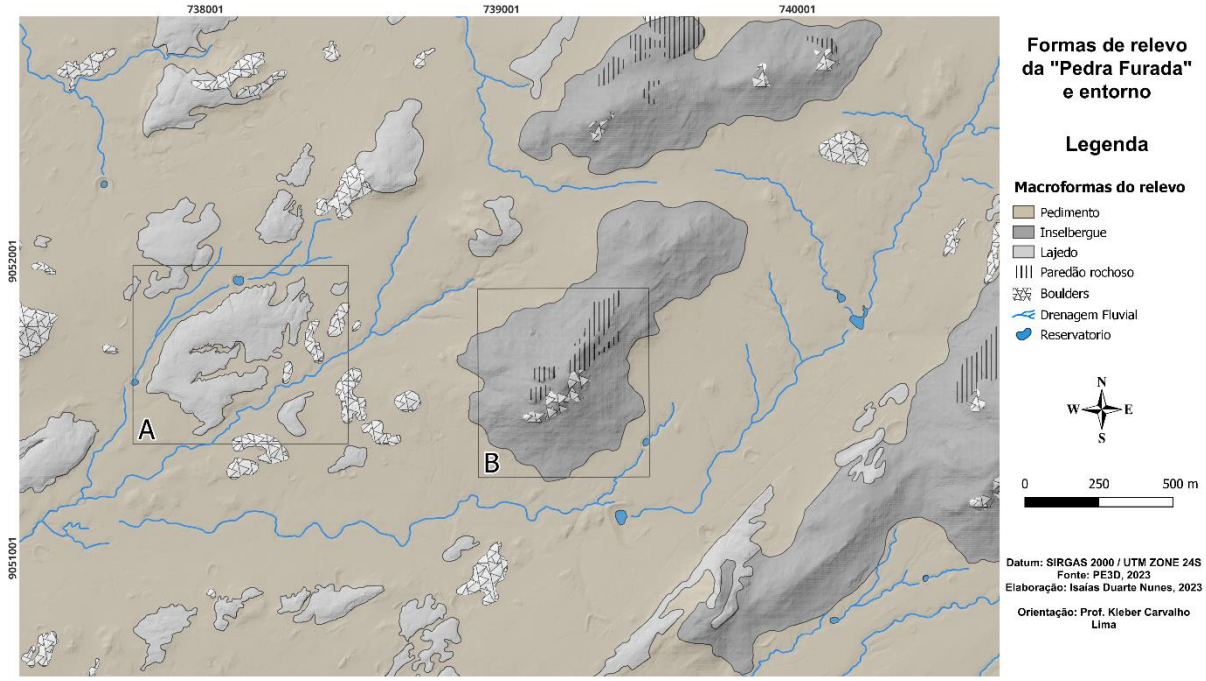


Fonte: Autores (2023).

Macroformas de relevo granítico

Como macroformas de relevo granítico, foram reconhecidas na área de estudo, inselbergues, paredões rochosos, lajedos e bolders (Figura 3).

Figura 3: Mapa das macroformas de relevo graníticas do Parque da Pedra Furada e do entorno.

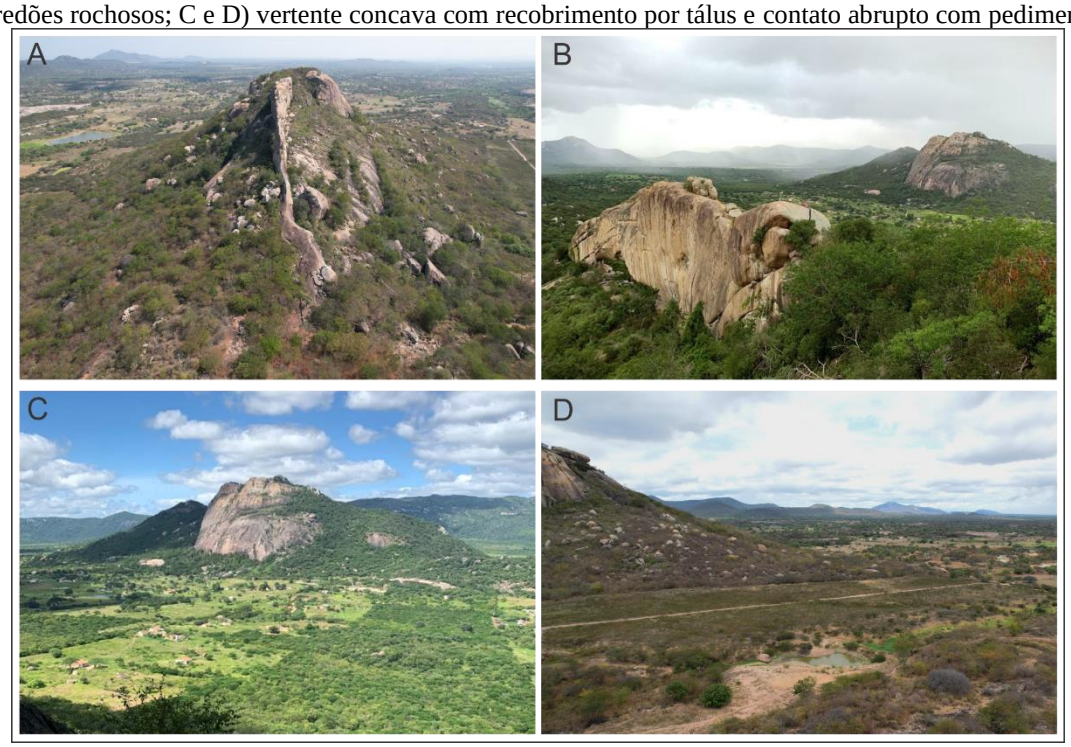


Fonte: Autores (2023).

Os inselbergues são formas de relevo cuja morfogênese sofreu forte controle estrutural, refletido no alinhamento dos corpos aflorantes e dos topos. De acordo com a classificação de Bastos et al. (2022), os inselbergues na área de estudo são típicos, apresentam topos aguçados (Figura 4-A e B), vertentes

íngremes com afloramentos verticalizados ou paredões rochosos (Figura 4-B e C), por vezes recobertos por regolitos e bolders isolados. Na baixa vertente apresentam perfil concavo recoberto por rampas de tálus, com mudança brusca de angularidade entre a sua base e o pedimento (Figura 4-D).

Figura 4: A e B) Inselbergue típico (Pedra Furada) com topos aguçados; B e C) vertentes íngremes com paredões rochosos; C e D) vertente concava com recobrimento por tálus e contato abrupto com pedimento.



Fonte: Autores (Fotos de 2022 e 2023).

Os lajedos, ou afloramentos rochosos horizontalizados, ocorrem de forma generalizada na área de entorno do Parque Municipal da Pedra Furada, em meio aos pedimentos ou na base dos inselbergues (Figura 5-A e B). Configuram-se como feições estruturais expostas em função de processos de aplainamento onde a erosão diferencial dificulta o desgaste litológico e a ação pedogenética sobre o corpo rochoso.

Localmente, ocorrem lajedos com dimensões diversificadas, tanto em altura quanto em largura e comprimento, apresentam altitude máxima de 600 metros. De modo geral, estão alinhados no sentido NE-SO, assim como as demais macroformas de relevo e exibem traços de fraturas na mesma direção (Figura 5-C), embora ocorram, em menor proporção, fraturas transversais. Por serem compostos por granitos, favorecem a formação de microformas de dissolução e estrutural, além de exibirem indicativos de processos de esfoliação.

As macroformas denominadas de bolders graníticos (Figura 5-D), correspondem a blocos rochosos esféricos ou em formato de elipsoides, formados pelo intemperismo em subsuperfície ao longo da rede de fraturas (Cordeiro et al., 2023). O espaçamento entre as fraturas funciona como variável determinante para o tamanho geral e o formato. Por outro lado, o grau de arredondamento é determinado pela intensidade e tempo de atuação do intemperismo em subsuperfície (Bastos et al., 2022).

Campbel (1997), afirmou que à medida que a superfície terrestre é rebaixada por processos de aplainamento, o material mais fino e friável é removido deixando os blocos exumados. Em superfície, as características climáticas, em conjunto com as características da rocha, contribuem para diferentes níveis de esfericidade dos blocos. Na área estudada ocorrem em clusters, em diversos pontos do pedimento.

