

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva
Fábio Freitas dos Santos
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Organizadores

PESQUISAS EM MEIO AMBIENTE E IMPACTOS AMBIENTAIS

VOLUME I



 Wissen
ed. 2022

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva
Fábio Freitas dos Santos
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Organizadores

PESQUISAS EM MEIO AMBIENTE E IMPACTOS AMBIENTAIS

VOLUME I



 Wissen
ed. 2022

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva
Fábio Freitas dos Santos
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Organizadores

Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais

 **Wissen**
editora
Teresina-PI, 2024

©2024 by Wissen Editora
Copyright © Wissen Editora
Copyright do texto © 2024 Os autores
Copyright da edição © Wissen Editora
Todos os direitos reservados

Direitos para esta edição cedidos pelos autores à Wissen Editora.



Todo o conteúdo desta obra, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es). A obra de acesso aberto (Open Access) está protegida por Lei, sob Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional, sendo permitido seu *download* e compartilhamento, desde que atribuído o crédito aos autores, sem alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Editores Chefe: Dra. Adriana de Sousa Lima
Me. Junielson Soares da Silva
Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Ma. Denise dos Santos Vila Verde

Projeto Gráfico e Diagramação: Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Imagem da Capa: Canva

Edição de Arte: Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Revisão: Os autores
Os Organizadores

Informações sobre a Editora

Wissen Editora
Homepage: www.editorawissen.com.br
Teresina – Piauí, Brasil
E-mails: contato@wisseneditora.com.br
wisseneditora@gmail.com

Siga nossas redes sociais:



@wisseneditora

EQUIPE EDITORIAL

Editores-chefes

Me. Junielson Soares da Silva
Dra. Adriana de Sousa Lima
Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Ma. Denise dos Santos Vila Verde

Equipe de arte e editoração

Emilli Juliane de Azevedo Neves
Isaquiel de Moura Ribeiro

CONSELHO EDITORIAL

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Dr. Felipe Górski - Secretaria de Educação do Paraná (SEED/PR)
Dra. Patrícia Pato dos Santos - Universidade Anhanguera (Uniderp)
Dr. Jose Carlos Guimaraes Junior - Governo do Distrito Federal (DF)

Ciências Biológicas e da Saúde

Dra. Francijara Araújo da Silva - Centro Universitário do Norte (Uninorte)
Dra. Rita di Cássia de Oliveira Angelo - Universidade de Pernambuco (UPE)
Dra. Ana Isabelle de Gois Queiroz - Centro Universitário Ateneu (UniAteneu)

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Dr. Allan Douglas Bento da Costa - Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Dra. Vania Ribeiro Ferreira - Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
Dr. Agmar José de Jesus Silva – Secretaria de Educação do Amazonas (Seduc/AM)

Linguística, Letras e Artes

Dra. Conceição Maria Alves de A. Guisardi - Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Dr. Isael de Jesus Sena - Culture, Education, Formation, Travail (CIRCEFT)
Dra. Mareli Eliane Graupe - Universidade do Planalto Catarinense (Uniplac)
Dr. Rodrigo Avila Colla - Rede Municipal de Ensino de Esteio, RS
Dr. Erika Giacometti Rocha Berribili - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Dr. Douglas Manoel Antonio De Abreu P. Dos Santos - Universidade de São Paulo (USP)
Dra. Aline Luiza de Carvalho - Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais (FHEMIG)
Dr. José Luiz Esteves - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR)
Dr. Claudemir Ramos - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP)
Dr. Daniela Conegatti Batista – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Dr. Wilson de Lima Brito Filho - Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Dr. Cleonice Pereira do Nascimento Bittencourt- Universidade de Brasília (UnB)
Dr. Jonata Ferreira de Moura - Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Dra. Renata dos Santos - Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Conselho Técnico Científico

Me. Anderson de Souza Gallo - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Ma. Antônia Alikeane de Sá - Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Ma. Talita Benedcta Santos Künast - Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Ma. Irene Suelen de Araújo Gomes – Secretaria de Educação do Ceará (Seduc /CE)

Ma. Tamires Oliveira Gomes - Universidade Federal de São Paulo (Unifesp)

Ma. Aline Rocha Rodrigues - União Das Instituições De Serviços, Ensino E Pesquisa LTDA
(UNISEPE)

Me. Mauricio Pavone Rodrigues - Universidade Cidade de São Paulo (Unicid)

Ma. Regina Katuska Bezerra da Silva - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Esp. Rubens Barbosa Rezende – Faculdade UniFB

Me. Luciano Cabral Rios – Secretaria de Educação do Piauí (Seduc/PI)

Me. Jhenys Maiker Santos - Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Me. Francisco de Paula S. de Araujo Junior - Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Ma. Anna Karla Barros da Trindade - Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Ma. Elaine Fernanda dos Santos - Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Ma. Lilian Regina Araújo dos Santos - Universidade do Grande Rio (Unigranrio)

Ma. Luziane Said Cometti Lélis - Universidade Federal do Pará (UFPA)

Ma. Márcia Antônia Dias Catunda - Devry Brasil

Ma. Marcia Rebeca de Oliveira - Instituto Federal da Bahia (IFBA)

Ma. Mariana Moraes Azevedo - Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Ma. Marlova Giuliani Garcia - Instituto Federal Farroupilha (IFFar)

Ma. Rosana Maria dos Santos - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Ma. Rosana Wichineski de Lara de Souza - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Ma. Simone Ferreira Angelo - Escola Família Agrícola de Belo Monte - MG

Ma. Suzel Lima da Silva - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Ma. Tatiana Seixas Machado Carpenter - Escola Parque

Me. Cássio Joaquim Gomes - Instituto Federal de Nova Andradina / Escola E. Manuel Romão

Me. Daniel Ordane da Costa Vale - Secretaria Municipal de Educação de Contagem

Me. Diego dos Santos Verri - Secretária da Educação do Rio Grande do Sul

Me. Fernando Gagno Júnior - SEMED - Guarapari/ES

Me. Grégory Alves Dionor - Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/ Universidade Federal
da Bahia (UFBA)

Me. Lucas Pereira Gandra - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); UNOPAR,
Polo Coxim/MS

Me. Lucas Peres Guimarães – Secretaria Municipal de Educação de Barra Mansa - RJ

Me. Luiz Otavio Rodrigues Mendes - Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Me. Mateus de Souza Duarte - Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Me. Milton Carvalho de Sousa Junior - Instituto Federal do Amazonas (IFAM)

Me. Sebastião Rodrigues Moura - Instituto Federal de Educação do Pará (IFPA)

Me. Wanderson Diogo A. da Silva - Universidade Regional do Cariri (URCA)

Ma. Heloisa Fernanda Francisco Batista - Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Ma. Telma Regina Stroparo - Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro)
Me. Sérgio Saraiva Nazareno dos Anjos - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
(Embrapa)

Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais



<http://www.doi.org/10.52832/wed.104>

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

Pesquisas em meio ambiente e impactos ambientais [livro eletrônico] / organização Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva, Fábio Freitas dos Santos, Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira. -- 1. ed. -- Teresina, PI: Wissen Editora, 2024.
PDF

Vários autores

ISBN 978-65-85923-19-4

DOI: 10.52832/wed.104

1. Ecologia 2. Impacto ambiental 3. Meio ambiente 4. Meio ambiente - Conservação e Proteção I. Silva, Elisabeth Regina Alves Cavalcanti. II. Santos, Fábio Freitas dos. III. Oliveira, Neyla Cristiane Rodrigues de.

24-215826

CDD 577

Índices para catálogo sistemático:

1. Ecologia: Ensino: Ciência e biologia 577

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Informações sobre da Wissen Editora

Homepage: www.editorawissen.com.br

Teresina - Piauí, Brasil

E-mails: contato@wisseneditora.com.br

wisseneditora@gmail.com

Como citar ABNT: SILVA, E. R. A. C.; SANTOS, F. F. dos.; OLIVEIRA, N. C. R. de. **Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais.** v. 1, Teresina-PI: Wissen Editora, 2024. 234 p.



SOBRE OS ORGANIZADORES

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva



Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco, mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (2014), graduação em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco (2012) e graduação em Geografia/Bacharelado pela Universidade Federal de Pernambuco (2011). Atualmente é professora do ensino básico, técnico e tecnológico do Instituto Federal do Maranhão (desde 2016) e colaboradora no laboratório de sensoriamento e geoprocessamento (SERGEO-UFPE) e em projetos com a APAC. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Climatologia Geográfica, atuando principalmente nos seguintes temas: meio ambiente, suscetibilidade às mudanças climáticas, processos de desertificação e vulnerabilidade climática, transposição do rio São Francisco, hidrossedimentologia.

Fábio Freitas dos Santos



Doutorando em Ciências Ambientais pelo Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP) de Sorocaba, Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento pela Faculdade de Ciências e Engenharia da Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP) de Tupã, Especialização Lato Sensu em Pedagogia Empresarial (UNIFACEAR) e Especialização Lato Sensu em Gestão e Coaching Educacional (FCE); Licenciatura Plena em Ciências com Habilitação em Biologia pelo Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium (UNISALESIANO) de Lins; Licenciatura em Pedagogia pela Centro Universitário FIEO (UNIFIEO); Licenciatura em Matemática pelo Centro Universitário Católico Ítalo Brasileiro (UNIÍTALO). Técnico em Música com Habilitação em Canto, Piano e Regência pelo Conservatório Musical de Lins. Experiência e vivência docente no Ensino Fundamental nas disciplinas de Ciências e Matemática, e no Ensino Médio e Pré-Vestibulares nas disciplinas de Biologia, Física, Química e Matemática e valiosa experiência trabalhando como docente responsável pelas mais diversas disciplinas em cursos Técnicos Profissionalizantes. Atuou na área cultural fazendo trabalho de campo (Oficinas Culturais) nos municípios do interior de São Paulo e conhecimentos na organização de eventos como músico, principalmente na Regência de Corais Institucionais. Atuou como Professor Visitante da Pós Graduação em Saneamento e Meio Ambiente do Centro Universitário de Lins (UNILINS). Atuou como Coordenador Educacional das Unidades do Senac São Paulo. Membro Pesquisador do Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Ambiental, Sustentabilidade e Ambientalização (GEPEASA). Membro da Rede Internacional sobre Povos Originários e Comunidades Tradicionais (RedeCT).

Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira   

Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPI). Membro do Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais do Maranhão, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (GEPAM/IFMA). Especialista em Ensino de Ciências pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Especialista em Ensino de Genética pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí (UFPI).




Estagiária bolsista-CNPq na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte/Teresina, PI, adquirindo experiências na área de Ciência do Solo (coleta, manejo, propriedades químicas, biológicas e fauna edáfica). Bolsista CAPES/UFPI (2019/2021) adquirindo experiências em Meio Ambiente, Ensino, Educação Ambiental e Mudanças Climáticas. Docente na Educação Básica e Ensino Superior, nas instituições: Escola Municipal Nossa Senhora da Conceição (EMNSC), Ensino Fundamental-Ciências (2015); Professora substituta EBT de Biologia no IFMA/*Campus* Alcântara (2015-2017); Professora Substituta EBT no IFPI/*Campus* São João do Piauí (2021-2023). Editora-chefe das revistas científicas (Journal of Education, Science and Health –JESH, Revista Ensinar -RENSIN) e da *Wissen* Editora.




SUMÁRIO




APRESENTAÇÃO 15


CAPÍTULO 1 18

IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NO PIAUÍ: UM LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO 18

Maricelma Ferreira Coelho    18




João Batista Rodrigues Cruz Compagnon    18




Emerson de Medeiros Sousa    18




DOI: 10.52832/wed.104.614  18


CAPÍTULO 2 32

LEVANTAMENTO BÁSICO ARBÓREO DAS CINCO PRINCIPAIS PRAÇAS PÚBLICAS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO PIAUÍ..... 32

Yasmin Santana Lopes    32




João Batista Rodrigues Cruz Compagnon    32




Sanclé Araújo Couto Costa Júnior    32




DOI: 10.52832/wed.104.615  32




CAPÍTULO 3 40




FLORA DO MUNICÍPIO DE BARREIROS (DADOS PARCIAIS): PERSPECTIVAS PARA A CONSERVAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA..... 40




Katarina Pinheiro    40


Priscila Tavares Fonseca    40

Robson Antônio de Souza    40

Mariana Lima    40




Cândida Juliana Albertin Santos    40




Laureen Michelle Houllou    40




DOI: 10.52832/wed.104.616  40




CAPÍTULO 4 51


IMPORTÂNCIA DA MICROSCOPIA RAMAN NA CARACTERIZAÇÃO DE PARTÍCULAS MICROPLÁSTICAS EM RHIZOPHORA MANGLE L...... 51

Mariana Caroline Gomes de Lima    51


































































Cândida Juliana Albertin Santos    51




















































































Laureen Houllou    51






















































Katarina Pinheiro    51

DOI: 10.52832/wed.104.617  51

CAPÍTULO 5 60

ECOLOGIA TRÓFICA E CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICO EM <i>ATHERINELLA BRASILIENSIS</i> (QUOY & GAIMARD, 1825) EM ÁREAS DE MANGUEZAL DO NORDESTE BRASILEIRO	60
Cândida Juliana Albertin Santos   	60
Guilherme V. B. Ferreira   	60
Erik Bussmeyer   	60
Katarina Pinheiro   	60
Mariana Lima   	60
Flávia Lucena Fredou   	60
Laureen Michelle Houllou   	60
DOI: 10.52832/wed.104.618 	60
CAPÍTULO 6	83
RECICLAGEM DO ÓLEO DE COZINHA NA PRODUÇÃO DE SABÃO COMO FERRAMENTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM UMA ESCOLA MUNICIPAL EM CAXIAS-MA	83
Samara Beatriz Marinho Lopes   	83
Deuzuita dos Santos Freitas Viana   	83
CAPÍTULO 7	103
LIDAR COMO INSTRUMENTO DE APOIO AO RECONHECIMENTO DA ESTRUTURA FLORESTAL.....	103
Sidney Henrique Campelo de Santana   	103
Nara Tôres Silveira   	103
Gabriel Antonio Silva Soares   	103
Camila Gardenea de Almeida Bandim   	103
Jadson Freire e Silva   	103
Raphaela Karinne dos Santos Bello   	103
Pedro Paulo Lima Silva   	103
Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva   	103
DOI: 10.52832/wed.104.620 	103
CAPÍTULO 8	117
BAÍA DE SÃO MARCOS, MARANHÃO, BRASIL: INFRAESTRUTURAS INDUSTRIAIS-PORTUÁRIAS NA PRÁXIS DA GLOBALIZAÇÃO DA NATUREZA NA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	117
Pedro Paulo Lima Silva   	117
Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva   	117
Diego Lima Matos   	117
Sidney Henrique Campelo de Santana   	117

Filipe Daniel Dutra de Morais   	117
Mariana Pessôa Coelho   	117
Maria das Graças Feitosa Fernandes   	117
John Wayni Santos Oliveira   	117
Francisco Jadilson dos Santos Silva   	117
DOI: 10.52832/wed.104.621 	117
CAPÍTULO 9	128
ANÁLISE DA TENDÊNCIA CLIMÁTICA NO MUNICÍPIO DE ALCÂNTARA – MA	128
Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva   	128
Rebeca Santos de Jesus   	128
Tayllaine Ferreira Ramos   	128
Sidney Henrique Campelo de Santana   	128
Filipe Daniel Dutra de Morais   	128
Diego Lima Matos   	128
Pedro Paulo Lima Silva   	128
Mariana Pessôa Coelho   	128
Maria das Graças Feitosa Fernandes   	128
John Wayni Santos Oliveira   	128
Francisco Jadilson dos Santos Silva   	128
DOI: 10.52832/wed.104.622 	128
CAPÍTULO 10	140
IDENTIFICAÇÃO DE MUDANÇA CLIMÁTICA NA BAIXADA MARANHENSE ATRAVÉS DA ELABORAÇÃO DE GRÁFICOS CLIMATOLÓGICOS	140
Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva   	140
Tayllaine Ferreira Ramos   	140
Rebeca Santos de Jesus   	140
Sidney Henrique Campelo de Santana   	140
Filipe Daniel Dutra de Morais   	140
Diego Lima Matos   	140
Pedro Paulo Lima Silva   	140
Mariana Pessôa Coelho   	140
Maria das Graças Feitosa Fernandes   	140
John Wayni Santos Oliveira   	140
Francisco Jadilson dos Santos Silva   	140

DOI: 10.52832/wed.104.623 	140
CAPÍTULO 11	156
IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHADOR: DESAFIOS E ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO	156
Thaís Andréa Cunha   	156
Fábio Freitas dos Santos   	156
DOI: 10.52832/wed.104.624 	156
CAPÍTULO 12	178
ANÁLISE PERCEPTIVA DA DEGRADAÇÃO DA PASTAGEM E SUA INTERAÇÃO COM ATRIBUTOS FÍSICOS E AGREGADOS DO SOLO	178
João Gabriel Chaib   	178
Admilson Irio Ribeiro   	178
DOI: 10.52832/wed.104.625 	178
CAPÍTULO 13	201
CRESCIMENTO URBANO E OCUPAÇÃO DESORDENADA: ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CAXIAS-MA	201
Edimar dos Santos Fontes   	201
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira   	201
Elmary da Costa Fraga   	201
DOI: 10.52832/wed.104.626 	201
CAPÍTULO 14	224
EDUCAÇÃO AMBIENTAL SOBRE PREVENÇÃO DE INCIDENTES COM TUBARÕES E SEGURANÇA AQUÁTICA: RELATO DE EXPERIÊNCIA EM ESCOLA MUNICIPAL DO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL	224
Ana Beatriz Ferreira Pimentel   	224
Mayara Alves Campos   	224
Paola Tavares Pierotti   	224
Pedro Lira Filho   	224
Bruna Eduarda Gomes Ramos Carvalho   	224
Jaqueline da Silva Bernardo   	224
Eliane Santos Xavier das Neves   	224
Maurício Cosme de Lima   	224
Simone Ferreira Teixeira   	224
DOI: 10.52832/wed.104.627 	224

APRESENTAÇÃO

A obra "Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais" reúne estudos significativos e atuais sobre os desafios ambientais enfrentados no Brasil, com atenção especial à região Nordeste. Esta coletânea explora de maneira atual e crítica os impactos ambientais causados por diversas atividades humanas, trazendo à tona questões urgentes de sustentabilidade e conservação do meio ambiente. Composta por 14 capítulos, a obra visa promover a divulgação de pesquisas científicas e propiciar uma base sólida para debates futuros sobre a preservação e recuperação ambiental.

No Capítulo 1, intitulado "Impactos Ambientais Causados pela Implementação de Parques Eólicos no Piauí", os autores oferecem uma análise detalhada dos impactos resultantes da instalação de parques eólicos no estado. Por meio de um levantamento bibliográfico, discute-se como a implementação desses empreendimentos afeta o meio ambiente, com ênfase nos impactos visuais, sonoros e nas perturbações à fauna local, especialmente as aves. Este estudo revela que, embora a energia eólica seja uma fonte renovável, ela ainda impõe desafios significativos à sustentabilidade ambiental nas regiões onde é instalada.

No Capítulo 2, "Levantamento Básico Arbóreo das Cinco Principais Praças Públicas no Município de São João do Piauí", o foco recai sobre a arborização urbana. Aqui, os autores realizam um levantamento das espécies arbóreas presentes nas praças públicas da cidade, avaliando os possíveis impactos ambientais e sociais da escolha inadequada de algumas espécies para o ambiente urbano. Questões como a incompatibilidade das árvores com as redes elétricas e o comprometimento da infraestrutura urbana são evidenciadas, demonstrando a importância de um planejamento adequado para evitar problemas futuros.

Avançando para o Capítulo 3, intitulado "Flora do Município de Barreiros: Perspectivas para a Conservação da Mata Atlântica", a pesquisa se volta para a preservação da biodiversidade local. Oferecendo uma visão preliminar sobre a flora da região de Barreiros, o estudo discute estratégias de conservação voltadas para a proteção do que resta da Mata Atlântica. A pesquisa reforça que a conservação desse bioma é fundamental não só para a preservação das espécies, mas também para a manutenção do equilíbrio ambiental.

No Capítulo 4, "Importância da Microscopia Raman na Caracterização de Partículas Microplásticas em *Rhizophora mangle* L.", os autores utilizam a técnica da microscopia Raman para identificar e caracterizar microplásticos presentes em um ecossistema de manguezal. Esse estudo revela a gravidade da poluição por microplásticos em *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), destacando a necessidade urgente de controlar esses poluentes em áreas costeiras e seus efeitos adversos sobre o ecossistema.

Seguindo a temática dos impactos causados por microplásticos, o Capítulo 5, "Ecologia Trófica e Contaminação por Microplástico em *Atherinella brasiliensis* em Áreas de Manguezal do Nordeste Brasileiro", investiga como essa forma de poluição afeta a cadeia alimentar de uma espécie de peixe comum em manguezais nordestinos. O estudo demonstra que a contaminação não apenas afeta os peixes, mas tem o potencial de desequilibrar todo o ecossistema, reforçando a urgência de intervenções ambientais para mitigar esses impactos.

O Capítulo 6, intitulado "Reciclagem do Óleo de Cozinha na Produção de Sabão como Ferramenta de Educação Ambiental em uma Escola Municipal em Caxias-MA", apresenta uma iniciativa educacional que combina práticas sustentáveis com o processo de ensino-aprendizagem. Aqui, o estudo descreve como a reciclagem do óleo de cozinha, transformado em sabão, se torna uma ferramenta eficaz de educação ambiental em uma escola municipal, promovendo a conscientização ambiental entre os alunos e incentivando práticas ecológicas na comunidade.

Em seguida, no Capítulo 7, "LIDAR como Instrumento de Apoio ao Reconhecimento da Estrutura Florestal", os autores exploram o uso da tecnologia LIDAR para o mapeamento florestal. Essa tecnologia, que permite o reconhecimento detalhado da estrutura das florestas, é apresentada como uma ferramenta importante para o planejamento ambiental e a gestão sustentável, contribuindo significativamente para a conservação de ecossistemas florestais.

O Capítulo 8, "Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil: Infraestruturas Industriais-Portuárias na Práxis da Globalização da Natureza na Amazônia Oriental", analisa os impactos socioambientais da infraestrutura industrial e portuária na Baía de São Marcos, Maranhão. Através desse estudo, os autores discutem como a expansão dessas infraestruturas, impulsionada pela globalização, afeta os ecossistemas locais, criando um cenário desafiador para a preservação da natureza na Amazônia Oriental.

Já no Capítulo 9, "Análise da Tendência Climática no Município de Alcântara – MA", os autores apresentam uma análise das tendências climáticas observadas ao longo dos anos no município de Alcântara, Maranhão. O estudo discute as mudanças na temperatura e precipitação e ressalta a importância de monitorar essas variações para prever e mitigar os impactos ambientais que possam surgir.

No Capítulo 10, "Identificação de Mudança Climática na Baixada Maranhense Através da Elaboração de Gráficos Climatológicos", a análise das mudanças climáticas na Baixada Maranhense é aprofundada. Utilizando gráficos climatológicos, os autores ilustram de forma clara as variações ocorridas na região ao longo dos anos, destacando a relevância do monitoramento contínuo para a adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

O Capítulo 11, "Impacto das Mudanças Climáticas na Saúde e Segurança do Trabalhador", aborda como as mudanças climáticas afetam diretamente a saúde e a segurança dos trabalhadores. O estudo destaca os riscos a que os trabalhadores expostos a condições climáticas extremas estão sujeitos e propõe estratégias de adaptação para proteger sua saúde e segurança no ambiente de trabalho.

No Capítulo 12, "Análise Perceptiva da Degradação da Pastagem e sua Interação com Atributos Físicos e Agregados do Solo", os autores investigam a relação entre a degradação das pastagens e as mudanças nos atributos físicos do solo. A pesquisa oferece uma visão detalhada sobre como a degradação da terra afeta a produtividade agrícola e aponta para a necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis.

O Capítulo 13, "Crescimento Urbano e Ocupação Desordenada: Análise da Degradação Ambiental no Município de Caxias-MA", discute os impactos ambientais causados pelo crescimento urbano desordenado em Caxias, Maranhão. O estudo sugere soluções para minimizar os efeitos negativos da expansão urbana acelerada, propondo estratégias para promover um desenvolvimento urbano mais sustentável.

Finalmente, no Capítulo 14, "Educação Ambiental sobre Prevenção de Incidentes com Tubarões e Segurança Aquática: Relato de Experiência em Escola Municipal do Estado de Pernambuco", os autores apresentam um relato de experiência sobre um projeto de educação ambiental em uma escola de Pernambuco, voltado para a prevenção de incidentes com tubarões. O capítulo ressalta como a educação ambiental pode ser usada para promover a segurança e conscientizar as crianças sobre os riscos e a preservação do ambiente marinho.

Concluindo, a obra "Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais" proporciona uma contribuição significativa para o debate científico sobre sustentabilidade e conservação. Embora aborde uma ampla gama de questões ambientais, o e-book dedica especial atenção às regiões do Nordeste, oferecendo estudos detalhados sobre ecossistemas, impactos climáticos e práticas sustentáveis dessa área do país. Cada capítulo traz uma visão embasada nos desafios ambientais contemporâneos, propondo soluções inovadoras e práticas que podem ser implementadas tanto local quanto globalmente. Ao explorar as complexas interações entre as atividades humanas e o meio ambiente, a obra incentiva a reflexão e a ação para um futuro mais sustentável.

Fábio Freitas dos Santos




CAPÍTULO 1

IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NO PIAUÍ: UM LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY THE IMPLEMENTATION OF WIND FARMS IN PIAUÍ: A BIBLIOGRAPHIC SURVEY

Maricelma Ferreira Coelho   


Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Campus São João do Piauí, Piauí, Brasil

João Batista Rodrigues Cruz Compagnon   

Professor Mestre do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Campus Campo Maior, Piauí, Brasil

Emerson de Medeiros Sousa   

Professor Mestre do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Campus São João do Piauí, São João do Piauí, PI, Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.614 

Resumo: A geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis como a eólica está presente em diversas regiões do mundo e vem se expandindo nos últimos anos. O Brasil tem se tornado um dos mercados mais promissores para geração eólica, sendo a região Nordeste vista como grande produtora dessa fonte renovável. O estado do Piauí possui grande potencial para produção dessa energia, pois, dispõe de elementos naturais essenciais para a implantação de usinas eólicas. Todavia, a implementação de grandes empreendimentos eólicos causa impactos sobre o meio ambiente. Diante disto, temos como objetivo compreender os impactos ambientais causados pela implementação de parques eólicos no Piauí. Para atingir tal objetivo foi realizado um levantamento bibliográfico em bases de dados científicos disponíveis de forma digital. Os resultados obtidos mostraram que a implementação de parques eólicos no Piauí causa vários impactos ambientais, sejam eles visuais, sonoros, impactos na fauna com destaque para avifauna e supressão da vegetação. Por fim, esta pesquisa contribui para elencar os principais impactos ambientais que a implementação de parques eólicos causa no Piauí e também poderá auxiliar em estudos posteriores a fim de discutir a sustentabilidade ambiental nos locais onde estes parques são construídos.

Palavras-chave: Degradação ambiental. Aerogeradores. Nordeste.

Abstract: The generation of electricity from renewable sources such as wind power is present in several regions of the world and has been expanding in recent years. Brazil has become one of the most promising markets for wind generation, with the Northeast region seen as a major producer of this renewable source. The state of Piauí has great potential for the production of this energy, as it has essential natural elements for the implementation of wind farms. However, the implementation of large wind projects causes impacts on the environment. Given this, we aim to understand the environmental impacts caused by the implementation of wind farms in Piauí. To achieve this goal, a bibliographic survey was carried out in scientific databases available digitally. The results obtained showed that the implementation of wind farms in Piauí causes several environmental impacts, whether visual, sound, impacts on fauna, with emphasis on avifauna and vegetation suppression. Finally, this research contributes to list the main environmental impacts that the implementation of wind farms causes in Piauí and can also help in further studies in order to discuss the environmental sustainability in the places where these parks are built.

Keywords: Ambiental degradation. Wind turbines. Nort East.

1 INTRODUÇÃO

A geração de energia a partir de fontes renováveis, como a eólica, está presente em várias áreas do planeta. Rampinelli e Rosa Júnior (2017) afirmam que por ser uma fonte de energia renovável vem sendo utilizada em larga escala no mundo. Sua expansão crescente acontece por tratar-se de uma tecnologia avançada, que apresenta uma excelente relação custo benefício e por suprir a constante busca pela utilização de uma matriz de energia elétrica mais limpa.

Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Eólica, o Brasil é um dos mercados mais promissores no que tange o aproveitamento da transformação da energia do vento em fonte de energia limpa. No ano de 2020 chegou à sétima posição no ranking mundial da *Global Wind Energy Council* (ABEEólica, 2020). No entanto, há impactos no país que são gerados a partir da implementação dessa energia, são eles, impactos visuais, socioeconômicos, na fauna, na flora e

emissão de ruídos (Nogueira; Júnior, 2017).

Souza *et al.* (p. 128, 2020) acrescenta que, “A região do Brasil com o maior potencial de produção de energia elétrica a partir dos ventos é o Nordeste, gerando 7,5 GW dos projetos eólicos em implantação e os projetados com construção”. Pois, é uma região que apresenta quantidade elevada de ventos, o que desperta interesse por parte das empresas que investem em empreendimentos eólicos (Costa, 2016).

De acordo com a *Wind Energy and Electric Vehicle Magazine* (2019), o Piauí possui grande potencial para produção de energia limpa, ocupando o quinto lugar entre os maiores produtores de energia eólica no Brasil. Cabe ressaltar que o estado vem sendo um dos mais promissores nesta fonte de energia, por dispor de elementos naturais essenciais para a implantação de usinas eólicas (Bezerra, 2016).

Todavia, a implementação de grandes empreendimentos pode causar impactos sobre o meio ambiente. Medeiros *et al.* (2010) afirmam que, assim como as demais fontes renováveis, a energia eólica oferece suas vantagens, mas, também pode provocar desvantagens principalmente na região do empreendimento durante a fase de construção e de sua permanência.

Diante do contexto das energias renováveis, destaca-se as mudanças que elas podem causar na região da sua implementação. Sendo assim, tem-se como questão-problema desta pesquisa a seguinte pergunta: quais são os impactos ambientais causados pela implementação de parques eólicos no Piauí?

Esta pesquisa se demonstra relevante, pois, contribui para elencar os principais impactos ambientais causados pela implementação de parques eólicos no Piauí, fornecendo informações necessárias para o conhecimento a respeito desta crescente fonte renovável. Além disso, poderá auxiliar estudos posteriores a fim de discutir a sustentabilidade ambiental em locais de empreendimentos eólicos.

Com isso, buscando elementos que ajudem a responder a problemática em questão, este trabalho acadêmico objetiva compreender os impactos ambientais causados pela implementação de parques eólicos no Piauí.

Diante do exposto, a partir de um levantamento bibliográfico pretende-se identificar os impactos ambientais que esta fonte renovável vem causando no Piauí, verificar o impacto que aparece com maior frequência nas publicações, assim como também, discutir as transformações que ocorrem em locais de grandes empreendimentos eólicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa classifica-se como descritiva. Conforme Gil (p.42, 2002), “As

pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis.” Uma vez que, os dados foram analisados e interpretados, e em seguida foi feita a descrição das características.

Quanto a abordagem, caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa. De acordo com Prodanov e Freitas (p. 128, 2013), uma pesquisa como esta “Requer o uso de recursos e técnicas de estatística, procurando traduzir em números os conhecimentos gerados pelo pesquisador”. Assim, os dados foram quantificados para melhor compreensão dos resultados.

Sob o ponto de vista da natureza, esta se caracteriza como básica. Prodanov e Freitas (p. 51, 2013), afirmam que pesquisas desta natureza “[...] objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista. Envolve verdades e interesses universais”. Desta forma, os dados coletados fornecerão importantes contribuições acerca da temática da pesquisa.

No que diz respeito à amostra da pesquisa, foram consideradas as publicações encontradas em bases de dados científicos, que busca compreender a temática impactos ambientais causados pela implementação de parques eólicos no estado do Piauí e que foram publicadas no período dos últimos 10 anos.

Os dados foram coletados através de um levantamento bibliográfico. Este aconteceu por meio de bases de dados eletrônicos disponíveis no Google Acadêmico, SciELO, Periódicos da Capes, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), PubMed e IEEExplore. Os materiais foram coletados com base nos principais descritores: Impactos Ambientais, Energia Eólica e Piauí.

Para este estudo foi realizada uma pesquisa de levantamento bibliográfica, esta que, é concebida a partir de materiais já publicados. Sousa *et al.* (p.66, 2021) acrescentam que, “A pesquisa bibliográfica é primordial na construção da pesquisa científica, uma vez que nos permite conhecer melhor o fenômeno em estudo”. Assim, através do levantamento bibliográfico que reúne dados sobre a temática da pesquisa foi possível chegar ao objetivo em questão.

Foram realizadas 8 coletas nas bases de dados bibliográficas, em cada uma delas foram selecionados, em média, 20 publicações, sendo elas artigos, monografias, teses ou dissertações. Estas que, se complementaram por discutirem os impactos ambientais causados pela implementação de parques eólicos no Piauí e fornecerem informações para alcançar o objetivo da pesquisa.

Foram selecionadas as publicações que apresentavam pesquisas relacionadas aos impactos ambientais causadas pela implementação de empreendimentos eólicos no Piauí, que continham discursos acerca do tema e que possuísem dados pertinentes para ajudar a responder a problemática e alcançar o objetivo.

A confiabilidade e a veracidade dos dados estão no fato de que todas as informações foram retiradas dos bancos de dados eletrônicos com fontes seguras, e que possuem publicações de revistas com perfil de *qualis* com rigor científico e avaliação dos pares.

Para cada publicação selecionada foi feita uma análise através de leitura crítica e em seguida, feito recortes dos trechos que tratavam da temática da pesquisa. Com isso, foi possível identificar os impactos ambientais causados pela implementação de parques eólicos no estado do Piauí que foram apresentados e discutidos nas publicações analisadas.