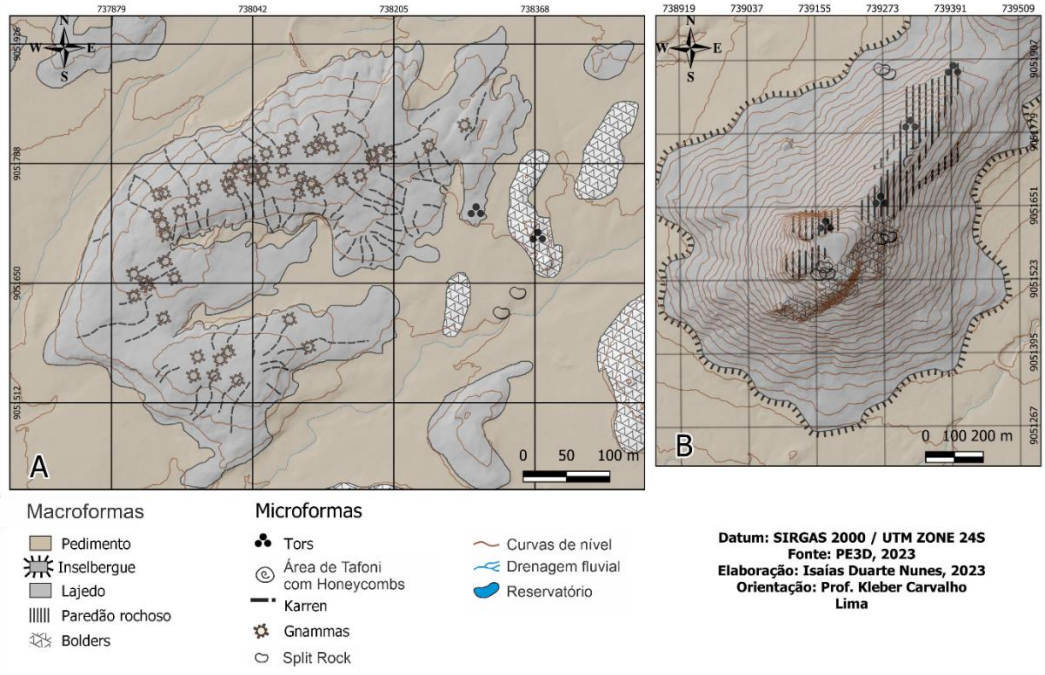
Figura 5: A) Lajedos com diferentes dimensões; B) lajedos situados na base de inselbergues; C) feições estruturais em lajedos; D) bolders em clusters em diferentes pontos do pedimento.

Fonte: Autores (Fotos de 2022 e 2023).

Microformas de relevo

As microformas de relevo graníticas reconhecidas na área de estudo foram aquelas relacionadas a blocos graníticos, como os tors; as de origem de dissolução, como tafoni, honeycombs, karrens e gnammas; e aquelas de origem estrutural, como as split rocks. São microformas que ocorrem sobre as macroformas, ou mesmo embutidas (Figura 6).

Figura 6: Seção de detalhe (A) do mapa da figura 5 com microformas de relevo granítico sobre lajedo e boulders; seção de detalhe (B) do mapa da figura 5 com microformas sobre inselbergues.



Fonte: Autores (2023).

Tors podem ser consideradas como formas residuais de relevo recorrentes em granitos, embora não sejam exclusivas desse tipo de litologia, com morfologia relacionada com as juntas e planos de deformação, resultantes da sobreposição de boulders (Bastos et al., 2022). Michniewicz; Jancewicz; Migón (2020), colocaram que a origem de feições como tors é complexa, já que diversos cenários de exposição de rochas anteriormente em subsuperfície podem ser aplicados. Na área estudada, os tors ocorrem sobre lajedos em meio a bolders (Figura 7-A), e em trechos de vertente dos inselbergues.

Segundo Bastos et al. (2022), tafoni são consideradas formas típicas de dissolução comuns em ambientes de clima árido e semiárido, embora não sejam particulares desse ambiente. Se caracterizam por formarem cavidades na parte inferior da estrutura e também nas vertentes dos paredões íngremes. As cavidades são consideradas como feições poligênicas e poliformes, "formadas a partir da expansão de um núcleo que vai progressivamente sendo consumido pelo intemperismo" (Bastos et al., 2022, p. 751). Turkington (2004), apontou que os tafoni podem ocorrer separadamente ou isolados, e se caracterizam por apresentar formato esférico ou elíptico com aspecto de arco, paredes internas côncavas e superfície interna levemente inclinada recoberta por detritos.

Na área de estudo, o tafone da Pedra Furada (Figura 7-B) é considerado o mais desenvolvido, ocorre de maneira isolada, e apresenta um arco longitudinal superior que se configura como uma feição particular rara. Na parte interna do tafone, ocorrem feições alveolares menores, denominadas de honeycombs (favos de mel) (Figura 7-C). Assim como os tafoni, são feições de dissolução e ocorrem em diversas partes do globo, em diferentes condições ambientais (Klimchouk, 2017). Segundo Turkington (2004), os honeycombs são pouco espaçados, separados por paredes rochosas estreitas e organizados em padrões intrincados. Na área de estudo, ocorre predominantemente no tafone da Pedra Furada.

De acordo com Mariano et al. (2023), a formação da Pedra Furada ocorreu a partir da combinação do sistema de fraturas e da intrusão de corpos máficos como os dioritos (Figura 7-D), que se constitui na rocha de maior fraqueza e possibilita a formação de taffoni.

Figura 7: A) Tors; B) Tafone da Pedra Furada; C) Honeycombs formados no teto do arco da Pedra Furada; D) Tafone associado a dissolução de dioritos.

Fonte: Autores (2023).

Sobre os lajedos e nos paredões rochosos, ocorrem com frequência caneluras, ou karren (Figura 8-A), desenvolvidas por ação do escoamento da água sobre a rocha exposta (XAVIER, 2021). Se assemelham a sulcos pois a dissolução escava a rocha, estando na dependência do tipo e da intensidade dos processos químicos. Embora sejam frequentes em litologias carbonáticas, ocorrem em granitos com textura porfirítica, como é o caso da área de estudo, cujas rochas apresentam megacristais de k-feldspato na sua composição.

Também classificadas como formas de dissolução, as Gnammas (Figura 8-B), resultam do intemperismo químico diferencial sobre os granitos, e são caracterizadas por apresentarem formato de bacias que se formam nas diaclases que compõem afloramentos horizontalizados, como os lajedos (XAVIER, 2021). Nos trechos mais verticalizados dos afloramentos da área de estudo, as gnammas são conectadas entre si pelas Karren, permitindo a transferência de água entre elas e a dissolução em caminhos preferenciais.

Como microformas de relevo granítico, ocorrem também na área mapeada, split rocks, que são blocos rochosos que constituem bolders, divididos em duas partes (Bastos et al., 2022). Essa divisão geralmente ocorre ao longo de uma fratura vertical pré-existente, cuja formação está associada à liberação de stress provocado pelo peso do corpo rochoso (op. cit., p. 756). No parque e área de entorno, ocorrem com frequência (Figura 8-C), onde nota-se diferentes larguras entre uma parte e outra da rocha quebrada.

Figura 8: A) Vista aérea de karren sobre lajedo, conectando gnamas ; B) Gnammas circulares de fundo plano; Split rock sobre lajedo.

Fonte: Autores (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento das formas de relevo em escala de detalhe contribuiu para a compreensão sobre a organização espacial das formas de relevo desenvolvidas sobre terrenos graníticos na área de estudo, sendo essa área considerada como exemplar desse tipo de relevo no estado de Pernambuco e no Nordeste como um todo.

Por se tratar de uma área inserida em parque municipal, bem como trata-se de uma área inserida em projeto que visa a criação de um geoparque nacional, torna-se fundamental o

desenvolvimento de estudos em nível de detalhe, assim como a aplicação de técnicas cartográficas que contribuam para o estudo em nível de detalhe do patrimônio geomorfológico presente nesse cenário.

A cartografia geomorfológica pode contribuir de maneira significativa para o reconhecimento das formas de relevo granítica e para a sistematização dos fatos geomorfológicos nesse contexto, considerando-se os níveis de grandeza das feições e as relações entre essas formas.