Para a análise dos dados foi adotado o método descritivo, pois para Prodanove e Freitas (p.112, 2013), “Essa fase da pesquisa, analítica e descritiva, prevê a interpretação e a análise dos dados tabulados, os quais foram organizados na etapa anterior”. Desta forma, os dados foram exibidos de forma descritiva, apresentando os procedimentos seguidos e os resultados encontrados.

Para facilitar a análise dos resultados obtidos, os dados foram organizados em quadro, tabela e gráficos de modo que auxilie na compreensão e interpretação. Nas tabelas e gráficos foram apresentados os números de publicações inclusas e exclusas em cada base de dados e seu referido percentual.

Para as publicações inclusas, foram descritos em um quadro o título, os impactos ambientais apresentados, a base de dados na qual foi coletada e o ano de publicação. Por fim, depois de analisadas cada publicação selecionada, os principais impactos discutidos foram apresentados em um gráfico destacando a porcentagem de cada um quanto a frequência que estes apareceram.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o levantamento bibliográfico realizado nas 6 bases de dados PubMed, IEEExplore, Periódicos da CAPES, SciELO, Google Acadêmico e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), foram identificadas 154 publicações com base nos descritores: Energia Eólica, Impactos ambientais e Piauí. Desse número apenas 11 publicações apresentaram impactos ambientais causados pela implementação de parques eólicos no estado do Piauí.

Tabela 1 – Número de publicações encontradas e a quantidade inclusas e exclusas por base de dados.

BASE DE DADOS	TOTAL DE PUBLICAÇÕES	PUBLICAÇÕES INCLUSAS	%	PUBLICAÇÕES EXCLUSAS	%
PubMed	5	0	0%	5	100%
IEEExplore	8	0	0%	8	100%
CAPES	35	0	0%	35	100%
SciELO	44	2	5%	42	95%
G. ACADÊMICO	36	7	19%	29	81%
BDTD	26	2	8%	24	92%

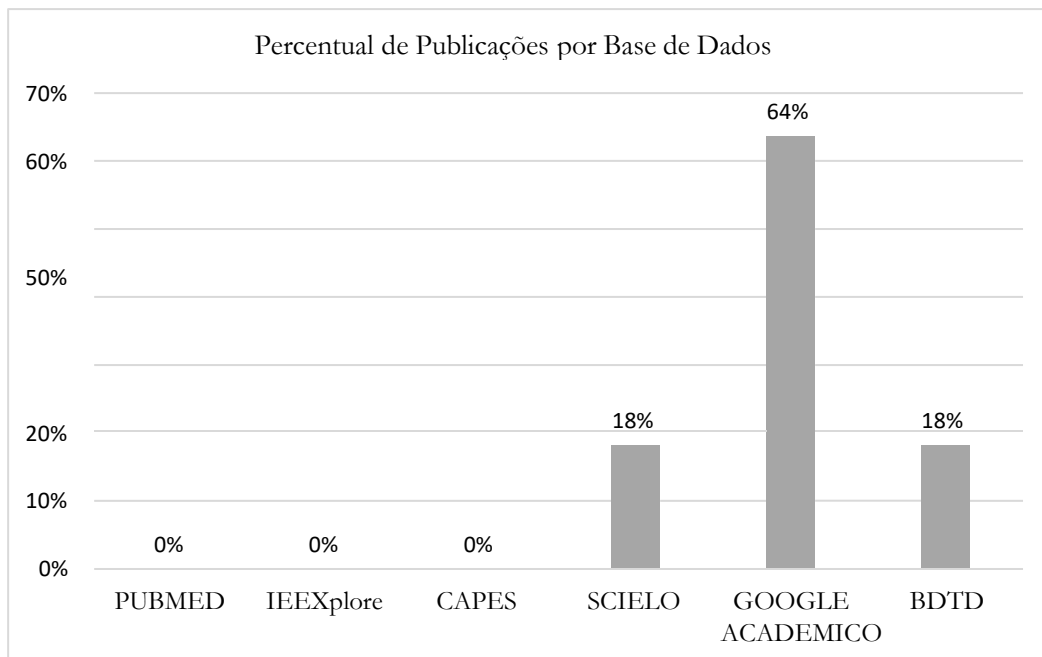
Fonte: Autores, 2021.

Como se observa na tabela 1, das 6 bases de dados utilizadas para fazer a coleta 3 delas continham publicações que tratavam do tema estudado. As buscas identificaram inicialmente 20 registros de publicações que seriam inclusas, entretanto, uma análise mais detalhada, ou seja, uma leitura crítica revelou que 11 se referiam especificamente aos impactos ambientais causados pelos empreendimentos de parques eólicos no Piauí.

Desta forma, do número total de publicações coletadas em todas as bases de dados apenas 7% foram inclusas, pois se referiam especificamente ao tema da pesquisa e 93% delas foram exclusas por não apresentarem as informações específicas para este estudo ou por apresentarem dados de áreas que não pertenciam a delimitação da pesquisa.

A figura 1 apresenta a porcentagem de distribuição das publicações por base de dados. Observa-se que o maior percentual de publicações inclusas na pesquisa foi coletado no Google Acadêmico atingindo 64% e o restante na SciELO e BDTD atingindo 18% cada uma. Nos periódicos da Capes, IEEExplore e PubMed não foi encontrado nenhuma publicação que compreendesse a temática da pesquisa.

Figura 1 – Demonstração do percentual de publicações inclusas por base de dados.



Fonte: Autores, 2021.

No levantamento bibliográfico foi evidenciadas 11 publicações com enfoque nos impactos ambientais causados pela implementação parques de energia eólica no Piauí. O quadro a seguir, apresenta estas publicações, destacando o título, os impactos ambientais que cada uma discute, a base de dados na qual foi coletada e o ano de sua publicação.

Quadro 1 – Publicações que tratam dos impactos causados pela implementação de parques eólicos no Piauí.

Título da Publicação	Impactos Ambientais Causados	Base de Dados	Ano de Publicação
Caracterização do Regime de Ventos no Piauí Para o Aproveitamento de Energia Eólica	- Impacto na paisagem; - Poluição sonora (ruídos); - Acidentes com aves.	SciELO	2017
Composição e dinâmica da avifauna da usina eólica da praia da Pedra do Sal, Delta do Parnaíba, Piauí, Brasil	- Acidentes com aves.	SciELO	2015
Identificação dos impactos socioambientais negativos Perceptíveis pela comunidade adjacente à usina eólica da praia da Pedra do sal, Parnaíba, Piauí, Brasil	- Desmatamento; - Poluição sonora; - Desaparecimento de aves; - Emissão de partículas de poeira egases; - Impactos sobre as lagoas; Impacto na paisagem.	Google Acadêmico	2018
Benefícios sociais e impactos ambientais no município de Marcolândia, estado do Piauí	- Sobre a fauna; - Desmatamento; - Redução da biodiversidade da	Google Acadêmico	2019

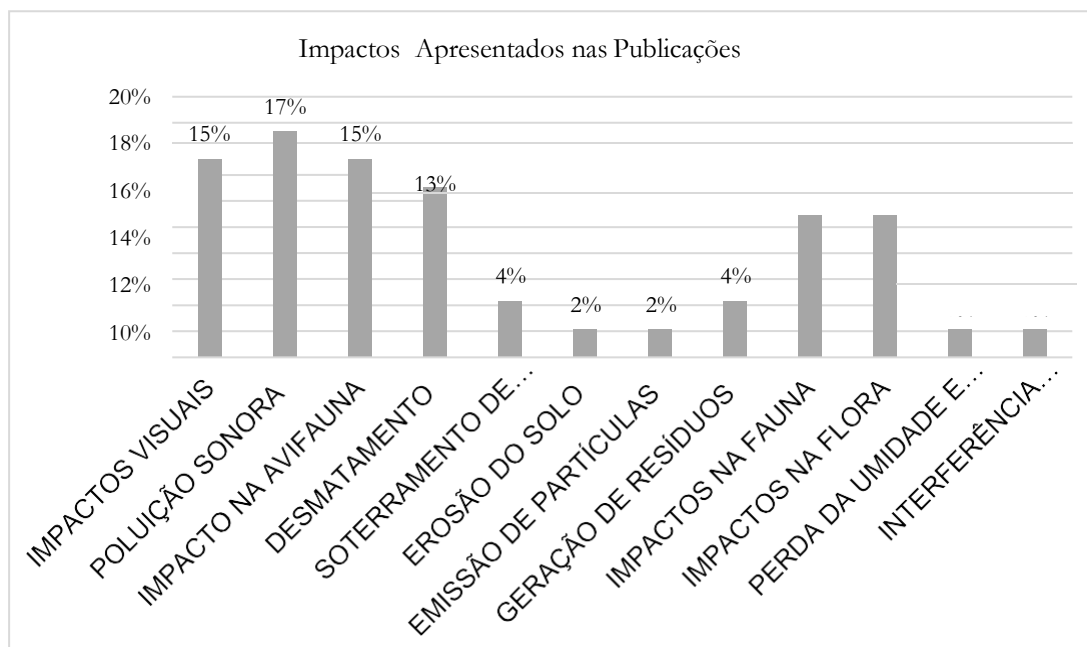
	fauna e flora; - Poluição sonora; - Impacto na paisagem; Impacto na avifauna.		
Impactos da geração de energia eólica no município de Marcolândia, estado do Piauí, Brasil	- Impacto na fauna; - Impacto na paisagem; - Poluição sonora; - Efeito de interferência eletromagnética; Desmatamento.	Google Acadêmico	2017
Complexo Eólico Chapada do Piauí I: Benefícios Sociais e Impactos Ambientais no Município de Marcolândia, Estado do Piauí	- Desmatamento; - Supressão da biodiversidade da fauna e flora; - Impacto na paisagem; - Perda da umidade e nutrientes do solo; Poluição sonora.	Google Acadêmico	2020
Direito de energia e responsabilidade civil ambiental: análise das repercussões sociojurídicas na implantação da energia eólica no litoral piauiense	- Poluição sonora; - Impacto na fauna; - Impacto na flora.	Google Acadêmico	2020
Análise dos impactos ocasionados pela implantação dos complexos eólicos na infraestrutura do município de Lagoa do Barro do Piauí	- Impacto na paisagem; Colisão de aves nos aerogeradores.	Google Acadêmico	2019
“Novos” territórios eólicos e os impactos socioambientais no Município de Marcolândia, estado do Piauí	- Desmatamento; - Erosão do solo; - Acidentes com fauna; - Geração de resíduos sólidos; - Impactos na paisagem; - Poluição sonora; - Desmatamento Impacto na avifauna.	Google Acadêmico	2019
Percepção socioambiental da comunidade da Pedra do Sal acerca da implantação do complexo eólico Delta do Parnaíba na APA Delta do Parnaíba/PI	- Soterramento das lagoas; - Desmatamento; - Poluição sonora; Emissão de partículas de poeiras.	BDTD	2016
Avifauna nos parques eólicos do extremo sul do Brasil	- Impacto na avifauna.	BDTD	2019

Fonte: Autores, 2021.

Nas publicações analisadas todas elas enfatizaram algum impacto ambiental gerado pela implementação de parques de energia eólica no Piauí. Sendo que, alguns dos impactos foram bem mais significativos e receberam maior destaque nas publicações, enquanto outros foram menos

significativos por aparecerem com pouca frequência, como pode se observar na Figura 2.

Figura 2 – Demonstração do percentual de impactos ambientais apresentados nas publicações.



Fonte: Autores, 2021.

Observa-se que ao analisar os impactos ambientais causados pela implementação de parques eólicos no Piauí, as principais questões discutidas pelos autores em suas pesquisas científicas referem-se aos impactos visuais, a poluição sonora, impactos na fauna com destaque para avifauna, desmatamento, impacto na flora, soterramento de lagoas, geração de resíduos, erosão do solo, emissão de partículas, perda da umidade e nutrientes e interferência eletromagnética.

Sendo assim, os dados coletados forneceram informações suficientes para este estudo, possibilitando responder a problemática desta pesquisa. Visto que, ao analisar as publicações, estas apresentaram os diversos impactos ambientais que esta fonte de energia vem causando em áreas de empreendimentos eólicos em regiões do estado do Piauí.

Ainda que, a energia eólica seja considerada como fonte de energia limpa e que fornece vantagens ao meio ambiente como, por exemplo, a baixa emissão de dióxido de carbono e gases poluentes durante sua operação, observa-se que ela causa inúmeros impactos ambientais. Bezerra (2016), acrescenta que, embora a energia eólica seja limpa e renovável, sua implantação e mesmo operação têm causado sérios problemas às comunidades onde está instalada.

Diante disso, a análise das publicações permitiu atingir o objetivo desta pesquisa, pois, os resultados possibilitaram compreender os impactos ambientais causados pela implementação de empreendimentos de geração de energia eólica no Piauí. Além disso, forneceu informações

relevantes para o conhecimento a respeito dessa fonte alternativa de energia.

De acordo com a análise dos dados, a poluição sonora foi o impacto ambiental que mais apareceu nas publicações, atingindo 17% sendo a maior porcentagem dentre os demais impactos. Nas pesquisas científicas das publicações analisadas este impacto apareceu com grande frequência, principalmente relatado por moradores que vivem próximos as áreas de complexos eólicos.

Segundo Pinto *et al.* (2017), a poluição sonora é bastante discutida pelas comunidades que são diretamente afetadas. Os ruídos podem ser divididos em dois tipos: o ruído mecânico que vem de Engrenagens e geradores e ruído aerodinâmico proveniente das pás. Na percepção de moradores que vivem próximos as usinas eólicas, os ruídos são considerados efeitos negativos, uma vez que, causa desconforto acústico para quem reside nas proximidades dos parques eólicos (Campêlo, 2020).

Outro ponto a se destacar nesta pesquisa é o fato de que 7 das publicações selecionadas citou os impactos causados na fauna local mencionando a avifauna como mais prejudicada com a implementação dos parques eólicos, atingindo 15% na frequência que apareceu nas publicações. O que leva a perceber que as aves são o grupo de animais mais afetados com a presença de empreendimentos eólicos.

De acordo com o relatório de monitoramento da MRS Estudos Ambientais (2015), que foi realizado na fase de operação do Complexo Eólico do Piauí afirmou que quando as usinas estão em operação podem causar impactos diretos na avifauna causado pela colisão com os aerogeradores. Durante as vistorias em campo, foram encontradas carcaças de aves nas bases de aerogeradores (ABEEólica, 2018).

Guzzi e seus colaboradores (2015), em seu artigo sobre a composição e dinâmica da avifauna na região da usina da praia Pedra de Sal não observaram colisão de aves com aerogeradores, mas muitas espécies migratórias foram observadas voando paralelamente a linha do complexo eólico, com voos mais altos ou abaixo da linha das pás.

Diante disso, Nascimento (2018) em sua pesquisa na comunidade adjacente à usina eólica da Praia Pedra do Sal em Parnaíba Piauí, afirma que, na concepção dos moradores da comunidade, o desaparecimento de algumas espécies de aves está relacionado não a colisão, mas, a insegurança dos pássaros com a presença dos aerogeradores. Possivelmente ocorreu a disseminação e o abandono de território por parte desse grupo de animais. Com isso, percebe-se a necessidade de mais estudos sobre esse impacto para que possa compreender as reais causas.

Outro impacto que apareceu com grande frequência nas pesquisas, foi o impacto visual, atingindo 15%. Considera-se um dos impactos mais afirmados durante a implementação de usinas eólicas e está relacionado às alterações na qualidade e estética da paisagem. Contudo, a presença

dos aerogeradores na paisagem natural pode despertar diferentes reações quanto as mudanças locais, visto como algo benéfico ou como um elemento adverso a paisagem (Campêlo, 2020).

O desmatamento também atingiu uma porcentagem elevada quanto a discussões a seu respeito chegando a atingir 13% no aparecimento nas publicações, o que faz perceber que este é um dos impactos que podem trazer prejuízos ao meio ambiente. Este ocorre com o objetivo de construir vias de acesso, montagem dos aerogeradores, das áreas de subestações e do canteiro de obras. Tais interferências no meio natural causam o desaparecimento das dunas, assim como, à supressão da flora local e aterramento de algumas áreas (Bezerra, 2016).

Com base em pesquisas realizadas em complexos eólicos do Piauí, a perda da vegetação causada pelo desmatamento acarreta prejuízos ao meio ambiente. Campelo e Albuquerque (p.152, 2020) afirma que “A supressão vegetal desencadeia a perda de habitats, ocasionando a redução de populações da fauna e da flora e, conseqüentemente, da biodiversidade da área”. A perda da umidade e de nutrientes do solo é também considerada como consequência do desmatamento.

Outros impactos foram citados nas publicações com menor frequência, foram eles: erosão do solo (2%), emissão de partículas (2%), geração de resíduos (4%), perda da umidade e nutrientes (2%) e interferência magnética (2%). Isso significa que estes impactos ainda carecem de estudos mais esclarecedores em áreas de empreendimentos eólicos, para que possa compreender melhor a real dimensão.

Diante disso, faz-se necessária a continuidade dos estudos em relação aos impactos ambientais que a implementação de parques eólicos causa, se há a possibilidade de haver mais, como também, a dimensão de cada um, suas possíveis consequências a curto, médio e longo prazo. Estudos posteriores poderão aprofundar mais no tema e contribuir com soluções que venham a minimizar estes impactos considerados como desvantagens ao meio ambiente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a energia eólica seja considerada uma fonte de energia limpa e renovável e que fornece vantagens ao meio ambiente, os resultados aqui apresentados demonstraram que ela vem causando impactos significativos ao meio ambiente. Ao longo do texto, neste estudo, buscou-se descrever os impactos ambientais causados pela implementação de parques de energia eólica no Piauí.

Diante do exposto, esta pesquisa se mostra relevante por possibilitar a compreensão dos impactos ambientais causados pelos empreendimentos eólicos no Piauí, assim como também, os resultados aqui descritos fornecem conhecimentos necessários acerca dessa fonte alternativa de

energia.

Após a análise dos dados, o objetivo proposto nesta pesquisa foi alcançado pois, foi possível compreender os impactos ambientais causados pela implementação de empreendimentos de energia eólica no Piauí. A verificação dos dados possibilitou constatar as principais questões discutidas pelos autores em suas pesquisas científicas, o que demonstra que a energia eólica causa impactos considerados desfavoráveis ao meio ambiente e sendo consenso em todos os trabalhos verificados. Os resultados obtidos permitiram responder ao problema proposto, pois, verificou-se os impactos ambientais causados pela implementação e operação desta fonte de energia, neste caso em empreendimentos eólicos no estado do Piauí.

É importante destacar que, os dados foram coletados em bancos de dados seguros, o que permite afirmar a veracidade das informações aqui apresentadas. Vale salientar que, durante a pesquisa deparou-se com dificuldades para encontrar uma quantidade significativa de publicações em bases de dados confiáveis para a realização da pesquisa.

Pesquisas futuras sobre a mesma temática poderão acrescentar conhecimentos a respeito dos impactos ambientais que a implantação de parques eólicos vem causando no Piauí, principalmente no que se refere aos impactos que foram pouco discutidos nas publicações analisadas.

Por fim, os resultados encontrados poderão contribuir em estudos posteriores que venha a discutir a mesma temática, assim como também, no fornecimento de dados que ajudem na compreensão das mudanças que ocorrem no local dos parques eólicos e que são consideradas impactos ambientais. E ainda, se necessário utilizar estes dados para auxiliar em soluções que venham a minimizar os impactos causados pela implementação de parques eólicos no Piauí.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, M. B. C. **Percepção socioambiental da comunidade da Pedra do Sal acerca da implantação do Complexo Eólico Delta do Parnaíba na APA Delta do Parnaíba/PI**. 2016. 114f. Dissertação de Mestrado – UFPI, Teresina, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpi.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/163/DISSERTA%0c3%087%0c3%083O.pdf?sequence=1>. Acesso em: 27 ago. 2021.

CAMPÊLO, J. R. **“Novos” territórios eólicos e os impactos socioambientais no Município de Marcolândia, estado do Piauí**. 2019. 106f. Dissertação de Mestrado – UFES, Vitória, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/10963>. Acesso em: 27 ago. 2021.

CAMPÊLO, J. R.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; FILHO, J. M. M.M. Complexo Eólico Chapada do Piauí I: Benefícios Sociais e Impactos Ambientais no Município de Marcolândia, Estado do Piauí. **Geografia (Londrina)**, v. 29, n. 1, p. 141-155, 2020. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/fcf6/7723feba8b68bec8d28b4a1a4318956f5ed8.pdf>. Acesso

em: 27 ago. 2021.

ENERGIA eólica no Brasil: **Piauí tem o maior parque eólico em construção na América do Sul**. Wind Energy and Electric Vehicle Magazine, 2019. Disponível em: <https://www.evwind.es/2019/09/18/wind-energy-in-brazil-piaui-has-largest-wind-farm-under-construction-in-south-america/70923>. Acesso em: 27 ago. 2021.

GANNOUM, E. **ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica**. Boletim anual de geração eólica 2017. Disponível em: <http://abceolica.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Boletim-Anual-de-Geracao-2017.pdf>. Acesso em: 27 ago.2021.

GANNOUM, E. **ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica**. Boletim anual dados 2020. Disponível em: http://abceolica.org.br/wp-content/uploads/2021/06/PT_Boletim-Anual-de-Gera%C3%A7%C3%A3o_2020.pdf. Acesso em: 27 ago. 2021.

GUZZI, A. *et al.* Composição e dinâmica da avifauna da usina eólica da praia da Pedra do Sal, Delta do Parnaíba, Piauí, Brasil. **Iheringia Série Zoologia**, v. 105, p. 164-173, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/isz/a/LfQvRnwPyvdMZ6gs3Fqzzym/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 27 ago. 2021.

MEDEIROS, S. S. *et al.* Energia Eólica: Um Estudo sobre a Percepção Ambiental no Município de Currais Novos-RN. **HOLOS**, v. 3, p. 83-103, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481549227009.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2021.

NASCIMENTO, W. S. Identificação dos impactos socioambientais negativos perceptíveis pela comunidade adjacente à usina eólica da praia da Pedra do Sal, Parnaíba, Piauí, Brasil. **Caderno de Estudos Geoambientais - CADEGEO**, v. 9, n.1, p.06-15, 2018. Disponível em: <http://www.cadedgeo.uff.br/index.php/cadedgeo/article/view/61/42>. Acesso em: 27 ago.2021.

PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. O mercado brasileiro da energiaeólica, impactos sociais e ambientais. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n.6, p. 1082-1100, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/5b77GB9j4yPTzkS4pjxyhvH/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 27 ago. 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos etécnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. Ed. Novo Amburgo: Feevale, 2013.

RAMPINELLI, G.A; ROSA JÚNIR, C. G. Análise da Geração Eólica na Matriz Brasileira de Energia Elétrica. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2. 2012.

Relatório de impacto ambiental – RIMA **Complexo eólico Piauí**. Geoconsult.Simões, Piauí, 2015. Disponível em: https://www.idbinvest.org/sites/default/files/2018-03/00_apresentacao_sumario_2.pdf. Acesso em: 27 ago. 2021.

SOUSA, A. S.; OLIVEIRA, G. S.; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da FUCAMP**, v. 20, n. 43, p.64-83, 2021. Disponível em: <http://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/cadernos/article/view/2336>. Acesso em:27 ago. 2021.

SOUZA, D. T. *et al.* Análise do potencial eólico Brasileiro: estudo de caso in loco da construção

do parque eólico em Santa Luzia – PB. **Revista Gestão Industrial**, v. 16,n. 2, p. 124-141, 2020.




Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/9442>. Acesso em: 27 ago. 2021.




CAPÍTULO 2

LEVANTAMENTO BÁSICO ARBÓREO DAS CINCO PRINCIPAIS PRAÇAS PÚBLICAS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO PIAUÍ

BASIC TREE SURVEY OF THE FIVE MAIN PUBLIC SQUARES IN THE MUNICIPALITY OF SÃO JOÃO DO PIAUÍ

Yasmin Santana Lopes   


Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, IFPI, São João do Piauí, Piauí, Brasil

João Batista Rodrigues Cruz Compagnon   

Professor Mestre do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Campo Maior, Piauí, Brasil

Sanclé Araújo Couto Costa Júnior   

Engenheiro Florestal Efetivo da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de São João do Piauí, Piauí, Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.615 

Resumo: A arborização é um importante elemento para a qualidade dos ambientes urbanos. Com uma composição florística adequada, o bem estar dos usuários, no que diz respeito à acessibilidade e ao equilíbrio ambiental é preservado, além de promover a valorização das paisagens, que podem vir a se tornarem pontos turísticos das cidades, elevando também a questão paisagística. Diante disto, tem-se como objetivo o levantamento da arborização de praças do município de São João do Piauí, a fim de obter dados que verifiquem a possibilidade de impactos ambientais e sociais ocasionados por plantas inadequadas ao cenário estudado. Para isso, se fez necessário analisar minuciosamente a estruturação dessas áreas verdes, através do levantamento de dados de todas as plantas de porte arbóreo das praças e observar as características de cada amostra, identificando as espécies para, posteriormente avaliar as possíveis consequências, como incompatibilidade com a rede elétrica, danos às calçadas pelo crescimento radicular e exposição do solo causada pela baixa cobertura vegetal.

Palavras-chave: Comunidade. Áreas verdes. Cidade.

Abstract: Afforestation is an important element for the quality of urban environments, with an adequate floristic composition, the well-being of users, with regard to accessibility and environmental balance is preserved, in addition to promoting the appreciation of landscapes, which may come to become tourist spots in cities, also raising the issue of landscape. Given this, the aim is to survey the afforestation of squares in the city of São João do Piauí, in order to obtain data to verify the possibility of environmental and social impacts caused by plants inadequate to the studied scenario. For this, it was necessary to carefully analyze the structuring of these green areas, through the survey of data from all tree-sized plants in the squares and observe the characteristics of each sample, identifying the species to later assess the possible consequences, such as incompatibility with the electrical network, damage to sidewalks due to root growth and soil exposure caused by low vegetation cover.

Keywords: Community. Green areas. City.

1 INTRODUÇÃO

A arborização urbana, conforme McPherson *et al.* (2016), apresenta-se como um elemento transformador na paisagem em função dos inúmeros bens e serviços que repercutem positivamente, promovendo a melhoria da sociedade, meio ambiente, economia e cultura para as pessoas. Dessa maneira, o uso adequado das áreas verdes com espécies apropriadas, poderá trazer significativa melhoria na qualidade de vida da comunidade, com a promoção da sensação de bem estar e conforto.

Segundo Barros (2017), as áreas verdes, em porções do espaço urbano, têm como função social servirem como espaços de lazer, por meio de atividades de recreação, na elevação do conforto térmico para as comunidades, e outros empregos sociais voltados para a melhoria da qualidade de vida da população. Promove o aumento da umidade relativa do ar, produzindo benefícios sociais, como redução de problemas respiratórios e de pele, redução do ar excessivamente seco na cidade e atenuando também a poluição sonora.

De acordo com Silva e Cavalcante Neto (2017), O exercício físico regular é vital para a saúde e também um fator protetor para prevenir doenças mentais. Tais evidências sugerem ainda, que pessoas sedentárias e/ou com transtornos psicológicos, teriam benefícios na saúde mental ao praticar com frequência exercícios de curta duração, em espaços verdes acessíveis.

Para Cessa (2017), os produtos pelos quais se justifica a presença de áreas verdes nas localidades urbanas são multifatoriais, se destacam aspectos associados à saúde humana e aos fatores que influenciam nas condições ambientais da região em questão, como diminuição da temperatura e aumento da umidade relativa do ar. O impacto do resultado desses fatores se amplia tanto na direção ambiental quanto social, constituindo locais para atividades culturais e espaços para convívio entre pessoas, melhorando a qualidade de vida nas cidades, através das vantagens que uma paisagem adequada possa viabilizar.

Os espaços verdes e os serviços ecossistêmicos são temas emergentes na gestão de áreas públicas para promover cidades saudáveis e sustentáveis (Gaudereto *et al.*, 2019). A composição vegetal desses espaços se expressa diante das características climáticas e da intervenção humana, configurando cenários característicos de cada cidade e podendo se tornarem pontos de visitação. Sua implantação pode ser vista como investimento do poder público que reflete na saúde da população.

O acelerado processo de urbanização não planejado ocorrido no século passado desencadeou uma complexa problemática envolvendo diversos fatores nos âmbitos ecológico, sociocultural e econômico (Oppliger *et al.*, 2019). Um fator que contribui para a ausência das áreas verdes urbanas são as descontinuidades políticas. O planejamento de espaços verdes, a implantação de uma praça e o plantio comunitário de árvores são ações que precisam ser cuidadosamente pensadas e implementadas por um longo período de tempo para obter melhores resultados.

Para Brod Junior e Afonso (2019), a acessibilidade busca responder as necessidades de todos os seres humanos, sem discriminação, melhorando a qualidade de vida e trazendo melhorias, tanto no referente ao meio físico urbano quanto seus bens e serviços. A garantia da acessibilidade é um fator primordial para a qualidade dos espaços e vias públicas. Uma arborização inadequada pode desencadear problemas de mobilidade urbana, visto que algumas árvores crescem de maneira incompatível com a arquitetura dos ambientes, prejudicando a circulação dos usuários e principalmente das pessoas com deficiência, visto que as plantas podem dificultar o acesso a rampas para cadeirantes, e limitar os espaços de circulação.

Uma cidade com infraestrutura verde bem planejada e gerida se torna mais conservada, sustentável, auxilia na redução da pobreza, mitigação e adaptação às alterações climáticas, reduz o risco de catástrofes e preserva os ecossistemas (Gonçalves *et al.*, 2018). A promoção de projetos

que levem áreas verdes às cidades pode ser feita por meio do incentivo do poder público e colaboração da comunidade, uma vez que a arborização traz benefícios à população local e natureza.

Diante da escassez de estudos voltados para a área e a necessidade da análise da arborização das praças públicas, o presente trabalho teve como objetivo o levantamento das espécies arbóreas nas praças do perímetro urbano, para a descoberta dos possíveis impactos ambientais e sociais, visto que a possível inadequação da arborização pode refletir na qualidade de vida dos usuários. Os resultados da pesquisa contribuem para a construção de conhecimento e as informações obtidas têm importância acadêmica, pois fomenta mais estudos acerca do tema, além da utilidade a futuros trabalhos de pesquisa, ações de intervenção nos cenários e conhecimento da comunidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa se caracteriza, como sendo do tipo exploratória, que de acordo com Santos (2016), tem o objetivo de familiarizar-se com temas pouco explorados. Através do levantamento de dados, pôde-se apontar os problemas e levantar hipóteses referentes à arborização presente nas praças do município, buscando fazer análise dos dados obtidos e investigar os possíveis eventos que podem ser ocasionados pelas espécies encontradas nos espaços de estudo.

A abordagem da pesquisa fez uso de métodos quantitativos, a fim de apontar indicadores dentro dos dados colhidos, que validem ou não a hipótese de degradação ambiental e inadequação da arborização. A pesquisa busca verificar a harmonia das espécies vegetais implantadas com a fauna nativa e avaliar a atuação das mesmas em benefício do equilíbrio do ambiente em questão, além de examinar as condições da vegetação, observando se houve comprometimento da rede elétrica, hidráulica e acessibilidade das praças.

Quanto à natureza da pesquisa, se configura por ser do tipo básica, com ações de levantamento de dados com a finalidade de fomentar conhecimentos acerca da realidade encontrada na arborização urbana, apontando as características e fragilidades percebidas na composição vegetal das praças, para constatar e aumentar o conhecimento científico sobre o assunto de forma utilitária aos usuários.

O desenvolvimento da pesquisa ocorreu no município de São João do Piauí (08°21'29" S e 42°14'48" W, 222 m.n.m.). A região apresenta temperaturas entre 22 °C e 39 °C, com clima semiárido quente e seco, precipitação pluviométrica média anual de 500 mm, com duração do período seco de 7 a 8 meses e chuvoso entre os meses de janeiro a março. A vegetação característica da região é do tipo Caatinga arbórea e arbustiva (Aguiar; Gomes, 2004; Cepro, 2019).

Para resultados fidedignos, foram inventariadas as principais cinco principais praças do perímetro urbano da cidade de São João do Piauí, com intuito de promover lazer comunitário, sendo elas a Praça Cantídio Francisco Pereira, Praça Herculano Carvalho, Praça Honório Santos, Praça da Paz e Praça Manoel Antônio Sousa. As amostras válidas foram todas as plantas de porte arbóreo, que apresentavam ou não comprometimento na saúde, como presença de parasitas, defeitos ocasionados por poda mal conduzida ou vandalismo.

A coleta dos dados foi realizada por meio da visita às praças, tendo como primeiro passo a avaliação visual das plantas e seleção daquelas que se enquadraram como amostras válidas para a pesquisa, em seguida, cada indivíduo é analisado minuciosamente e suas características são registradas em uma ficha florística individual proposta por Cunha (2013), onde são descritas as informações como o tipo de copa e frutos, presença de flores, importância ambiental, disposição das raízes, compatibilidade com rede elétrica e presença de doenças.

Para a coleta de dados foram usadas ferramentas como o *Global Positioning System* (GPS), a fim de identificar de forma precisa as coordenadas geográficas de cada indivíduo, fita métrica para medição do diâmetro do caule na altura do peito e trena com transferidor para medição da altura das plantas, além de formulários para a listagem dos dados de cada indivíduo que foram usados para análise e definição das espécies.

Foram analisadas cem amostras, distribuídas nas cinco praças estudadas, sendo a Praça Honório Santos a que comporta o maior número de indivíduos, com quarenta e nove plantas, Praça Cantídio Francisco Pereira com uma única planta, Praça da Paz com seis plantas, Praça Herculano Carvalho com vinte e quatro plantas e Praça Manoel Antônio Sousa com vinte plantas. Apesar da disparidade no quantitativo de indivíduos entre algumas praças, a arborização de todas as praças apresentou características semelhantes e espécies vegetais em comum.