Assim, considera-se que propostas sistemáticas de mapeamento geomorfológico de feições como essas devam ser desenvolvidas, com o intuito de subsidiar planos e ações voltadas para a preservação e conservação dos elementos da geodiversidade, possibilitando também a sua aplicação em áreas com morfologias semelhantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, F. F. M.; Hasui, Y.; Brito Neves, B.B.; Fuck, R.A. (1977). Províncias Estruturais Brasileiras. **Simpósio de Geologia do Nordeste**. Campina Grande, PB, Brasil, p. 363-391.

Arruda, Í. R. P.; Tavares, V. C.; Lima, G. R.; Silva, D. G. (2016). Geodiversidade em Venturosa: um estudo de caso no Parque da Pedra Furada – Pernambuco. **Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**. Recife, PE, Brasil, p. 1-11.

Bastos, F.H.; Lima, D.L.S.; Cordeiro, A.M.N.; Maia, R.P. (2022). **Relevos graníticos do Nordeste brasileiro**: uma proposta taxonômica. In: CARVALHO JÚNIOR, A.B. et al. Revisões de literatura da geomorfologia brasileira. Brasília: Universidade de Brasília, p. 737-762.

Brilha, J. (2005). **Património Geológico e Geoconservação**: A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica. Braga: Palimage Editores, 190 p.

Campbell, E.M. (1997) Granite landforms. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v. 80, n. 3, p. 101-112, 1997.

Cordeiro, A. M. N.; Bastos, F. De H.; Siame, L.; Lima, D. L. De S.; Paula, D. P.; Ximenes Neto, A. R. (2023) Geomorfologia do Campo de Inselbergs de Chaval, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v. 2, n. 1, e2247.

Corrêa, A. C. B.; Tavares, B. D. A. C.; Monteiro, K. A.; Cavalcanti, L. C. S. (2010). Megamorfologia e morfoestrutura do Planalto de Borborema. **Revista do Instituto Geológico** (Descontinuada), v. 31, n. 1-2, p. 35-52.

Guimarães, T. O. (2013). **Geoconservação: mapeamento, descrição e propostas de divulgação de trilhas geoturísticas no Parque Metropolitano Armando de Holanda Cavalcanti, Cabo de Santo Agostinho-PE, Brasil.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

Guimarães, T. O. (2016). **Patrimônio geológico e estratégias de geoconservação: Popularização das geociências e desenvolvimento territorial sustentável para o Litoral Sul de Pernambuco (Brasil).** Tese de doutorado, Recife, PE, Brasil.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (1995). **Mapa Geomorfológico do Brasil** (escala 1:5.000.000). Rio de Janeiro, IBGE.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2009). **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE.

Klimchouk, A. (2017). Tafoni and honeycomb structures as indicators of ascending fluid flow and hypogene karstification. **Geological Society**, London, Special Publications, v. 466, n. 1, p. 79–105.

Lima, K. C; Cunha, C. M. L; Perez Filho, A. (2013). Dificuldades e possibilidades da cartografia geomorfológica no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 65, n. 6, p. 1063-1073.

Lima, K. C.; Lupinacci, C. M. (2021). Geomorfologia do semiárido: proposta metodológica de representação cartográfica e interpretação do relevo em escala de detalhe. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 2, p. 218.

Mariano, G.; Correia, P. B.; Ferreira, R. V.; Accioly, A. C. A. (2013). **Pedra Furada de Venturosa, PE**: raro arco granítico com enclaves dioríticos. Recife: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 14 p.

Mariano, G.; Guimarães, T. O. Correia, P. B. (2012). Inventariação e quantificação do geossítio: arco granítico – Parque da Pedra Furada - Venturosa/PE. **Estudos Geológicos**, v. 22, n. 2, p. 63-76.

Michniewicz, A.; Jancewicz, K.; Migoń, P. (2020). Large-scale geomorphological mapping of tors – Proposal of a key and landform interpretation. **Geomorphology**, 357, p. 107106.

Migoń, P. (2021). Granite landscapes, geodiversity and geoheritage - Global context. **Heritage**, v. 4, n. 1, p. 198-219.

Migoń, P.; Maia, R. P. (2020). Pedra da Boca, Pai Mateus, and Quixadá - Three Possible Key Geoheritage Sites in Northeast Brazil. **Geoheritage**, v. 12, n. 3, p. 51.

Monteiro, F. A. D.; Maia, R. P.; Souza, A. S. V.; Gomes, E. L. M.; Mansur, K. L. (2023). **Geoparque Sertão Monumental** - Território dos inselbergs. 75. ed. Belo Horizonte: Caderno de Geografia, 20 p.

SGN - Servizio Geologico d'Italia. (1994). Carta Geomorfologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento (Periodici tecnici). **I Quaderni, serie III del SGI**, Volume 4, p. 1-42.

Tricart, J. (1965). **Principles et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 496 p.

Turkington, A.V. (2004). **Cavernous weathering**. In: GOUDIE, A.S. (ed.) Encyclopedia of Geomorphology. Vol. 1. London: Routledge, p. 128–130.

Twidale, C. R.; Vidal Romaní, J. R. (2005). **Landforms and Geology of Granite Terrains**. Boca Raton: CRC Press Inc., 354p.

VENTUROSA. **Lei n° 633, de 17 de dezembro de 2009, que dispões sobre a criação do Parque Municipal da Pedra Furada e dá outras providências.** Venturosa, PE, gabinete do prefeito, 2009.

Verstappen, H.T.; Zuidam, R.A.V. (1975). **ITC System of geomorphological survey**. 3. ed., Enschede: ITC, Vol. VII. 52 p.

Xavier, R. A. (2021). Processos geomorfológicos e evolução da paisagem no semiárido brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v.7, n.1, p.59-69.

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL A INUNDAÇÃO NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE LAJEDO/PERNAMBUCO, NORDESTE

Deyvid Luam da Silva Panta [(a)], Maricleia Alves Santos [(b)], Sirius Oliveira Souza [(c)]

[(a)] *Pós-Graduando em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental, Universidade de Pernambuco, luam.panta@gmail.com*
[(b)] *Pós-Graduanda em Estudos Territoriais, Universidade do estado da Bahia, alvesmaricleia@gmail.com*

[(c)] *Docente do Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal do Vale do São Francisco, sirius.souza@univasf.edu.br*

Resumo: Este estudo teve como objetivo identificar a vulnerabilidade socioambiental a ocorrência de inundação no espaço urbano do município de Lajedo-PE. Para tanto avaliando a vulnerabilidade socioambiental através de duas variáveis risco ambiental e degradação. Foram utilizadas bases de dados do censo demográfico e imagens de satélite na elaboração do mapa síntese da vulnerabilidade, sendo produzido por meio da utilização dos Sistemas de Informações Geográficas. Os resultados revelaram a falta de ordenamento urbano, visualizada pela degradação das margens dos rios, assim como pela baixa cobertura de saneamento básico, a integração das variáveis (risco e degradação), exprimiu as classes de vulnerabilidade baixa com apenas 2 setores, média vulnerabilidade com 23 e alta vulnerabilidade com 5 setores, a partir dos resultados alcançados evidenciou-se a problemática socioambiental na área urbana, onde pelas variáveis empregadas, destaca-se que isso acontece devido a ausência de infraestrutura equitativa e conservação dos cursos fluviais. Por fim, o roteiro teórico e procedimental atendeu ao objetivo da pesquisa, tornando possível identificar a distribuição da vulnerabilidade socioambiental.

Palavras-chave: Inundação, Geotecnologias, Análise espacial.

Abstract: This study aimed to identify environmental vulnerability to the occurrence of flooding in the urban space of the municipality of Lajedo-PE. To this end, assessing environmental vulnerability through two variables environmental risk and degradation. Demographic census databases and satellite images were used to prepare the vulnerability synthesis map, which was produced through the use of Geographic Information Systems. The results revealed the lack of urban planning, visualized by the degradation of river banks, as well as the low coverage of basic sanitation, the integration of variables (risk and degradation), expressed the classes of low vulnerability with only 2 sectors, medium vulnerability with 23 and high vulnerability with 5 sectors, from the results achieved, the environmental problem in the urban area was highlighted, where, based on the variables used, it is highlighted that this happens due to the lack of equitable infrastructure and conservation of river courses. Finally, the theoretical and procedural script met the research objective, making it possible to identify the distribution of environmental vulnerability.

Keywords: Flooding, Geotechnologies, Spatial analysis.