A veracidade e confiabilidade dos dados foi garantida por meio do acompanhamento de um técnico especialista que prestou consultoria na avaliação de cada amostra e contribuiu na identificação das espécies, além de orientar a respeito do manejo adequado das ferramentas de coleta.

A análise dos dados foi realizada através da observação das características visuais percebidas nas plantas, e o detalhamento sistematizado com descrição de cada parte dos indivíduos. A determinação das espécies ocorreu através dos procedimentos de observação em campo, comparação de exsicatas no herbário virtual e consultas bibliográficas. O sistema de classificação botânica adotado para organização dos táxons foi o Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o inventário realizado, foram identificadas cem plantas de portearbóreo nas cinco principais praças do perímetro urbano do município, sendo elas, em sua maioria, espécies introduzidas nas paisagens durante a criação das praças e mantidas desde então, outra parcela dos indivíduos foi inserida posteriormente.

Apesar das diferenças em extensão territorial, foi possível perceber a discrepância na quantidade de amostras encontradas entre as praças, como é o caso da Praça Cantídio Francisco Pereira que possui apenas uma árvore, enquanto na Praça Honório Santos foram inventariadas quarenta e nove amostras. O baixo volume de indivíduos revela fragilidades nesses espaços, a começar pela baixa cobertura vegetal que expõe o solo à maior incidência solar.

Em comum, todas as praças apresentaram plantas com danos, como desgastes nos troncos e retirada de galhos importantes para o crescimento adequado da árvore, ocasionados por podas conduzidas sem técnica profissional e manejo adequado das ferramentas. Além de estarem plantadas em canteiros desproporcionais ao porte das espécies ou estarem em calçadas, danificando o solo de acordo com o desenvolvimento radicular.

Apenas na Praça Manoel Antônio Sousa não havia incompatibilidade com a rede elétrica, no tocante à sobreposição da iluminação pública e danificação da afiação, pois a mesma passou por reforma no ano de 2020, recebendo revitalização paisagística e adequação na arborização. As demais praças permanecem com a arborização original, enquanto o entorno sofre alterações e as plantas não são adequadas à estrutura.

Diante dos dados obtidos, foi possível perceber um alto número de espécies exóticas nas praças selecionadas, desta maneira a composição florística não representa a flora característica da região, podendo provocar desequilíbrio ambiental, ocasionado pelas relações não harmônicas entre espécies nativas e os animais que interagem com as mesmas.

A espécie que teve mais frequência nas praças foi a *Azadirachta indica* (29%), que é popularmente conhecida no Brasil por Nim e pode desencadear desequilíbrio ambiental por possuir componentes químicos tóxicos que causam infertilidade em aves polinizadoras e repelem a ação das abelhas.

As características do Nim fazem com que ele seja amplamente utilizado em toda a cidade, já que é uma espécie que se adaptou bem ao nordeste e resiste a períodos secos, formando sombra durante todo o ano e por ter o crescimento facilmente controlado com podas pouco frequentes, os moradores encontram nele, facilidades que estimulam o plantio nas calçadas de casas ou em outros espaços que se desejam criar sombreamento.

Assim como o Nim possui substâncias que possam ser prejudiciais ao ecossistema, algumas

espécies típicas da região também podem ter elementos com características úteis para a comunidade, como o uso medicinal e paisagístico. Por meio do resgate do conhecimento tradicional, é possível encontrar alternativas mais convenientes para a estruturação arbórea e com importância sociocultural para o município.

As demais espécies, mais difundidas, não se adequam ao ideal para arborização urbana em locais públicos, não cumprindo a função paisagística e melhoria do microclima da praça, pois são de pequeno porte e durante o desenvolvimento apresentam pontos negativos, como a elevada queda das folhas durante a estiagem, limitando o sombreamento.

Mediante a perceptiva inadequação da arborização das praças públicas do município, se faz necessário o desenvolvimento de projetos para supressão das espécies nocivas ao meio ambiente, como também sua substituição por indivíduos mais apropriados, que promovam melhores condições para equilíbrio ambiental e benefício social do uso pessoal coletivo na prática de atividades de recreação, educação ambiental, prática de esportes e fortalecimento de vínculos.

Um trabalho de arborização das praças públicas pode ser realizado partindo de um estudo da flora regional, a fim de delimitar que espécies possam ser mais benéficas que as presentes. Introduzir plantas nativas frutíferas dotadas de alto valor nutritivo, tanto para a fauna quanto para o uso gastronômico, pode vir a trazer vantagens para os animais e a população local, para tanto, o planejamento com respaldo de técnicos se faz essencial.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento da arborização do município de São João do Piauí, revelou a composição vegetal das praças do perímetro urbano. Ao tempo que mostra o que tais indivíduos representam para os espaços nos quais estão inseridos e a necessidade de supressão dos mesmos para substituição por elementos mais adequados ao contexto.

A pesquisa inventariou as plantas de porte arbóreo presentes nas praças do município, por meio de coleta de dados das amostras válidas, com registro do material colhido em formulário para posterior identificação de cada espécie e avaliação dos resultados obtidos. Dessa maneira, as verificações foram pertinentes e trazem informações relevantes à sociedade e ao poder público.

Esta pesquisa de campo realizou a verificação das hipóteses e alcançou os objetivos traçados. Revelou dados que demonstram fragilidades na arborização dos espaços públicos, como a inadequação das espécies e da disposição nas praças, que resulta em impactos sociais e ambientais.

Todavia, enfatiza-se a relevância de mais trabalhos voltados para a caracterização das áreas verdes urbanas e da fundamental ampliação e adequação florística, para a construção de ambientes mais saudáveis e eficazes diante de seus objetivos e fazendo uso de espécies mais benéficas ao

ecossistema.

REFERÊNCIAS

APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **The Linnean Society of London: Botanical Journal of the Linnean Society**, p.1-20, 2016.

BARROS, A. P. S. *et al.* Planejamento urbano, áreas verdes e qualidade de vida: Uma análise comparativa entre os bairros Terra Firme e Cidade Velha–Belém/PA. **Revista Geoaraguaia**, v. 7, n. 2, 2017.

BROD JUNIOR, M.; AFONSO, L. Design e acessibilidade: a importância do Design Gráfico Ambiental no processo de apreensão da informação por deficientes sensoriais em praças públicas. **Human Factors in Design**, v. 8, n. 15, p. 02-19, 2019.

CESSA, R. M. A. Conforto térmico em áreas verdes na cidade de sorriso-MT. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 12, n. 1, p.17-30, 2017.

CEPRO. **Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. Diagnóstico dos municípios, São João do Piauí.** 2013.

CUNHA, D. V. P.; PAULA, A. Análise quali-quantitativa da arborização em praças públicas do município de Vitória da Conquista – Bahia. **Enciclopédia Biosfera, Goiânia**, v. 9, n. 16, p. 259-276, 2013.

DA SILVA, G. C.; CAVALCANTE NETO, J. L. Saúde mental em níveis de atividade física de crianças escolares. **Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar**, v. 25, n. 1, p. 115, 2017.

GAUDERETO, G. L. *et al.* Avaliação de serviços ecossistêmicos na gestão de áreas verdes urbanas: promovendo cidades saudáveis e sustentáveis. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, 2019.

GOMES, M. A. S. De largo a jardim: as praças públicas no Brasil: algumas aproximações. **Estudos geográficos**, v. 5, n.1, p.101-120, 2007.

GONÇALVES, L. M. *et al.* Arborização Urbana: a importância do seu planejamento para qualidade de vida nas cidades. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 22, n. 2, p. 128-136, 2018.

MCPHERSON, E. G.; VAN DOORN, N.; GOEDE, J. Structure, function and value of street trees in California, USA. **Urban Forestry & Urban Greening**, 17, 104–115, 2016.
doi:10.1016/j.ufug.2016.03.013

OPPLIGER, E. A. *et al.* A estrutura de áreas verdes urbanas como indicador de qualidade ambiental e sua importância para a diversidade de aves na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Paisagem e Ambiente**, v. 30, n. 44, p.162864-162864, 2019.

DOS SANTOS, C. J. G. **Tipos de pesquisa.** 2016.

CAPÍTULO 3

FLORA DO MUNICÍPIO DE BARREIROS (DADOS PARCIAIS): PERSPECTIVAS PARA A CONSERVAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA




BARREIROS MUNICIPALITY FLORA (PARTIAL DATA): CONSERVATION
PERSPECTIVES OF THE ATLANTIC FOREST

Katarina Pinheiro   

Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Bolsista do Programa de Capacitação Institucional (PCI-CNPq), Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil

Priscila Tavares Fonseca   

Doutora em Fitotecnia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Brasil

Robson Antônio de Souza   

Biólogo Fundação de Ensino Superior de Olinda (FUNESO). Bolsista do Programa de Capacitação Institucional (PCI-CNPq), Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil

Mariana Lima   


Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPE), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Bolsista do Programa de Capacitação Institucional (PCI-CNPq), Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil

Cândida Juliana Albertin Santos   

Doutora em Ciências Biológicas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Pesquisadora Bolsista do Programa de Capacitação Institucional (PCI-CNPq), Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil

Laureen Michelle Houllou   

Doutora em Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo (USP), Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.616 

Resumo: Sabe-se que a Mata Atlântica apresenta elevada biodiversidade de espécies em função da heterogeneidade de fitofisionomias, sendo uma delas a Restinga. Embora estudos tenham sido realizados para elucidar o funcionamento deste ecossistema, algumas lacunas ainda permanecem sem informação acerca da composição florística de áreas não estudadas. Assim, este trabalho tem como objetivo de descrever os tipos fitofisionômicos e listar a flora da restinga e mata de tabuleiro de um fragmento florestal no litoral sul de Pernambuco, visando contribuir para atividades de conservação e/ou recuperação desta área. As coletas foram realizadas no período de um ano, através de caminhadas aleatórias no remanescente florestal. Foram catalogadas 39 espécies pertencentes a 25 famílias. A maior representatividade foi para Fabaceae e Melastomataceae, seguida de Myrtaceae. A flora local revela dados importantes com espécies endêmicas e com ameaça de extinção, no qual indica que a preservação dessa área teria a função de minimizar a perda e degradação desse habitat, que é, atualmente, a maior ameaça à biodiversidade das áreas tropicais. Assim, identificar e conservar um espaço de habitat adequado e representativo é um dos desafios mais cruciais que enfrentamos nas políticas de gestão ambiental.

Palavras-chave: Mata de Tabuleiro. Restinga. Ameaça de extinção. Endemismo. Proteção legal.

Abstract: It is known that the Atlantic Forest has a high biodiversity of species due to the heterogeneity of phytophysiognomies, one of which is the Restinga. Although studies have been carried out to elucidate the functioning of this ecosystem, some gaps in information about the floristic composition of unstudied areas remain. Thus, this work aims to describe the phytophysiognomic types and list the flora of the restinga and tableland forest of a forest fragment on the southern coast of Pernambuco, contributing to conservation and/or recovery activities in this area. The collections were carried out over a period of one year, through walks in the remaining forest. 39 species belonging to 25 families were catalogued. The greatest representation was for Fabaceae and Melastomataceae, followed by Myrtaceae. The local flora reveals important data. The presence of endemic and endangered species indicates that this area preservation could minimize habitat loss and the degradation, which is currently one of the biggest threats to biodiversity in tropical region. Therefore, identifying and conserving adequate and representative habitat area is a crucial challenge we face in environmental management politics today.

Keywords: Board forest. Restinga. Extinction threat. Endemism. Legal protection

1 INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica é considerada um dos 34 *hotspots* de biodiversidade do mundo, ou seja, é uma das regiões de maior prioridade para a conservação da diversidade biológica no planeta (Buriel *et al.*, 2013), cujo termo foi dado por alcançar níveis alarmantes de perda de habitat em aproximadamente 93%, e conseqüentemente, da biodiversidade muitas vezes desconhecida pela ciência (Acosta; Mooney, 2021).

Em resposta aos fatores abióticos (grande extensão latitudinal (3°S-30°S), altitude que varia desde o nível do mar a mais de 2.700 m, pluviosidade anual que pode chegar a cerca de 4.000 mm ao ano. Este Domínio Fitogeográfico apresenta grande heterogeneidade vegetal (Tietz; Apel; Mouga, 2023), a exemplo das florestas ombrófila mista ou mata de araucária, floresta ombrófila

aberta, floresta ombrófila estacional semidecidual, floresta estacional decidual e floresta ombrófila densa) e seus ecossistemas associados como os Mangues e Restingas (IBGE, 2012).

Dentre os diferentes ecossistemas associados a Mata Atlântica, destaca-se a Restinga com vegetação que recobre cerca de 79% da costa brasileira, apresentando estreitas até extensas faixas de areia, podendo também ocupar áreas de dunas (Lima; Almeida-Júnior, 2018). É considerada como uma formação vegetacional de influência marinha (Lima; Almeida-Júnior, 2018), que se estende em toda costa litorânea da região noroeste, cuja estrutura fitofisionômica apresenta porte que varia de 4 até 20 m de altura e sofrem influência direta da salinidade, podendo por este motivo abrigar um conjunto florístico específico (Almeida Júnior; Zickel, 2012).

Segundo Santos-Filho *et al.* (2015), as restingas são consideradas como uma das mais belas paisagens do litoral nordestino, e desta forma, vem sofrendo intensa ação antrópica ao longo dos anos, a exemplo da especulação imobiliária desenfreada. Esta pressão antrópica vem causando a perda exponencial de biodiversidade das restingas através da sua descaracterização, dificultando a identificação de sua flora, e conseqüentemente, as tomadas de decisão em prol de sua conservação.

Em Pernambuco os trabalhos com Restinga foram iniciados na década de 1950 com Andrade-Lima (1951, 1953, 1979), entretanto com registros pontuais sobre sua flora de restinga. A retomada de estudos relacionados às Restingas foi em 1990 através de Cantarelli *et al.* (2012), no qual indicaram uma série de estudos botânicos, onde começaram a elucidar dados sobre a flora associando a estrutura das restingas para o litoral pernambucano.

Diante da peculiaridade do ecossistema de Restinga, Cantarelli *et al.* (2012) apontaram sobre a necessidade de se conhecer esta formação vegetacional com agilidade, diante da diminuição da sua biodiversidade e cobertura vegetal provocada pelo avanço dos impactos ambientais. Neste sentido, é de suma importância para a conservação das áreas remanescentes da Restinga do litoral pernambucano, conhecer sua composição florística fornecendo dados para que as políticas públicas e/ou privadas elaborem maneiras de conservar esta vegetação tão importante que está contida na Mata Atlântica.

Assim, o presente estudo teve como objetivo descrever os tipos fitofisionômicos e listar a flora da restinga e mata de tabuleiro de um fragmento florestal no litoral sul de Pernambuco, visando contribuir para atividades de conservação e/ou recuperação desta área.

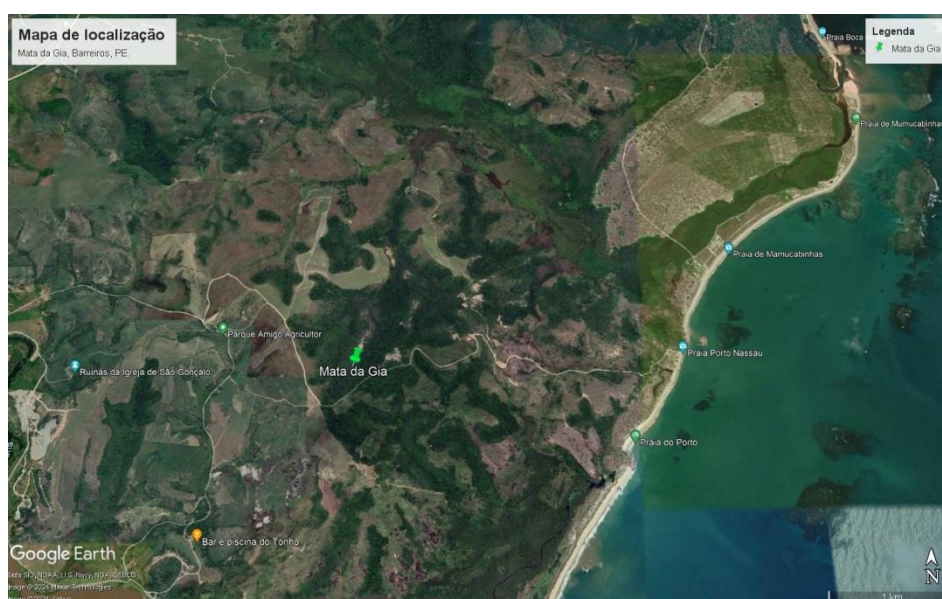
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A Mata da Gia (35°W 08' 47", 8°S 48' 35"; Figura 1) localiza-se no município de Barreiros (35°11'11"W, 8°49'6"S), mesorregião da Mata, microrregião da Mata Meridional Pernambucana (Lucena, 2009), com fragmento de extensão territorial de aproximadamente 186 hectares. As coletas de dados foram realizadas em parte deste fragmento, no qual abriga duas tipologias da Mata Atlântica (*sensu stricto*) e Restinga.