INTRODUÇÃO

O Brasil no início da segunda metade do século XX vivenciou significativa mudança no local de residência da população, tendo as cidades como destino à ocupação, em consonância a isso ocorrendo o crescimento populacional decorrente das relativas melhorias sociais (SANTOS, 1993).

Para Carlos (2019), as cidades constituem uma produção socioespacial, marcada por distintos processos que envolvem elementos construídos e modos de vida urbano, que se expressam pela contradição de interesses denotados nas segregações envolvidas na elaboração do espaço urbano.

Diante do contingente populacional cada vez maior ocupando aglomerados urbanos, os sítios construídos que outrora detinham no meio o predomínio de elementos naturais, começam progressivamente a serem substituídos por artifícios técnicos que alteram as formas e funcionamento das paisagens, ocasionando problemas de diferentes ordens e dimensões.

Nesse aspecto, Rodrigues (1993) advoga que o meio ambiente urbano é moldado pelos materiais construídos, onde a natureza é exclusa do "desenvolvimento", que se pronuncia, em ações como desmatamento, aterramento de rios, impermeabilização superficial, verticalização das construções, dentre outras.

Os problemas do espaço urbano são diversos e complexos, Mendonça (2004) considera que os impactos negativos envolvem a noção de vulnerabilidade e risco no sistema urbano, coadunados através das características socioeconômicas e a exposição da população a diferentes ameaças, logo os espaços urbanos detêm no conjunto geral problemas com degradação ambiental e desigualdades na qualidade de vida, como catalisadores das problemáticas.

A privação de infraestrutura e ordenamento territorial é determinante na existência de áreas inadequadas ao uso, ligado diretamente a vulnerabilidade social. Dentre os eventos naturais que atuam no espaço urbano, as inundações ocorrem e causam grandes prejuízos e perdas materiais e imateriais, em virtude da ocupação desordenada no leito maior dos rios (HORA e GOMES, 2009). Júnior, Barros e Lavarini (2020) descrevem o leito maior como as áreas onde escoam as águas que ultrapassam o nível do canal.

O transbordamento do canal ocorre pela interação de diferentes fatores de ordem meteorológicos e hidrológicos, apesar disso, nas áreas urbanas esse processo tende a intensificar-se em magnitude e frequência, uma vez que as alterações antrópicas impermeabiliza a superfície, retificando e assoreando os cursos d'água, com ocupação irregular de margens que alteram as características fisiográficas da bacia provocando transformações em seu funcionamento (CARVALHO, MACEDO e OGURA 2007; AMARAL e RIBEIRO, 2015).

Embora episódios de inundação possam atingir a todos no cenário urbano, a resposta e capacidade de recuperação se distinguem nos diferentes grupos. A vulnerabilidade da população deve integrar a compreensão do perigo potencial, desse modo, identificar o risco implica em entender os indivíduos, grupos ou comunidades mais vulneráveis (SILVA, SANTOS e FILHO, 2020). Dialogando com isso, Jorge (2011) ratifica que os problemas socioambientais urbanos não ocorrem de forma igualitária, comumente as classes menos favorecidas economicamente instalam-se nas áreas desvalorizadas sujeitas a ameaças e danos.

Almeida (2010) destaca que o risco representa uma categoria de análise associada à incerteza e exposição a perigos. O autor coloca que o risco é produto social, derivado da percepção coletiva e/ou individual, sob a propensão de ocorrência de um evento de grandeza natural, tecnológica dentre outros que possa causar consequências, esse dano é mensurado pela vulnerabilidade das populações.

Em virtude da dimensão espacial as inundações podem ser entendidas como risco ambiental, que de acordo com Veyret (2019) resulta da associação entre os riscos naturais e os componentes humano como agravante, em vista da apropriação do território.

Diante do exposto, identificar áreas de risco ambiental corrobora como instrumento para subsidiar medidas públicas de gerenciamento, sabendo, que os diagnósticos precisam transcorrer pelo entendimento da situação de vulnerabilidade da população, assim como dos eventos perigosos que coexistem no território (SILVA, MOURA e CUNICO, 2021).

No contexto dos episódios hidrometeorológicos, as áreas semiáridas do território brasileiro possuem característica climática marcada pelas elevadas taxas de insolação, evapotranspiração acentuada, variabilidade de precipitação no tempo e espaço, além de déficit hídrico (ZANELLA, 2014).

Tratando diretamente das inundações, o clima consiste em aspecto essencial na definição de regime de vazão e disponibilidade hídrica no sistema fluvial. De tal modo, o semiárido possui diferentes sistemas atmosféricos que atuam de forma distinta na escala espaço-tempo produzindo instabilidades, além disso, a ocorrência de fenômenos oceânicos-atmosféricos como: *el ninõ, la niña* e dipolo do atlântico sul, são mecanismos que amplificam ou retraem a distribuição das chuvas no Nordeste Semiárido (MENDONÇA e DANI-OLIVEIRA, 2009; ZANELLA, 2014; MOURA et al, 2019).

A sazonalidade e característica de torrencialidade pluvial da região proporciona a entrada de totais inesperados em curto período de tempo, colocando a ocorrência de inundação como questão ainda mais complexa, mesmo com monitoramento e alertas meteorológicos, a ausência de planejamento e gerenciamento socioambiental em vista do uso desordenado no espaço urbano prepondera e reflete em consequências periódicas. Sendo de suma importância identificar áreas prováveis a sofrerem com o fenômeno de inundação, além de evidenciar as populações expostas sobre a possibilidade de serem atingidas.

Na esfera da política pública, o mapeamento das áreas com ocupações propensas a sofrerem danos enquadra-se na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) que estabelece uma série de estratégias a fim de identificar e gerenciar áreas de risco (BRASIL, 2012). Contudo, a insuficiência de diagnóstico precisos assevera o problema, logo a compreensão das relações ambientais torna-se substancial no estabelecimento de melhores condições sociais à população, dentre essas, as que são afetadas pelas inundações.

Nessa perspectiva, o município de Lajedo localizado no estado de Pernambuco, insere-se no domínio semiárido de acordo com a SUDENE (2021), tendo no território urbano riachos que perpassam a cidade. Ademais, os canais de drenagem urbanos no município encontram-se assoreados, poluídos e com ocupações irregulares em suas margens e leitos (SILVA, 2020).

Diante do problema socioambiental exposto, o presente estudo tem como cerne identificar as áreas de vulnerabilidade à ocorrência de inundação no espaço urbano do município de Lajedo, para tanto utilizando as geotecnologias como suporte à análise espacial

MATERIAL E MÉTODO

A pesquisa ocorreu seguindo diferentes etapas de análise espacial, direcionada a avaliação da vulnerabilidade socioambiental. O encaminhamento do estudo ocorreu em três momentos distintos desenvolvidos pela coleta de dados, organização dos dados, interpretação e análise.

Na primeira etapa foi realizado levantamento bibliográfico e cartográfico, identificando a base teórica-conceitual destinada a pesquisa através de artigos, livros e relatórios técnicos, por meio dos desdobramentos dessa etapa decidiu-se adotar a proposta metodológica elencada por Dias, Silva e Grigio (2021) que avaliam a vulnerabilidade ambiental, adotando como conceitos voltados à operacionalização, como propõe Alves (2006) que integra informações de risco e degradação ambiental, onde o primeiro aspecto (risco ambiental) identifica a exposição da população ao sistema fluvial, ocupando as margens e/ou leito maior dos canais fluviais; já a segunda dimensão da vulnerabilidade (degradação ambiental) condiz a estrutura sanitária de esgotamento geral servido no território, por setor censitário.

Ademais, selecionou-se a base de dados composta de arquivos secundários georreferenciados e em planilhas. Na segunda etapa foram criados planos de informações, com os dados selecionando as variáveis que sequencialmente seriam interpretadas, para tanto foram elaboradas chaves de classificação das áreas construídas e dos níveis de vulnerabilidade, adaptando a proposta de Dias, Silva e Grigio (2021) a realidade da área de estudo.

No terceiro momento foi realizada a análise das informações produzidas no ambiente computacional, por meio Sistemas de Informações Geográficas-SIG, após elaboração das informações cartográficas houve visita in loco para validação do mapa síntese, assim como realizar registros fotográficos das áreas vulneráveis.

Os materiais utilizados correspondem aos instrumentos e banco de informações geoespaciais como:

- Informações quantitativas por setores censitários urbanos do censo demográfico de 2010, disponibilizadas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, adotando essa unidade de análise que corresponde a menor em escala de levantamentos oficiais.

- A delimitação da drenagem teve como recurso os dados do Programa Pernambuco tridimensional do ano de 2016 sendo utilizado o modelo digital de terreno-MDT e a ortoimagem com resoluções espaciais de 50 cm;

- dados dos limites das unidades federativas, estados e municípios, além da dados ambientais de acesso livre disponibilizados pelo IBGE (2019);

- Google Earth Pro foi empregado com objetivo de auxiliar a interpretação da drenagem, bem como escolha de pontos na área urbana que foram visitados;

- Software Excel usado para realizar o cálculo de porcentagem de domicílios permanentes cobertos com a rede geral de esgotamento sanitário;

- Software utilizado foi o Qgis versão 3.22.14 para integração, processamento e interpretação dos dados e informações.

Os procedimentos tiveram como pressupostos a análise espacial, por meio de dados e informações geográficas, na construção de representações analíticas e sintéticas, como destaca Menezes e Fernandes (2013). Para o desenvolvimento do estudo foi empregado o uso das geotecnologias dentre essas o Sensoriamento Remoto- SR e o Sistema de informações Geográficas-SIG.

Os dados quantitativos da pesquisa foram ordenados de forma nominal em níveis de vulnerabilidade socioambiental em classes, sendo baixa vulnerabilidade- setores que possuem rede de esgoto para todos os domicílios, portanto uma elevada cobertura de saneamento e sem residência próxima aos riachos urbanos; média vulnerabilidade- setores que apresentam condições de degradação com saneamento inferior a 100%, mas com percentual maior que 50% e, possuem ou não área próximos a cursos d'água; e por último, alta vulnerabilidade- implica em situações onde a exposição ao risco ambiental é severo e a degradação pela ausência de saneamento é inferior a 50%.

No primeiro momento, para construção cartográfica teve início com a elaboração do plano de informação comum, portando os arquivos vetoriais e raster foram reprojetados em SIG, para projeção métrica Universo transverso de Mercator fuso 24 S, Datum Sirgas 2000.

Com os dados padronizados foi realizada a seleção da área urbana, em seguida em tabela Excel foram efetivados os cálculos da porcentagem da cobertura de estrutura sanitária pela rede de esgotamento. Em virtude disso, foram utilizadas duas variáveis do censo: V2 Domicílios particulares permanentes- Domicílio construído para servir, exclusivamente, à habitação e, na data de referência, tinha a finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas; e V017 Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial – quando a canalização das águas servidas e dos dejetos, proveniente do banheiro ou sanitário, estava ligada a um sistema de coleta.

Em sequência a realização do cômputo, ocorreu a vinculação da planilha (com as informações do saneamento) para cada setor censitário do tipo urbano em ambiente SIG, estabelecido na tabela de atributos shapefile os campos correspondentes das variáveis (V2 e V017), junto a porcentagem. Para situar os diferentes níveis de degradação ambiental, desta maneira o quadro 1 contém as características das várias e seus valores de vulnerabilidade.

Quadro 1 - Características e valores da variável degradação ambiental

Degradação ambiental	Descrição	Valor
Baixo	cobertura da rede de esgoto igual a 100%	1
Média	cobertura de esgoto igual ou superior a 50%	2
Alto	cobertura da rede de esgoto inferior a 50%	3

Fonte: Dias, Silva e Grigio (2021) adaptado pelos autores em 2023.

A segunda análise condiz a identificação do risco ambiental que foi elaborado observando a distância entre o canal fluvial e a proximidade das construções de empreendimento e/ou residências. Adotou-se esse critério considerando a exposição da população a eventos de inundação. Devido à ausência de mapeamentos da drenagem em escala de detalhe, de modo que os canais de drenagem visíveis em imagens de satélite não foram encontrados em bases de dados oficiais, porquanto foram realizados vetorização da drenagem urbana utilizando relevo sombreado derivados do modelo digital de Terreno e o ortoimagem do PE3D (Pernambuco Tridimensional) foram realizados o mapeamento do canal de drenagem, além disso ponderando como referencial para localizar as drenagens e as toponímias

dos canais a partir de Silva e Santos (2012) e Silva (2020) discorrem sobre os riachos urbanos do município de Lajedo.

Após a construção da rede hidrográfica, foram delimitados Buffer ao redor da drenagem, o critério para escolha da metragem foi seguindo o código florestal (Lei nº 12.651) que normatiza área de preservação permanente (APPs) devem ter uma área de 30 metros para canais d'água menores que 10 metros de extensão, mesmo que recentemente tenha havido uma mudança de acordo com a Lei nº 14.285 aprovada em dezembro de 2021, ao qual estabeleceu como encargo dos municípios e estados estabelecer os limites, por meio de conselhos e leis municipais.

Para classificar o risco ambiental, foi elaborada uma chave de interpretação (Quadro 2), considerando as construções próximas ou inseridas na área de APPs. Em sequência, a descrição e classificação foi analisada pelas imagens de satélite no *software Google Earth Pro* de setembro de 2023.

Quadro 2 - Chave de classificação do risco ambiental.

Risco ambiental/ valor	Descrição	Imagem de satélite
Baixo/ 1	Ausência de construções inseridas no *Buffer* da área de preservação permanente ou ausência de canal de drenagem no setor censitário	
Médio / 2	Construções localizadas em áreas limítrofes ou com poucas residências inserido no *Buffer* da área de preservação permanente	
Alto / 3	Construções adensadas ocupando grande parte do domínio areal do *Buffer* da área de preservação permanente, com canal totalmente alterado, seja pavimentado ou pelas construções sobre a drenagem.	

Fonte: Autores (2023).

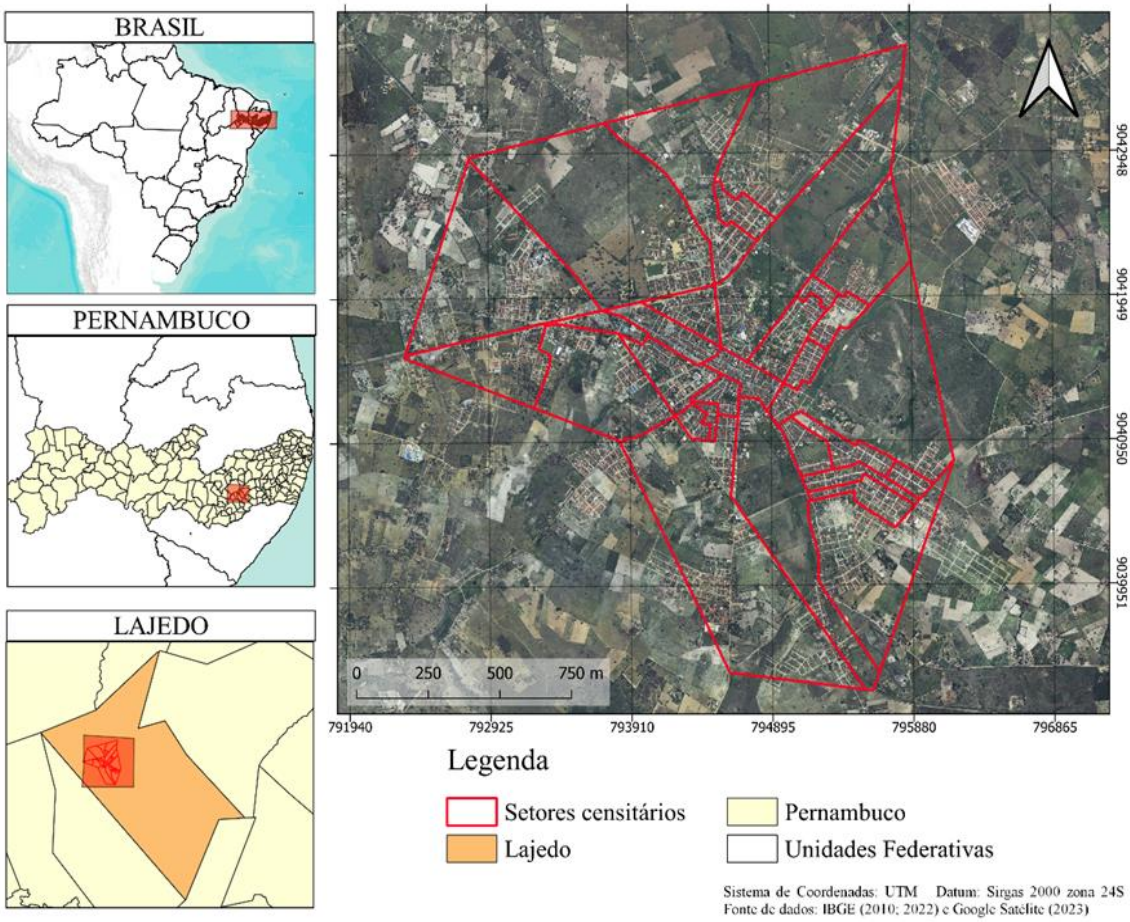
Por fim, depois da elaboração dos mapas temáticos foi classificado a vulnerabilidade socioambiental estabelecendo a discretização das classes, a partir dos valores destinado a cada característica da área de estudo, portanto setores que com valor 2 possuem baixa vulnerabilidade, com valores entre 3 a 4 vulnerabilidade média, já vulnerabilidade alta em descrito com valores entre 5 a 6. Dessa maneira, a partir da integração (soma) das variáveis obteve-se o mapa síntese da vulnerabilidade socioambiental.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A área de estudo está localizada no município de Lajedo (Figura 1), no Nordeste brasileiro, mais precisamente no estado de Pernambuco, inserido na mesorregião do Agreste e na microrregião de Garanhuns, sendo traspassado pelas rodovias BR-423, PE-180 e PE-170; tendo distância de