A sede municipal de Barreiros encontra-se a cerca de 108,8 km de Recife, sendo o acesso pela BR-101, PE-60 e PE-96 (Pereira, 2009). Seus limites são: a norte o município de Tamandaré, a sul São José da Coroa Grande e o estado de Alagoas, a leste o Oceano Atlântico e a oeste Água Preta (LUCENA, 2009; Pereira, 2009). O clima local é do tipo Tropical Chuvoso, quente e úmido, com chuvas no outono e inverno com precipitação média anual de 1.345,30 mm (CLIMA DATE, 2024).

Figura 1 – Localização da área de estudo, Mata da Gia, Barreiros, PE.



Fonte: Google Earth, adaptado pelos autores (2024).

2.2 Levantamento de dados

O levantamento florístico foi realizado de novembro de 2022 até novembro de 2023, mensalmente, abrangendo as estações seca e chuvosa, para avaliar a influência da sazonalidade sobre a vegetação.

As amostras de material botânico em estado vegetativo e/ou reprodutivo foram coletadas no interior e borda do fragmento florestal através de caminhadas aleatórias para elaboração da lista florística local, sendo estes dados parciais. Todas as plantas para seus diversos hábitos de vida foram incluídas no levantamento (lenhosas, herbáceas, trepadeiras, epífitas e hemiparasitas), seguindo os procedimentos das técnicas usuais de herborização de Gadelha-Neto *et al.* (2013). Todo material coletado se encontra temporariamente depositado na coleção do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste-CETENE.

A identificação das espécies foi realizada por meio de chaves de identificação, morfologia comparada dos materiais depositados já determinados em outros herbários da região, como o UFP (UFPE) e PEUFR (UFRPE), bem como consultas aos especialistas para confirmação e/ou correção. A lista florística está organizada de acordo com o sistema de classificação proposto pelo Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016). Os nomes das espécies foram conferidos e atualizados segundo a base de dados da Flora do Brasil on-line (www.floradobrasil.jbrj.gov.br; BFG, 2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 39 espécies pertencentes a 25 famílias foram registradas para a área de estudo (Quadro 1). Dentre as famílias de maior riqueza estão Fabaceae e Melastomataceae, cada uma com cinco espécies, seguida por Myrtaceae com três táxons. Em estudos florísticos realizados na região nordeste este padrão de riqueza é comum em áreas de Restinga, no qual estas famílias estão em destaque como as que apresetam elevada representatividade em número de táxons (Cantarelli *et al.*, 2012; Sacramento *et al.*, 2007). Gentry (1982), já destacava Myrtaceae como sendo uma família de grande riqueza de espécies para Restingas, apontando que este ecossistema pode ser considerado como seu centro de diversidade, no qual se mantém até a atualidade (Tietz; Apel; Mouga, 2023). As Myrtaceae são apontadas, inclusive, com potencial para grupo ‘modelo’ em estudos de estratégia de conservação (Lucas; Büger, 2015).

Quadro 1 – Lista florística parcial do fragmento da Mata da Gia, Barreiros-PE.

Família	Espécie	Nome popular	Hábito	Distribuição geográfica
Annonaceae	<i>Annona glabra</i> L.	Aticum	Arbóreo	Ampla
Apocynaceae	<i>Harconia speciosa</i> Gomes	Mangaba	Arbustivo	Ampla
Araceae	<i>Anthurium gracile</i> (Rudge) Lindl.	-	Epifítico	Ampla

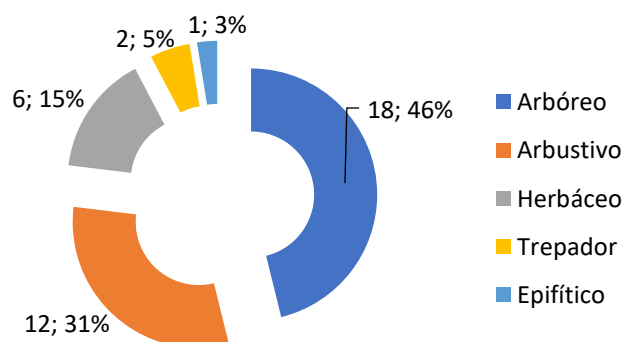
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Manguire	Sambaquim	Arbóreo	Ampla
Arecaceae	<i>Bactris ferruginea</i> Burret	Coquinho	Arbóreo	Ampla
Boraginaceae	<i>Cordia nodosa</i> Lam.	Grão-de-galo	Arbóreo	Ampla
Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i> L.	-	Herbáceo	Ampla
Clusiaceae	<i>Clusia nemorosa</i> G.Mey.	Orelha-de-burro	Arbóreo	Ampla
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum mucronatum</i> Benth.	Cumixá	Arbóreo	Ampla
Fabaceae	<i>Centrosema</i> sp.	-	Trepador	Ampla
	<i>Copaifera langsdorffi</i> Desf.	Copaíba-da-varzea	Arbóreo	Ampla
	<i>Crotalaria stipularia</i> Desv.	-	Herbáceo	Ampla
	<i>Inga dysantha</i> Benth.	Ingá-peludo	Arbóreo	Ampla
	<i>Tephrosia cinerea</i> (L.) Pers	-	Herbáceo	Ampla
Hypericaceae	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Pau lacre	Arbóreo	Ampla
Lamiaceae	<i>Aegiphila pernambucensis</i> Moldenke	Salgueiro	Arbóreo	Ampla
Lauraceae	<i>Ocotea glomerata</i> (Ness) Mez.	Louro-comum	Arbóreo	Ampla
Lecythidaceae	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers	Imbiriba	Arbóreo	Ampla
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	Murici	Arbóreo	Ampla
	<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	Murici	Arbustivo	Ampla
Malvaceae	<i>Sida linifolia</i> Cav.	Chanana	Herbáceo	Ampla
Marantaceae	<i>Calathea</i> cf. <i>cylindrica</i> (Roscoe) K. Schum.	-	Herbáceo	Ampla
	<i>Stromanthe porteana</i> Griseb.	Uruba	Herbáceo	Ampla
Melastomataceae	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	Peludinha	Arbustivo	Ampla
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	Canela de velho	Arbustivo	Ampla
	<i>Miconia ciliata</i> (Rich.) DC.	Açairana	Arbustivo	Ampla
	<i>Miconia multiflora</i> Naudin	Pixirica	Arbustivo	Ampla
	<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	Pixirico	Arbustivo	Ampla
Myrtaceae	<i>Myrcia bergiana</i> O.Berg		Arbustivo	Ampla
	<i>Myrcia hirtiflora</i> DC.		Arbustivo	Endêmica Mata Atlântica
	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	Maripunga	Arbustivo	Ampla

Passifloraceae	<i>Passiflora contracta</i> Vitta		Trepador	Ampla
Peraceae	<i>Chaetocarpus myrsinites</i> Baill.	-	Arbóreo	Ampla
Polygonaceae	<i>Coccoloba laevis</i> Casar.	Osso de burro	Arbóreo	Endêmica Mata Atlântica
	<i>Coccoloba warmingii</i> Meisn.	Osso de burro	Arbóreo	Ampla
Rubiaceae	<i>Palicourea rudgeoides</i> (Müll.Arg.) Standl.	-	Arbustivo	Endêmica Mata Atlântica
	<i>Salzmannia nitida</i> DC.	Catucá	Arbustivo	Endêmica Mata Atlântica
Sapotaceae	<i>Manilkara dardanoi</i> Ducke	Maçaranduba	Arbóreo	Endêmica Mata Atlântica
Vochysiaceae	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	Pau-de-tucano	Arbóreo	Ampla

Fonte: Pinheiro, 2024.

Para a estrutura da vegetação o estrato com maior representatividade foi o arbóreo com 18 táxons (46%; Figura 2), demonstrando que a vegetação apresenta uma estabilidade com plantas de grande porte. O estrato arbustivo deteve 12 espécies (31%), seguido do herbáceo com 6 espécies (15%). As formas de vida trepadora e epifítica tiveram uma baixa riqueza de espécies com 2 e 1 táxons, respectivamente. Este resultado reforça, atualiza e corrobora com os dados que haviam sido encontrados em trabalhos florísticos realizados em Barreiros (Sobral-Leite, 2011; Almeida-Júnior; Zickel, 2014), cujos dados constataram que em geral a região apresenta uma composição florística de grande importância ecológica, em função de abrigar espécies endêmicas, bem como por apresentar uma fitofisionomia de porte arbóreo.

Figura 2 – Quantidade de espécies para os estratos.



Fonte: Pinheiro, 2024.

Diversos autores apontam que a flora de Restinga apresenta uma composição florística peculiar em função do tipo de solo que é do tipo arenoso, porém com poucos nutrientes e matéria

orgânica, além de sua baixa capacidade em reter água (Almeida-Júnior *et al.*, 2009). Entretanto, mesmo com tais adversidades este ecossistema, contribui significativamente para que torne a Mata Atlântica um *hotspot*.

Embora a vegetação possua uma estrutura de grande porte e proporcione microhabitats para plantas mais sensíveis, as espécies trepadeiras não foram encontradas em grande abundância no local, o que seria um indicativo de uma floresta primária de acordo com a Lei da Mata Atlântica Nº 428/2006. Dentre as trepadeiras catalogadas, destaca-se *Passiflora contracta* (Figura 3), sendo considerada como abundante na área, porém sua distribuição é generalista e ocupa diversos ambientes em todos os demais Domínios Fitogeográficos.

Figura 3 – Espécie *Passiflora contracta*, Mata da Gia, Barreiros-PE.



Fonte: Pinheiro, 2024.

Com relação à distribuição geográfica, cinco espécies foram classificadas como de distribuição restrita e endêmicas da Mata Atlântica. Dentre elas estão: *Myrcia birtiflora*, *Coccoloba laevis*, *Palicourea rudgeoides*, *Salzmannia nitida* e *Manilkara dardanoi*, no qual esta última ainda é classificada como espécie ameaçada de extinção no grau mais elevado (Críticamente em Perigo-CR). Mesmo a área apresentando indícios de antropização e sua flora ser composta em maioria por plantas de ampla distribuição geográfica, o fato de haver uma espécie ameaçada de extinção demonstra o potencial conservacionista que detém.

Manilkara dardanoi (Figura 4) é uma planta arbórea de dominância na área de estudo com uma grande representatividade em número de indivíduos em diferentes fases de desenvolvimento. Almeida-Júnior e Zickel (2014) já haviam indicado esta área como possibilidade de se tornar uma Unidade de Conservação por abrigar uma grande população da espécie, pois sua distribuição por ser restrita a esta área em Pernambuco, pode ser extinta localmente reduzindo ainda mais a sua população na natureza em função das ações humanas.

Figura 4 – Espécie *Manilka dardanoi*, Mata da Gia, Barreiros-PE.



Fonte: Pinheiro, 2024.

De maneira geral, a Mata da Gia apresentou uma riqueza inferior ao amostrado em áreas conservadas de Restinga (Cantarelli *et al.*, 2012), entretanto vale destacar que os dados aqui apresentados são parciais e referentes a um ano de coleta. Contudo, tais resultados não reduzem o potencial conservacionista que a área apresenta em função de abrigar espécies endêmicas, bem como uma com forte ameaça de extinção.

Da mesma forma que em outras áreas de vegetação litorânea do nordeste brasileiro, a Restinga de Barreiros esta submetida à intensa pressão antrópica, necessitando, portanto, de ações de conservação e proteção para manutenção da riqueza de espécies.

4 CONCLUSÃO

Com base na flora local foi possível concluir que a área apresenta duas fitofisionomias distintas que fazem parte do Domínio Atlântico, sendo uma Restinga gerando uma forte influência na Mata de Tabuleiro. Embora a riqueza seja inferior a de outras áreas conservadas, este estudo apresenta dados parciais da localidade, entretanto, destaca-se a forte indicação de conservação em função da ocorrência de espécies endêmicas da Mata Atlântica, além de ameaça de extinção. Estes achados demonstram que devido a antropização local, estas espécies de potencial ecológico podem deixar de existir, e portanto, sugere-se que os dados aqui apresentados sejam considerados como uma forte contribuição nas tomadas de decisão para a conservação da Mata Atlântica.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro de Tecnologias Estratégicas-CETENE e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq pelo fomento à pesquisa desenvolvida e infraestrutura para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, A. N. C.; MOONEY, K. Effects of geographic variation in host plant resources for a specialist herbivore's contemporary and future distribution. **Ecosphere**, v. 12, n. 11, p. 1-20, 2021. DOI 10.1002/ecs2.3822.

ANDRADE-LIMA, D. A flora da praia de Boa Viagem. Recife. **Separata do Boletim da SAIC**, v. 18, n. 1-2, p. 121-125, 1951.

ANDRADE-LIMA, D. Primeira contribuição para o conhecimento da flora do Cabo de Santo Agostinho. In: **Anais do IV Congresso Nacional da Sociedade Botânica do Brasil**. p. 48-57, 1953.

ANDRADE-LIMA, D. A flora e a vegetação da área Janga - Maranguape/ Paulista - Pernambuco. In: **Anais do XXX Congresso Nacional de Botânica**, Campo Grande: Sociedade Brasileira de Botânica. v. 30, p. 179-190, 1979.

ALMEIDA JÚNIOR, E. B.; OLIVO, M. A.; ARAÚJO, E. L.; ZICKEL, C. S. Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracáipe, Pernambuco, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol freático. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 36-48, 2009.

ALMEIDA-JÚNIOR, E. B.; ZICKEL, C. S. Análise fitossociológica do estrato arbustivo-arbóreo de uma floresta de restinga no Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 2, p. 286-291, 2012. DOI 10.5039/agraria.v7i2a1218

ALMEIDA-JÚNIOR, E. B.; ZICKEL, C. S. *Manilkara dardanoi* (Sapotaceae): the rediscovery of an endemic and threatened species in northeastern Brazil. **Phytotaxa**, v. 161, n. 3, p. 235-240, 2014. DOI 10.11646/phytotaxa.161.3.7.

APG. An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Oxford University Press (OUP), v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016.

BELFORT, L.; NASCIMENTO, F. R. F.; ALMEIDA-JÚNIOR, E. B. Distribuição e estrutura das espécies lenhosas em uma restinga ecotonal no litoral Amazônico Maranhense, Brasil. **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, v. 56, p. 561-574, 2021. DOI 10.31055/1851.2372.

BURIL, M. T.; MELO, A.; ALVES-ARAÚJO, A.; ALVES, M. (Eds). **Plantas da Mata Atlântica: Guia de árvores e arbustos da Usina São José (Pernambuco)**. Olinda: Editora Livro Rápido, 2013.

CANTARELLI, J. R. R.; ALMEIDA-JÚNIOR, E. B.; SANTOS-FILHO, F. S.; ZICKEL, C. S. Tipos fitofisionômicos e florística da restinga da APA de Guadalupe, Pernambuco, Brasil. *Insula*, v. 41, p. 95-117, 2012.

CLIMA DATE. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/pernambuco/barreiros-43123/>. Acessado em: 04 de junho de 2024.

GADELHA-NETO, P. C.; LIMA, J. R.; BARBOSA, M. R. V.; BARBOSA, M. A.; MENEZES, M.; PÔRTO, K. C.; WARTCHOW, F.; GIBERTONI, T. B. **Manual de procedimentos para Herbários**. 1. ed. Recife: Editora Universitária, p. 53, 2013.

IBGE. **Manual técnico da vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. 272 p. ISBN 978-85-240-4272-0.

LIMA, G. P.; ALMEIDA-JÚNIOR, E. B. Diversidade e similaridade florística de uma Restinga ecotonal no Maranhão, Nordeste do Brasil. *Interciência*, v. 43, n. 4, p. 275-282, 2018.

LUCAS, E. J.; BÜNGER, M. O. Myrtaceae in the Atlantic Forest: their role as a ‘model’ group. *Biodiversity & Conservation*, v. 24, p. 2165–2180, 2015. DOI 10.1007/s10531-015-0992-7.

LUCENA, M. F. A. Flora do Engenho Roncadorzinho, Barreiros, Pernambuco, Brasil. Relatório Técnico. **Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste**, Recife, PE. 2009.

PEREIRA, G. A. Aves do Engenho Roncadorzinho, Barreiros, Pernambuco, Brasil. Relatório Técnico. **Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste**, Recife, PE. 2009.

SACRAMENTO, A. C. S.; ZICKEL, C. S.; ALMEIDA-JÚNIOR, E. B. Aspectos florísticos da vegetação de restinga no litoral de Pernambuco. *Revista Árvore*, v. 31, n. 6, p. 1121-1130, 2007.

SANTOS-FILHO, F. S.; ALMEIDA-JÚNIOR, E. B.; CAIO JEFFTER DOS REIS SANTOS SOARES, C. J. R. S.; ZICKEL, C. S. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, v. 41, n. 3-4, p. 147-160, 2015.

SOBRAL-LEITE, M. Engenho Roncadorzinho, Barreiros, Pernambuco, Brasil: Levantamento físico-biótico Situação fundiária, uso e ocupação. Relatório Técnico. **Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste**, Recife, PE. 2011. DOI: 10.13140/RG.2.2.25269.58081

TIETZ, A. L.; APEL, R. P.; MOUGA, D. M. D. S. Caracterização de flora de restinga arbustivo-arbórea no sul de Santa Catarina, Brasil. *Acta Biologica Catarinense*, v. 10, n. 2, 2023.