aproximadamente 191,1 km² de Recife capital do estado. A população de Lajedo corresponde a 39.582 pessoas, com densidade demográfica de 209,32 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2023).

Figura 1 - Mapa de localização dos setores censitários do município de Lajedo, Pernambuco.



Fonte: autores (2023).

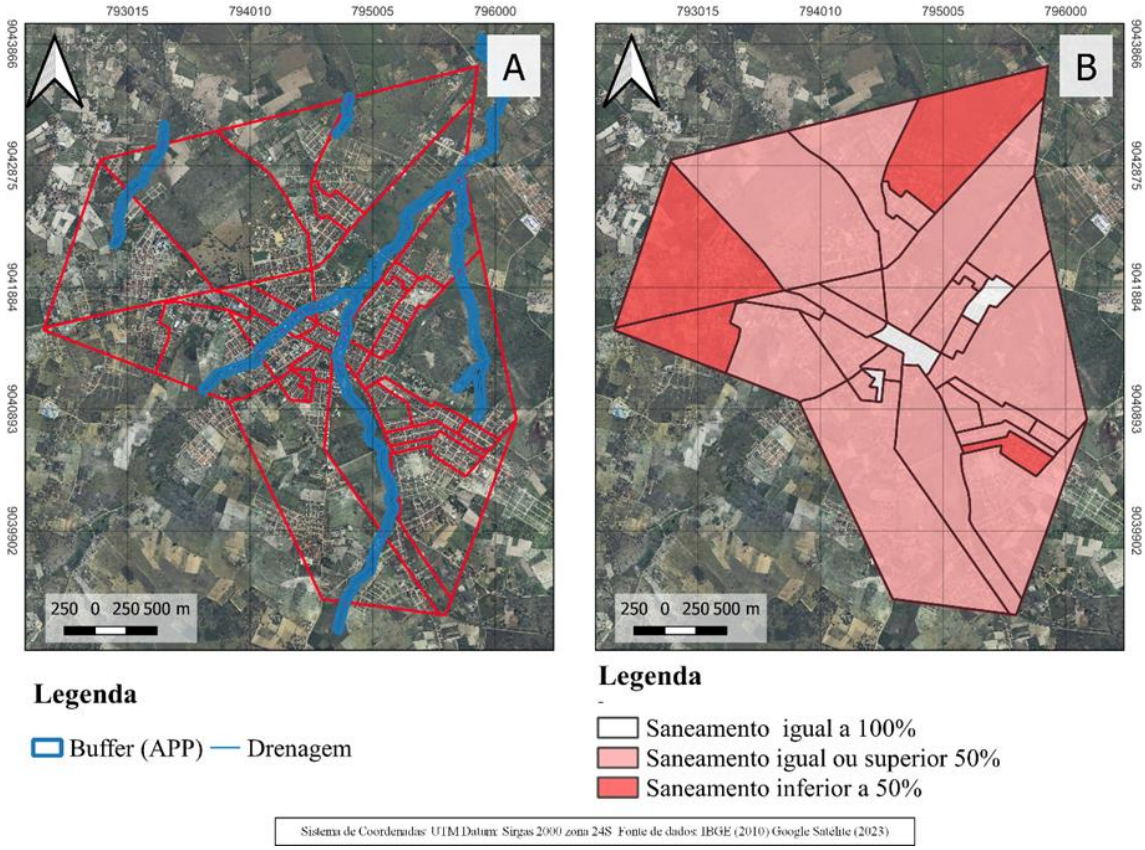
Em relação aos aspectos fisiográficos o município está inserido no contexto geológico regional da Província da Borborema, essa estrutura contém o agrupamento do embasamento com porções de microcontinentes, faixas orogênicas de idade arqueano ao neoproterozoicos, sendo essas estruturas separadas por zonas de cisalhamento de empurrão e transcorrente (HASUI, 2012), possui litologia constituída por litotipos de rochas ígneas e metamórficas (CPRM, 2007).

A localização geográfica se demarca como zona de transição entre o Sertão pernambucano e a Zona da Mata, apresentando concentração de chuvas entre outono e inverno (PERNAMBUCO, 2014).

A área faz parte do compartimento geomorfológico do planalto da Borborema, que condiz maciços arqueados, com modelado aplainado, degradado; esculpido em material dúctil, bem como em blocos falhados (SILVA, 2008; JATOBÁ e SILVA, 2017). A cobertura pedológica (ordem) caracteriza-se pelos: Neossolos, Argissolos e Planossolos (EMBRAPA, 2001). A vegetação corresponde a fitofisionomia da caatinga, caracterizada como caducifólia e subcaducifólia (CPRM, 2005).

Os dados considerados apresentam o quantitativo de trinta setores censitários na área urbana do município, cada unidade territorial (setor) foi analisada no primeiro momento de forma individual. Considerando as variáveis risco ambiental e degradação, uma vez que a espacialização proporcionou identificar as características e particularidades em relação ao estabelecimento da vulnerabilidade (Figura 2 A e B).

Figura 2 - Variáveis adotadas para análise da vulnerabilidade socioambiental. A) drenagem urbana e B) cobertura da rede de esgoto.



Fonte: Autores (2023).

O componente risco ambiental, representado pela drenagem urbana, permite detectar a exposição da população à inundação e consequentemente quais locais proporcionam maior risco de transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Notou-se pela delimitação da drenagem, que os trechos de maior extensão fluem em áreas centrais da zona urbana. No total, treze setores são perpassados por canais, em alguns pontos os segmentos do canal encontram-se por completo recobertos com pavimento e construções, com predomínio de edificações de uso residencial.

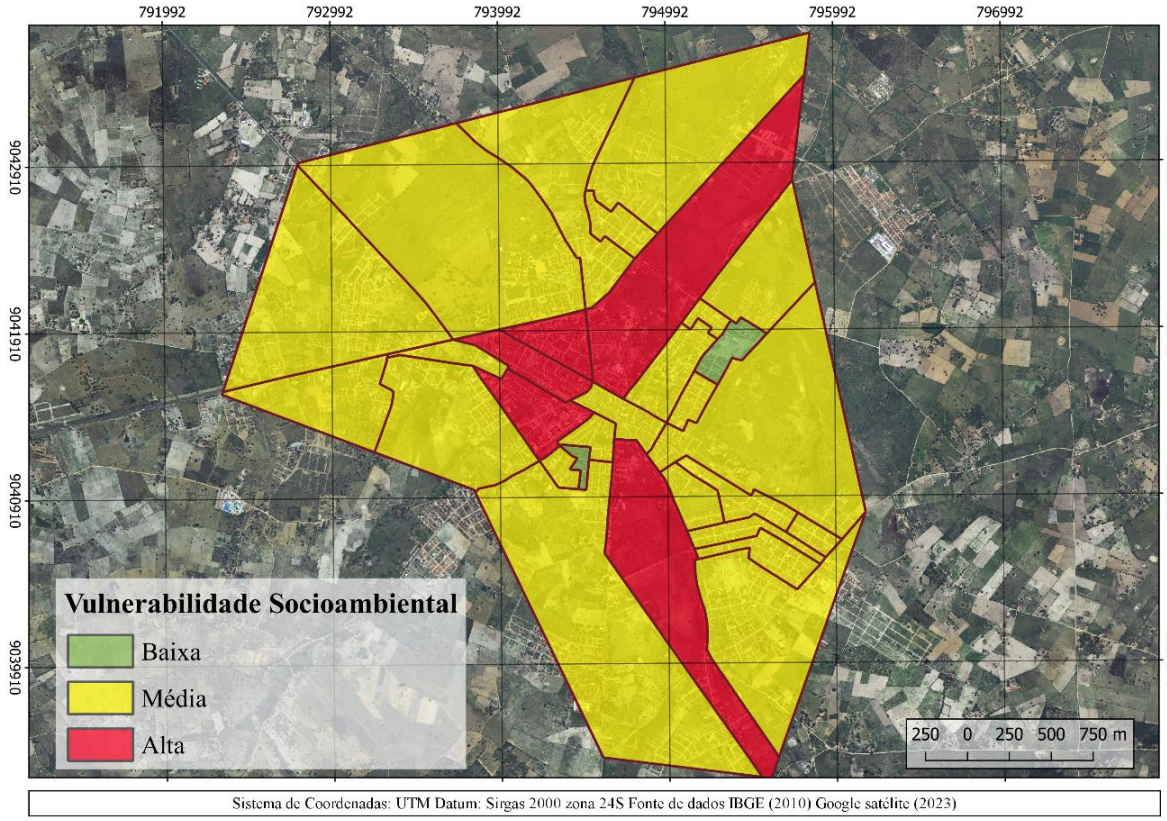
É possível verificar que a consolidação do sítio urbano aconteceu às margens dos cursos d'água, tendo como destaque a ausência completa da cobertura vegetal ciliar, havendo apenas fragmentos de vegetação de estrato herbáceo com gramíneas em espaços que ainda não foram construídos ou que as construções não ocuparam os limites do canal. Nos setores mais distantes do centro, no contexto periurbano é possível notar em algumas áreas uma vegetação composta de arbustos e árvores de forma esparsa, contudo não significam áreas de preservação permanente.

A organização das informações em relação a cobertura de saneamento (Figura 2B), foi classificada em três níveis de qualidade ambiental, pela associação entre domicílios e infraestrutura sanitária.

A classe de saneamento que apresenta cobertura de 100% compreende apenas 3 setores, isso significa que menos da metade (10%) dos agregados concentram a infraestrutura adequada, a classe com cobertura igual e ou superior 50% englobam o maior número, congregando 23 setores (77%), cabe pontuar que dentre os setores enquadrados, algum possuem cobertura entre 80% e 90%. Já a situação de maior precariedade é representada pelas residências com menos da metade dos domicílios com saneamento, tendo 4 setores (13%) incluídos.

Por meio da atribuição de notas, de acordo com as variáveis consideradas para realização da análise da vulnerabilidade socioambiental, foi elaborado o mapa síntese (Figura 3) com a distribuição da vulnerabilidade nos setores urbanos pela integração das duas variáveis selecionadas na pesquisa.

Figura 3 - Vulnerabilidade socioambiental dos setores urbanos do município de Lajedo, Pernambuco.



Fonte: Autores (2023).

A vulnerabilidade socioambiental de acordo com Alves (2006) reflete a proximidade das residências aos cursos hídricos e, a má qualidade ambiental (degradação) descrita pela cobertura da rede de esgoto.

Sendo assim, as informações para área urbana apresentavam apenas 2 setores censitários com baixa vulnerabilidade que significa 6% do total (área de 0,096 km²), essa qualificação decorre pela cobertura de saneamento se apresentar concordante entre o número de domicílios, e pela distância para além dos 30 metros envolta dos cursos d'água. A distribuição das duas áreas não é contínua, por conseguinte elucidar o desenvolvimento horizontal da cidade de modo desordenado com ausência e infraestrutura.

A vulnerabilidade média abarcou 23 setores que corresponde a 77% dos setores (área de 8,3km²), o indicador evidencia disparidades sociais, pois dentre a variável que predominou para essa qualificação, o saneamento básico foi o que suplantou. Além do mais, é possível identificar in loco diferenciações sociais expressa pelo padrão construído das residências inseridas no mesmo setor, portanto, mesmo para aqueles setores com 90% de saneamento ainda não contempla a todos demonstrando o acesso desigual às condições de salubridade intrassetor censitário.

A categoria de vulnerabilidade alta apresenta 5 setores que é proporcional a 17% do número total (área de 1,8 km²). Espacialmente segue o traçado dos riachos urbanos, são os locais com saneamento inferior a 100%, além das ocupações estarem situadas nas margens e várzeas dos riachos. Desse modo, essa classe destaca-se como foco para proliferação de doenças de veiculação hídrica. Outro aspecto que merece destaque é que essa classe, tem usos da terra com áreas de lazer (praças públicas), prédios públicos (escolas e o Centro de Abastecimento de Lajedo-CEALA), bem como parcela significativa do comércio local da cidade se concentra nesses vetores de maior vulnerabilidade.

Os dados produzidos expressam a carência de planejamento urbano e investimentos em infraestrutura na consolidação do sítio urbano, visto que locais centrais apresentam maior vulnerabilidade. Todavia, se tratando do sistema fluvial mesmo aqueles setores com vulnerabilidade média e baixa (com cobertura de saneamento 100%), ainda assim podem ser afetados pelos fluxos da drenagem quando localizados a jusante da área fonte da poluição.

Nesse sentido, Spósito (2004) indaga que o desenvolvimento do espaço urbano, comumente não provê iniciativas públicas a obras de saneamento básico, tendo os poluentes (químicos e sólidos) despejados nas redes de drenagem trazendo consequências à saúde da população.

Sobre essa perspectiva, é notória a exposição da população urbana em Lajedo, onde na ocorrência de eventos de cheias e inundações podem sofrer danos matérias e a própria saúde, em vista da qualidade da água em decorrência do despejo de efluentes.

Outra questão relevante é a descaracterização da superfície pelas edificações e impermeabilização do solo que alteram a concentração e velocidade do escoamento. No tocante, Botelho (2013) alerta a respeito das mudanças processuais no ciclo hidrológico nas bacias urbanizadas, marcadas pela diminuição do tempo de cheias, assim as alterações antrópicas amplificam a problemática.

A respeito disso, Costa, Lima e Silva (2010) explanam que as cidades brasileiras fazem parte do processo desordenado de ocupação, que ocorre ao longo de décadas, causando um cenário de desastres ambientais, quando ocorre precipitação mais intensa, isso deriva, sobretudo, da ocupação irregular em áreas susceptíveis.

Silva, Santos e Santos (2011) discorrem sobre o contexto histórico e atual ao qual levou a degradação dos riachos urbanos do município de Lajedo, constatando que eventos de enchentes apresentaram um crescimento de ocorrência a partir dos últimos dez anos, isso decorre a mudança na configuração do canal e leito maior dos afluentes.

Os apontamentos sobreditos condizem com a vulnerabilidade socioambiental, todavia, notando-se no contexto atual a persistência e agravamento dos problemas, como poluição, ocupação em áreas irregulares, bem como evidencia-se habitação mesmo que de alvenaria possuem um padrão de construção precária (figura 4A), com os muros das casas voltadas para a drenagem onde ocorre o despejo de resíduos (Figura 4B). Desse modo, nota-se a necessidade de ações públicas (municipal, estadual e/ou Federal), com finalidade de estabelecer medidas estruturais e não estruturais para mitigar as vulnerabilidades e os riscos no espaço urbano.

Figura 4 - Ocupação irregular sobre e às margens dos canais urbanos. A) construção de pavimento sobre o canal com ocupações sobre o canal. B) Quintais das residências e muros do comércio voltados para o canal onde ocorre o despejo de resíduos.

Fonte: autores (2023).

CONCLUSÃO

Por meio do roteiro teórico-metodológico adotado foi possível compreender a vulnerabilidade socioambiental na zona urbana do município de Lajedo. A metodologia empregada através das geotecnologias e base de dados secundários, tornou possível investigar a nível territorial urbano a vulnerabilidade socioambiental.