CAPÍTULO 4

IMPORTÂNCIA DA MICROSCOPIA RAMAN NA CARACTERIZAÇÃO DE PARTÍCULAS MICROPLÁSTICAS EM *RHIZOPHORA MANGLE* L.

IMPORTANCE OF RAMAN MICROSCOPY IN THE CHARACTERIZATION OF MICROPLASTIC PARTICLES IN *RHIZOPHORA MANGLE* L.

Mariana Caroline Gomes de Lima   

Pesquisadora Bolsista do Programa de Capacitação Institucional (PCI-CNPq), Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil

Cândida Juliana Albertin Santos   


Doutora em Ciências Biológicas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).
Pesquisadora Bolsista do Programa de Capacitação Institucional (PCI-CNPq), Centro de
Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil

Laureen Houllou   

Doutora em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura. CENA/USP, São Paulo
SP, Brasil

Katarina Pinheiro   

Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
Bolsista do Programa de Capacitação Institucional (PCI-CNPq), Centro de Tecnologias
Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.617 

Resumo: Uma das mais variadas aplicações da microscopia Raman é na identificação de partículas microplástica do qual são pequenos fragmentos de plástico, geralmente menores que 5 mm, que têm se tornado uma preocupação crescente devido ao seu impacto ambiental e à saúde pública. O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficácia da microscopia Raman na identificação de possíveis partículas plásticas em raízes de *Rhizophora Mangle L* através da técnica microscópica Raman. Utilizou-se para esse estudo o total de treze indivíduos de *Rhizophora mangle L* dos quais foram analisados as suas raízes individualmente. Os espectros foram obtidos, em geral, a uma magnificação de 20x, utilizando laser de infravermelho próximo de 633 nm, com tempo de aquisição de 10 segundos e 5 acumulações. Observou-se que para um total de 41 partículas das 25 foram consideradas não poliméricas e 16 poliméricas dentre elas, Polipropileno isotático 0°, Polipropileno isotático 90°, Adesivo e Polipropileno.

Palavras-chave: Polímero. Microscopia Raman. Mangue vermelho.

Abstract: One of the most varied applications of Raman microscopy is the identification of microplastic particles, which are small fragments of plastic, generally smaller than 5 mm, which has become a growing concern due to their environmental and public health impact. The objective of the present study was to evaluate the effectiveness of Raman microscopy in identifying possible plastic particles in the roots of *Rhizophora Mangle L* using the Raman microscopic technique. A total of three individuals of *Rhizophora mangle L* were used for this study, of which their roots were analyzed individually. The spectra were generally obtained at a magnification of 20x, using a 633 nm near-infrared laser, with an acquisition time of 10 seconds and 5 accumulations. Note that a total of 41 particles of the 25 were considered non-polymeric and 16 polymeric among them, Isotactic Polypropylene 0°, Isotactic Polypropylene 90°, Adhesive, and Polypropylene.

Keywords: Polymer. Raman microscopy. Red mangrove.

1 INTRODUÇÃO

A microscopia Raman é uma técnica analítica utilizada para obter informações sobre a composição química e a estrutura molecular de materiais diversos. Desenvolvida a partir do efeito Raman, esta técnica baseia-se na dispersão inelástica da luz quando interage com as moléculas de uma amostra. Ao longo dos anos, a microscopia Raman tem se consolidado como uma ferramenta essencial em diversas áreas de pesquisa devido à sua capacidade de fornecer dados espectroscópicos detalhados com alta resolução espacial (Movasaghi, 2020).

Uma das mais variadas aplicações da microscopia Raman é na identificação de partículas microplástica do qual são pequenos fragmentos de plástico, geralmente menores que 5 mm, que têm se tornado uma preocupação crescente devido ao seu impacto ambiental e à saúde pública. Esses pequenos detritos podem se originarem de diversas fontes, incluindo a degradação de resíduos plásticos maiores. A presença de microplásticos em diversos ecossistemas é um problema ambiental significativo, pois essas partículas podem se acumuladas ao longo das cadeias alimentares e potencialmente afetando a saúde animal e humano (Geyer *et al.*, 2017).

A microscopia Raman surge como uma ferramenta analítica fundamental devido a utilização da dispersão inelástica da luz para obter informações detalhadas sobre a composição molecular das amostras. De acordo com Araújo *et al.* (2018), esta microscopia permite a identificação não destrutiva e específica de microplásticos, diferenciando-os de outros materiais presentes em amostras ambientais. Essa capacidade é crucial, dado que os microplásticos muitas vezes se encontram misturados com diversos detritos e substâncias naturais. Esta técnica não só permite a identificação precisa de diferentes tipos de plásticos, mas também auxilia na quantificação e mapeamento da distribuição desses materiais. Segundo Shim *et al.* (2017), a microscopia Raman combinada com técnicas de imagem avançadas facilita a quantificação e mapeamento de microplásticos, oferecendo uma ferramenta poderosa para estudos ecológicos e toxicológicos.

A caracterização e quantificação de microplásticos são essenciais para entender sua distribuição, origens e efeitos ambientais. Como destacado por Auta *et al.* (2017), em que a análise dos microplásticos é crucial para desenvolver estratégias eficazes de mitigação e políticas ambientais visando a redução da poluição plástica. A detecção e identificação de microplásticos utilizam várias técnicas analíticas, incluindo a microscopia Raman, permite, portanto, uma análise detalhada da composição química dessas partículas. O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficácia da microscopia Raman na identificação de possíveis partículas plásticas em raízes de *Rhizophora Mangle L* através da técnica microscópica Raman.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Identificação vegetal

A identificação das espécies foi realizada por meio de chaves de identificação, morfologia comparada dos materiais depositados já determinados em outros herbários da região, como o UFP (UFPE) e PEUFR (UFRPE), bem como consultas aos especialistas para confirmação e/ou correção. A lista florística está organizada de acordo com o sistema de classificação proposto pelo Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016). Os nomes das espécies foram conferidos e atualizados segundo a base de dados da Flora do Brasil on-line (www.floradobrasil.jbrj.gov.br; BFG, 2015).

2.2 Cuidados laboratoriais

Para reduzir o risco de contaminação cruzada em laboratório será evitado ao máximo o contato com superfícies plásticas através de medidas mencionadas por Crawford e Quinn (2016), Frias *et al.* (2018) e Enders *et al.* (2020). Equipamentos de uso pessoal de jaleco foi de material de

algodão (100%), luvas de nitrílicas durante todo procedimento de manuseio das amostras e amostras acondicionadas e manuseadas em recipientes de vidro e papel foram necessários. As vidrarias foram previamente higienizadas com água destilada e lavadas posteriormente com água ultra pura (Milli-Q). O procedimento estende-se também para os reagentes utilizados.

2.3 Obtenção dos microplásticos em *Rhizophora mangle L*

Utilizou-se para esse estudo o total de treze indivíduos de *Rhizophora mangle L* dos quais foram analisadas as suas raízes individualmente.

De posse do material separado por granulometria, identificou-se visualmente os MP de cada peneira com o auxílio de uma pinça de uma agulha reunindo-as em uma placa de petri de acordo a sua granulometria. Em seguida, todo material identificado visualmente foi submetido a análise no esteromicroscópio binocular Opton e o que não era microplástico ou fibra foi descartado.

2.4 Análise dos polímeros na espectroscopia Raman

A caracterização dos polímeros que compõem os microplásticos foi realizada por meio do equipamento Microscópio Confocal Raman - Alpha 300S da WITEC, disponível no laboratório de microscopia do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste- CETENE. Os espectros foram obtidos, em geral, a uma magnificação de 20x, utilizando laser de infravermelho próximo de 633nm, com tempo de aquisição de 10 segundos e 5 acumulações. Para cada partícula, foram obtidos ao menos dois espectros em diferentes pontos da partícula.

Os espectros obtidos foram plotados e analisados no software Oringi 9.0, sendo processados com correção de linha de base adaptativa e normalização dos picos. As identificações dos polímeros no software se dão através de algoritmo de correlação de Pearson, relacionando todo o espectro, original e 1ª derivada, com a base de dados carregada. Os polímeros foram aceitos a partir de pelo menos 60% de similaridade, conforme recomendado por Crawford e Quinn (2016). Análise adicional foi adotada caso ocorra necessidade através do Spectral Library of Plastic Particles e Spectral Library of Plastic Particles Aged in Environment, disponibilizadas gratuitamente pelo Rochman Lab, da Universidade de Toronto (Munno *et al.*, 2020).

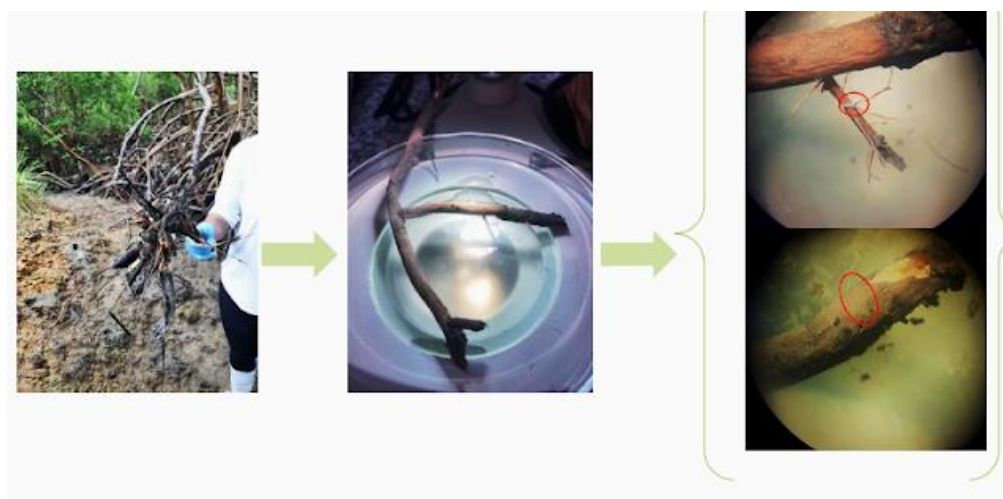
A fim de evitar equívocos, foi adotada a classificação proposta por Hidalgo-Ruz *et al.* (2012) em que fibras devem ter a mesma espessura ao longo de todo o comprimento; cores claramente distinguíveis e homogêneas; e partículas brancas, pretas, transparentes e vermelhas requerem atenção especial e devem ser analisadas sob magnificação superior. Além disso, os microplásticos

identificados, contabilizados e descritos e classificados de acordo com o Sistema Padronizado de Classificação de Cor e Tamanho (SCS), proposto por Crawford e Quinn (2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As raízes de *Rhizophora mangle* L foram coletadas na Ilha de Itamaracá-PE que apresenta uma área com diversos impactos, contribuindo assim com quantidade expressiva de resíduos, ressaltando-se a urbanização avança que modifica a paisagem e separadas. para análise no estereoscópio óptico dos quais foram separados um total de 41 partículas.

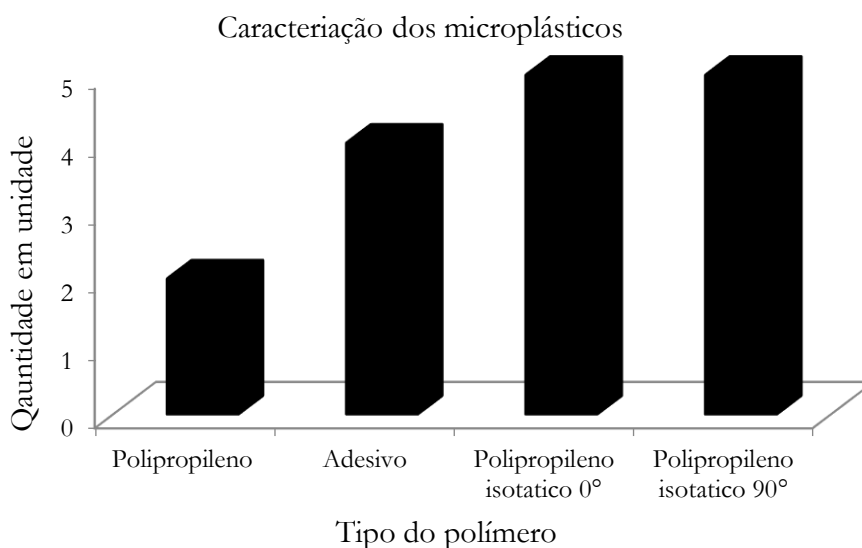
Figura 1 – Etapas da visualização dos microplásticos no estereoscópio óptico. A) Raíz de *Rhizophora mangle* L coletada na área de estudo; B) material separado no estereoscópio óptico; C) visualização das partículas plásticas na raiz coletada.



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2023.

Os MPs encontrados foram separados e contabilizados de acordo com o tipo de polímero suspeito presente, embora houve partículas não identificadas, totalizando 25 partículas não plásticas. Assim, o microscópio possibilitou a identificação visual de partículas pela sua textura e aparência sintética. Foram identificadas partículas com suspeita de ser polímero plástico que dentre as 41 amostras foi possível a identificação de 16 polímeros, sendo considerados microplásticos do tipo Polipropileno isotático 0° (PP), Polipropileno isotático 90°(PP), Adesivo e Polipropileno (PP) (Figura 2). Sendo assim, nem todas as partículas identificadas visualmente coincidiram com as análises de identificação química devido à grande diversidade de materiais semelhantes em textura e aparência que existem, e às dificuldades de se trabalhar com partículas microscópicas. Isso vem reforçar a necessidade de se fazer análises de identificação diferentes e complementares para obter inúmeras informações verídicas que permitam identificar com clareza o material.

Figura 2 – Classificação dos polímeros encontrados na superfície de raízes de *R. Mangle L.* Com auxílio da microscopia Raman.



Fonte: Autores, 2024.

Dentre as amostras encontradas apenas 8 apresentaram porcentagens acima de 70% de afinidade com a biblioteca, destacando-se o Polipropileno isotático 0° e o Polipropileno isotático 90°. Schwabl *et al.* (2019) usaram como critério em seu estudo a identificação com base em espectros que apresentassem similaridade com microplásticos de referência superior a 70%. As porcentagens variam então entre 69.05% a 97.19%. A faixa de similaridade exigida, para uma correlação provável com o tipo de microplástico se deve ao fato que vários fatores ambientais (Intemperismo e associação com outros compostos como metais pesados e herbicidas) pode causar quebras nas ligações C=C, e modificar o espectro gerado pela amostra. Apesar disso, o Raman vem sendo considerado uma das análises mais eficientes para a identificação do tipo de polímero que o fragmento de microplástico é feito.

As partículas de PP identificadas visualmente nesse estudo seriam possivelmente advindas de atividades de pesca realizadas na zona estuarina, uma vez que a atividade pesqueira na área é elevada. Também o PP estar presente em detritos de embalagens de alimentos e bens de consumo (Cavalcante *et al.*, 2020). Além disso, para Yu; Mo; Luukkonen (2021), o PP está entre os polímeros plásticos de maior afinidade por moléculas orgânicas presentes na água deixando clara a sua abundância em espécies estuarinas como visto em *R. Mangle L.*

Estes MPs oriundos de fontes secundárias, de acordo com Schneider (2018), estão associados a ambientes próximos aos rios, lagos e oceanos. Estas partículas secundárias também foram encontradas em sua maioria por Frontelmo (2022), do qual observou que os filamentos são

predominantes tanto no período chuvoso (93,44%) quanto no período seco (82,46%). A coloração destas partículas é citada por Cole *et al.* (2014), como oriundos de fontes de plásticos utilizados em embalagens, roupas e linhas de pesca. Quanto a isso, ao verificar na figura 2, observa-se a presença de plásticos aderidos às raízes de *Rizophora mangle* L do qual as partículas menores (os microplásticos) são originados a partir da sua degradação e se modificaram até apresentarem tamanho reduzido. Visto que o material plástico, apesar de sua elevada durabilidade e resistência, sofre fragmentação quando são expostos a diferentes fatores ambientais como, por exemplo, radiação ultravioleta, mudanças de temperatura, umidade, ação das ondas e do vento que combinados às propriedades do plástico, que desencadeia sua degradação (Olivatto, 2017).

Quanto ao possível impacto vegetal, além da capacidade de interagir com as plantas, os MPs também podem sorver outros poluentes em sua superfície, o que pode gerar aumento da sua toxicidade. Esse mecanismo vai variar de acordo com a área de superfície e a hidrofobicidade do polímero (Endo; Yuyama; Takada, 2013, YIN *et al.*, 2021). Em raízes de *L. Minor* expostas à microplásticos verificou-se por Kalčíková *et al.* (2017) que o comprimento da raiz sofreu redução significativa já nas primeiras 8 semanas de testes que pode ter sofrido estresse mecânico nas raízes e prejudicado seu crescimento. Desta forma, PP e os demais polímeros entram no ambiente principalmente por detritos de embalagens de alimentos, bandejas, recipientes, adesivos, produtos de higiene pessoal, pacotes de uso único e outros produtos de uso doméstico.