Cabe destacar que a pesquisa consiste em uma proposta inicial, por essa razão foram consideradas apenas duas variáveis para o diagnóstico da vulnerabilidade, apesar disso, demonstraram-se pertinentes ao entendimento da exposição da população e as desigualdades de cobertura de saneamento básico no território urbano. As variáveis mostram uma relação direta não exclusivamente com a vulnerabilidade, mas também com o risco ambiental à inundação.

Dito isto, diante dos resultados alçados, considera-se que estudos futuros que proponham investigar a vulnerabilidade, busquem atualizar os dados a partir do censo demográfico de2022, assim como incluindo na avaliação variáveis pessoais, econômicas, educacionais, dentre outras, com afinco de compreender de modo mais detalhado as características da população, tal como inserir mais componentes ambientais e parâmetros (susceptibilidade) mapeando a paisagem e o processo de inundação

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. Q. de. (2010). **Vulnerabilidades Socioambientais de Rios Urbanos: Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará.** Tese de Doutorado, Departamento de Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 278 f, Brasil.

ALVES, Humberto Prates da Fonseca. (2006). Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 23, p. 43-59.

AMARAL, Rosangela do; RIBEIRO, Rogério Rodrigues. (2015) **Inundação e Enchentes**. *In:* TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, JAIR; Amaral, Rosangela do (Orgs). Desastres naturais: conhecer para prevenir – 3a ed. São Paulo: Instituto Geológico. 39-52.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. (2011). **Bacias hidrográficas Urbanas**. **Geomorfologia Urbana**-Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 277p.

BRASIL. **Lei nº 12.608 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 abr. 2012. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm >. Acesso em: 30 out. 2023

CARLOS, A. F. A. (2019). **A cidade**. 9. ed. São Paulo: Contexto. 90p.

CARVALHO, S. C.; MACEDO, S. E.; OGURA, T. A.; (2007). **Mapeamento de Riscos em Encostase Margem de Rios**. Ed. Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT,.176p.

COSTA, Franklin Roberto da; LIMA, Raquel Franco de Souza; SILVA, Sebastião Milton Pinheiro da. (2010) Carta de risco de inundação a partir de modelos SRTM na área urbana de Pau dos Ferros-RN. **Geografia Ensino & Pesquisa**, p. 182-198.

CPRM. (2005). **Diagnóstico Do Município De Lajedo**. CPRM, 21p

CPRM. (2007) **Mapa geodiversidade do Brasil. Escala 1:2.500.000**. Legenda expandida. Brasília: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 68 p.

DIAS, Gutemberg Henrique; DA SILVA, Márcia Regina Farias; GRIGIO, Alfredo Marcelo. (2021). Vulnerabilidade ambiental: uma abordagem sobre a exposição ao risco e a degradação ambiental em Mossoró/RN–Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 17199-17216.

EMBRAPA. (2001). **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos-Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento-UEP Recife.350p

CÓDIGO FLORESTAL. (2001) **Código Florestal Brasileiro**. Brasília, Brazil, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Ministério da Agricultura, Brasília,v . 4771.

HASUI, Yociteru ; et al. (2012). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca. 900 p.

HORA, Silmara Borges da; GOMES, Ronaldo Lima. (2009). Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. **Sociedade & Natureza**, v. 21, p. 57-75.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE**). Cidade e estados**. 05 de maio, Disponível: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/lajedo.html Acesso em: 05 maio 2023.

JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. (2017) **Estrutura e dinâmica atual de paisagens**. Ananindeua, PA: Itacaiúnas. 107 p.

JORGE, Maria do Carmo Oliveira. (2011). **Geomorfologia Urbana: Conceitos, Metodologia e Teorias**.-Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, p. 117-145.

JÚNIOR, Antônio Pereira Magalhães; BARROS, Luiz Fernando de Paula; LAVARINI, Chrystiann (2020). **Unidades espaciais de estudo e elementos do sistema fluvial**. ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 60-86.

MENDONÇA, F. A.; DANI-OLIVEIRA, I. M. (2009)**. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. 1. reimpr. São Paulo: Oficina de Textos. 208p.

MENDONÇA, Francisco. (2004). Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. **Desenvolvimento e Meio ambientes**, v. 10.129-148p.

MENEZES, Paulo Márcio Leal; DO COUTO FERNANDES, Manoel. (2013). **Roteiro de cartografia**. Oficina de textos. 288p.

MOURA, Magna Soelma Beserra; SOBRINHO, José Espínola; DA SILVA, Thieres George Freire. (2019) **Aspectos meteorológicos do semiárido brasileiro**. EMBRAPA. 70p.

PERNAMBUCO. (2014) **Geodiversidade do estado de Pernambuco** – Recife: CPRM, 282 p.

RODRIGUES, A. M. (1998). **Produção e consumo no espaço problemática ambiental urbana.** Editora Hucitec.193p.

SANTOS, Milton. (1993). **A urbanização brasileira**. Edusp.176p

SILVA, Cassio Roberto da. (2008)**. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. CPRM. 268p.

SILVA, Júlio César Felix da. (2020) **Lajedo: uma poesia na rocha: aspectos histórico-geográficos do seu processo de constituição territorial.** Olinda, PE: Luci Artes Gráfica.300p

SILVA, Julio César Félix; SANTOS, Anderson Lopes dos; SANTOS, Clélio Cristiano dos . (2011). Problemática Ambiental dos Rios Urbanos: uma Análise das Situações de Risco Ambiental e da Qualidade de Vida dos Ribeirinhos do Riacho Doce da Cidade de Lajedo–PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 520-542.

SILVA, Julio César Félix; SANTOS, Clélio Cristiano dos. (2012). Problemática Ambiental dos Rios Urbanos: Vulnerabilidades e Riscos nas Margens do Riacho da Prata na Cidade de Lajedo-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 3, p. 488-508.

SILVA, Michele Souza da; SANTOS, Samuel Vítor Oliveira dos; FILHO, Jorge da Paixão Marques. (2020). **Geografia e os riscos socioambientais.** -1.ed.-Rio de Janeiro: Bertrand Brasil,.

SILVA, Natieli Tenório; MOURA, de Oliveira, Marcelo; CUNICO, Camila. (2021). Vulnerabilidade Socioambiental do Município de João Pessoa, Paraíba. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 43, p. 127-151.

SPÓSITO, Eliseu Sevério. (2004) **A vida nas cidades**. 5 ed-São Paulo. Contexto, 96 p.

SUDENE. **resolução condel/sudene. 2021**. Aprova a Proposição n. 151/2021, que trata do Relatório Técnico 588 que apresenta os resultados da revisão da delimitação do Semiárido. Disponível em: < https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/10proposicao1512021nv >. Acesso em: 30 out. 2023

VEYRET, Yvette. (2019). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. Editora Contexto. 319p.

ZANELLA, Maria Elisa. (2014). Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 126-142.

Este e-book é resultado do IV Simpósio de Geotecnologias do Nordeste & VI GlSday, intitulado, para esta edição, SIG's e gestão de conflitos ambientais: A cartografia na resolução de injustiças Sociais. O evento contou com mais de 600 inscritos do Brasil e do mundo. Foi realizado entre 22/11/2023 e 15/11/2023 no Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A temática "SIG's e gestão de conflitos ambientais: A cartografia na resolução de injustiças Sociais" foi concebida para compreender as atuais mudanças na forma de se tratar de situações ambientais utilizando a cartografia como principal ferramenta para mitigação de conflitos na área.

Esta obra é a quinta organizada pela Ej MapGeo: Mapeamentos e Soluções Geográficas em parceria com o Laboratório de Geomorfologia e Geotecnologias (GEOTEC) e os Grupos de Pesquisa ENPLAGEO (Geotecnologias Aplicadas Geomorfologia de Encostas e Planícies) e GEODEC (Estudos em Mapeamento Geomorfologico e do Quaternário Continental) todos da Universidade Federal de Pernambuco. Está composto por 40 capítulos escritos por pesquisadores de diversos estados brasileiros, nas seguintes áreas do conhecimento: Ensino da Geografia, proposição e práticas pedagógicas, metodologias ativas, espaço urbano e rural, relações de uso e ocupação da terra, processos atmosféricos e geomorfológicos, impactos socio-amentais, mapeamento de áreas de risco, entre outros. Tais diferenças temáticas permitem ao leitor um amplo leque multidisciplinar de possibilidades e avanços dentro de uma perspectiva geográfica de análise.

ISBN: 978-65-01-04800-0
CBL
9 786501 048000

Editora:
MapGeo
Consultoria Jr. UFPE