4 CONCLUSÃO

A identificação da natureza química dos fragmentos de microplástico coletados em ambientes naturais utilizando o Raman não é fácil devido as possíveis interações com outros compostos presentes no ambiente, que podem causar quebras nas ligações C=C, e modificar o espectro gerado pela amostra. Apesar dessas interações prejudicarem a identificação de parte dos fragmentos, amostras com identidade do espectro acima de 70%, permitem identificar o tipo de polímero e, conseqüentemente, as possíveis fontes de contaminação local.

Portanto, a microscopia Raman é uma ferramenta valiosa na identificação de microplásticos, fornecendo informações químicas detalhadas em escala microscópica. No entanto, ressalta-se a necessidade de considerar suas limitações e complementá-la com outras técnicas analíticas, quando necessário, para uma caracterização completa e precisa dos microplásticos em amostras ambientais.

Agradecimentos e Financiamento

Os autores agradecem ao Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste pela disponibilidade do microscópio Raman e ao CNPq pela disponibilidade da bolsa de capacitação Institucional –PCI.

REFERÊNCIAS

- APG. An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016.
- AUTA, H. S., EMENIKE, C. U., & FAUZIAH, S. H. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. **Environment International**, v. 102, p. 165-176, 2017.
- CRAWFORD, C. B., & QUINN, B. Microplastic pollutants. **Elsevier Limited**. 2016.
- ENDERS, K.; LENZ, R.; IVAR DO SUL, J. A.; TAGG, A. S.; LABRENZ, M. When every particle matters: A QuEChERS approach to extract microplastics from environmental samples. **MethodsX**, v. 7, p. 100784, 2020.
- ENDO, S.; YUYAMA, M.; TAKADA, H. Desorption kinetics of hydrophobic organic contaminants from marine plastic pellets. **Marine Pollution Bulletin**, v. 74, n.1, p. 125-131, 2013.
- FRIAS, J.; P, E. *et al.* Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments. **JPIOceans BASEMAN project**, no. May, p. 33, 2018.
- FRONTELMO, A. G. **Caracterização do microplástico em um trecho do rio Pomba**, Rio de Janeiro, Brasil. 2022.
- GEYER, R., JAMBECK, J. R., & Law, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, v. 3, n. 7, e1700782, 2017.
- HIDALGO-RUZ, V.; GUTOW, L.; THOMPSON, R. C.; THIEL, Martin. Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. **Environmental Science and Technology**, v. 46, n. 6, p. 3060–3075, 2012.
- KALČÍKOVÁ, G. *et al.* Impact of polyethylene microbeads on the floating freshwater plant duckweed *Lemna minor*. **Environmental Pollution**, v. 230, p. 1108-1115, 2017.
- LUUKKONEN, T. Adsorption behaviour and interaction of organic micropollutants with nano and microplastics - A review. **Science of the Total Environment**, M. 797, art. 149140, 2021.
- MOVASAGHI, Z., REHMAN, S., & UR REHMAN, I. Raman Spectroscopy of Biological Tissues. **Applied Spectroscopy Reviews**, v. 45, n. 2, p. 83-134. 2020.
- MUNNO, K.; DE FROND, H.; O'DONNELL, B.; ROCHMAN, C. M. Increasing the Accessibility for Characterizing Microplastics: Introducing New Application-Based and Spectral

Libraries of Plastic Particles (SLoPP and SLoPP-E). **Analytical Chemistry**, v. 92, n. 3, p. 2443–2451, 2020.

SCHNEIDER, I. **Análise quali-quantitativa de microplásticos no sedimento arenoso de praias no Litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, BR-RS, 2018.

SCHWABL, P. *et al.* Detection of Various Microplastics in Human Stool. **Annals of Internal Medicine**, v. 171, n. 7, p. 453-457, 2019.

SHIM, W. J., HONG, S. H., & Eo, S. Identification methods in microplastic analysis: a review. **Analytical Methods**, v. 9, n. 9, p.1384-1391. 2017.

YIN, L. *et al.* Interactions between microplastics/nanoplastics and vascular plants. **Environmental Pollution**, v. 290, p. 117999, 2021.

CAPÍTULO 5

ECOLOGIA TRÓFICA E CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICO EM *ATHERINELLA BRASILIENSIS* (QUOY & GAIMARD, 1825) EM ÁREAS DE MANGUEZAL DO NORDESTE BRASILEIRO



TROPHIC ECOLOGY AND MICROPLASTIC CONTAMINATION IN *ATHERINELLA BRASILIENSIS* (QUOY & GAIMARD, 1825) IN MANGROVE AREAS OF NORTHEASTERN BRAZIL

Cândida Juliana Albertin Santos   

Doutora em Ciências Biológicas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Pesquisadora Bolsista do Programa de Capacitação Institucional (PCI-CNPq), Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil

Guilherme V. B. Ferreira   

Doutor em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Bolsista de Pós-doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Macaé- RJ, Brasil

Erik Bussmeyer   

Graduado em Gestão Ambiental, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). Pesquisador bolsista do Programa de Capacitação Institucional (PCI-CNPq), Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil

Katarina Pinheiro   

Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Pesquisadora bolsista do Programa de Capacitação Institucional (PCI-CNPq), Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil

Mariana Lima   


Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Pesquisadora bolsista do Programa de Capacitação Institucional (PCI-CNPq), Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil

Flávia Lucena Fredou   

Doutora em Modelagem, Centre Of Environmental Fisheries And Aquaculture Sciences (CEFAS) Inglaterra. Professora titular da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife-PE, Brasil

Laureen Michelle Houllou   

Doutora em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA)/USP, Pesquisadora Titular do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, Laboratório de Pesquisas Aplicadas a Biomas. Recife-PE. Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.618 

Resumo: O ecossistema de manguezal é considerado um importante sumidouro de poluição em razão das suas características físico-químicas, sendo a poluição ocasionada por detritos plásticos uma das mais dominantes atualmente. Esses detritos ao se fragmentar ficam reduzidos a partículas microplásticas estando disponíveis e suscetíveis a serem ingeridas pela biota aquática, tornando-se necessários trabalhos que objetivem diagnósticos de tais ecossistemas, utilizando como ferramenta a utilização de organismos como bioindicadores. Dessa forma, objetivou-se analisar a ingestão desses microplásticos em espécies presentes em diferentes manguezais. Para determinar a dieta, foi utilizada a combinação de dois métodos: volume relativo de alimento (VR) e frequência de ocorrência (FO), e para extrair as partículas de plástico, foi utilizado um método de digestão química com hidróxido de potássio (KOH). As partículas selecionadas foram analisadas por espectroscopia Raman. Apesar da composição da dieta de *A. brasiliensis* ter sido heterogênea entre os estuários não houve diferenças na quantidade nem nas características de microplásticos ingeridos. Os resultados confirmam que *A. brasiliensis* é capaz de alterar sua dieta sob diferentes condições ambientais sugerindo que sua dieta poderia ser um indicador útil de mudanças na qualidade ecológica destes e de outros estuários tropicais do Atlântico Sul Ocidental. O presente estudo fornece novas informações sobre a contaminação dos estuários do Rio Goiana e Complexo Estuarino de Santa Cruz e a exposição à microplásticos em *A. brasiliensis*. Assim, contribuindo para um melhor entendimento da qualidade ambiental local com dados que possam subsidiar a gestão protetora das áreas.

Palavras-chave: Ecologia alimentar. Indicador ecológico. Onívoro. Estuário. Polímeros.

Abstract: The mangrove ecosystem is considered an important pollution sink due to its physical and chemical characteristics, with pollution caused by plastic debris being one of the most prevalent today. When this debris breaks down, it is reduced to microplastic particles, which are available and susceptible to being ingested by aquatic biota. This makes it necessary to carry out studies aimed at diagnosing these ecosystems, using organisms as bioindicators. This study aimed to analyze the ingestion of these microplastics by species found in different mangrove swamps. To determine the diet, a combination of two methods was used: relative food volume (RV) and frequency of occurrence (FO), and to extract the plastic particles, a chemical digestion method with potassium hydroxide (KOH) was used. The selected particles were then analyzed by Raman spectroscopy. Although the composition of the diet of *A. brasiliensis* was heterogeneous between the estuaries, there were no differences in the quantity or characteristics of the microplastics ingested. The results confirm that *A. brasiliensis* is capable of altering its diet under different environmental conditions, suggesting that its diet could be a useful indicator of changes in the ecological quality of these and other tropical estuaries in the western South Atlantic. This study provides new information on the contamination of the estuaries of the Goiana River and Santa Cruz Estuarine Complex and exposure to microplastics in *A. brasiliensis*. Thus, contributing to a better understanding of the local environmental quality with data that can support the protective management of the areas.

Keywords: Food ecology. Ecological indicator. Omnivore. Estuary. Polymers.

1 INTRODUÇÃO

Os manguezais estão localizados nas zonas entremarés de regiões tropicais e subtropicais e atuam como importante conexão entre os ambientes marinhos e de água doce, representando 0,5% das áreas costeiras do mundo (Su *et al.*, 2016). Considerado um dos ecossistemas mais produtivos do planeta os manguezais desempenham um papel essencial do ponto de vista ecológico e

socioeconômico fornecendo uma série de bens e serviços à humanidade (Kumar *et al.* 2021). Mas de 90% da produção de alimento marinho está direta ou indiretamente relacionada a esse ecossistema, através de uma intrincada rede de relações entre as espécies de valor econômico e as áreas berçário (Souza *et al.*, 2018).

Embora essas funções estejam bem estabelecidas, esses ecossistemas encontram-se constantemente ameaçados em função da sua proximidade às áreas urbanas e atividades humanas, estando associado à exposição contínua dos contaminantes originados principalmente pelas atividades antrópicas sendo considerado como um importante sumidouro de poluição (Deng *et al.*, 2021). Plásticos, vidro, madeira, entre outros são detritos antropogênicos mais comuns encontrados nas áreas de manguezais (Maharani; Purba; Faizal, 2018). Dentre os resíduos sólidos, o plástico é um dos tipos mais dominantes, representando pelo menos 70% do total de lixo marinho em termos de abundância (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2019).

Os detritos plásticos ao longo do tempo passam por um processo de quebra mecânica ocasionada pela ação das chuvas, ventos, ondas e radiação solar resultando em uma fragmentação em partículas cada vez menores (Barnes *et al.*, 2009). Partículas plásticas menores que 5 mm são classificados como microplásticos (Bank, 2022). Em razão do seu predomínio, persistência, pequeno tamanho e semelhança (visual e olfativa) com organismos aquáticos, os microplásticos são altamente suscetíveis a serem ingeridos por toda comunidade estuarina (Steer *et al.*, 2017).

Os impactos mais estudados quando relacionados aos microplásticos na biota aquática são seus efeitos físicos ocasionados pela ingestão, sendo este relatado para mais de 270 táxons de diferentes níveis tróficos (Silva-Cavalcanti *et al.*, 2017). Entre os animais mais afetados estão os peixes, com relatos de ingestão de partículas microplásticas por diferentes espécies (Mendes *et al.*, 2023).

À medida que os peixes ingerem os microplásticos eles podem se acumular no trato gastrointestinal, causando bloqueios no sistema digestório e reduzindo a alimentação devido à falsa saciedade (Wright; Thompson; Galloway, 2013), podendo ocasionar também supressão do crescimento e redução da sobrevivência dos juvenis (Naidoo; Glassom, 2019); desregulação/perturbação endócrina (Rochman *et al.*, 2014); danos oxidativos ao cérebro e ao fígado, alterações histomorfológicas adversas ao intestino e ao fígado, e até alteração da expressão genética (Romano *et al.*, 2020), que eventualmente leva à diminuição da aptidão e sobrevivência geral das espécies (Naidoo; Glassom, 2019).

Dessa forma, os peixes respondem de diversas maneiras à contaminação por essas partículas microplásticas, pois as diversas espécies podem apresentar respostas diferentes a estressores ambientais, sendo por isso indicada como importante ferramenta de monitoramento

ambiental. Além disso, a ictiofauna apresenta um conjunto de características que as tornam com grande potencial para serem utilizadas como bioindicadores de qualidade ambiental nos ecossistemas aquáticos (Alves *et al.*, 2016). Os bioindicadores são organismos sentinelas que respondem a mudanças em vários níveis estruturais em resposta a estressores presentes no ambiente sendo capazes de fornecer informações necessárias para a análise de risco ecológico e estudos de impacto ambiental (Baptista *et al.*, 2018).

Considera-se que um bioindicador além de apresentar resistência ao agente ao qual está exposto deve também apresentar algumas características, como ocorrência natural em grande abundância; ampla distribuição geográfica; fácil identificação taxonômica; apresentar hábito sedentário ou de baixa mobilidade formando populações fixas a fim de que sua exposição aos contaminantes possa refletir as reais condições da região de estudo e possuir tamanho suficiente que permita à obtenção de material biológico necessário a realização das análises propostas (Bessa *et al.*, 2019).

A espécie *Atherinella brasiliensis*, conhecida popularmente como peixe-rei, domina as assembleias de peixes residentes em águas rasas nos grandes ecossistemas estuarinos do Brasil subtropical e se enquadra nos critérios básicos de seleção de espécies bioindicadoras sendo utilizada como tal em estudos de impacto ambiental (Reis-Filho *et al.*, 2014; Macêdo *et al.*, 2019; Vieira *et al.*, 2020).

Dada a sua grande abundância, esta espécie pode atuar como um importante componente trófico na cadeia alimentar desses sistemas subtropicais, porém apesar de ocupar uma importante posição na cadeia trófica, uma vez que utiliza um grande espectro alimentar e por ser presa de níveis tróficos mais elevados, são poucos os estudos sobre a correlação entre a dieta alimentar e a contaminação por microplásticos de *A. brasiliensis* (Alves *et al.*, 2016; Wenzel *et al.*, 2022).

Em sistemas estuarinos, a dieta dos peixes pode refletir padrões espaciais e temporais de acordo com a variabilidade nas condições ambientais (*e.g.* flutuações físico-químicas e disponibilidade de alimentos) e interações bióticas devido à sobreposição trófica e de nicho. Assim, os peixes estuarinos são geralmente capazes de adaptar a sua dieta de acordo com as mudanças na disponibilidade de presas (Selleslagh; Amara, 2015). Por ser uma espécie com hábitos alimentares generalistas/onívora, espera-se que *A. brasiliensis* exiba a capacidade de consumir diversos itens alimentares disponíveis no ecossistema, sendo capaz de alterar sua dieta sob diferentes condições ambientais (Alves *et al.*, 2016).

Da mesma forma que a sazonalidade é uma variável que influencia nas características ambientais e na disponibilidade de recursos alimentares, ela também reflete na variação da contaminação por microplásticos em todas as estações do ano, principalmente no final do período

de chuva, quando os rios aumentam sua vazão e aumentam sua capacidade de transporte desse poluente, principalmente na porção inferior do estuário e na região costeira (Lima; Costa; Barletta, 2014).

Vale ressaltar ainda que, além do aumento da vazão outros fatores também podem contribuir para o aumento da concentração dessas partículas no período chuvoso, pois o aumento da precipitação pode ocasionar a ressuspensão de microplásticos sedimentados no leito do corpo hídrico, além do escoamento superficial, e das vias terrestres que pode encaminhar os microplásticos para os canais pluviais e estes podem adentrar os corpos hídricos (Wang; Lin; Chen, 2021). A chuva também pode contribuir com o depósito das partículas microplásticas suspensas no ar nas águas dos corpos hídricos tornando a avaliação deste contaminante ainda mais complexa e específica para cada corpo hídrico (Pompêo; Rani-Borges; Paiva, 2022).

A distribuição e abundância de microplásticos nos manguezais são altamente afetadas pelas atividades humanas, pois a proximidade desse ecossistema a áreas urbanizadas, somadas ao tamanho da população destas áreas e às condições hidrológico-sazonais contribui significativamente para o aumento nas concentrações de microplásticos nesse ambiente (Xu *et al.*, 2020). Sendo assim, existe uma grande necessidade de monitoramento e regulação da contaminação de microplásticos, para compreender melhor a fonte e a sazonalidade das entradas deste material, levando em consideração o tipo e tamanho do polímero (Lebreton *et al.*, 2017).

Recentemente, a Organização das Nações Unidas (ONU) priorizou estudos sobre ecologia alimentar e contaminação em espécies ameaçadas de extinção para a conservação de seus habitats, declarando o período 2021-2030 a “Década das Nações Unidas para a Restauração de Ecossistemas” (Waltham *et al.*, 2020). O objetivo desta declaração é reconhecer a necessidade de acelerar a restauração global de ecossistemas degradados para combater a crise do aquecimento climático, aumentar a segurança alimentar, fornecer água limpa e proteger a biodiversidade do planeta.

A Década sobre Restauração de Ecossistemas coincide com a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, que visa reverter à deterioração da saúde dos oceanos (Ryabinin *et al.*, 2019). A falta de dados sobre a ecologia das espécies costeiras e estuarinas bem como a escassez de estatísticas pesqueiras dificultam a tomada de medidas preventivas. Portanto, ações de monitoramento necessitam ser mais eficazes no controle da perda e/ou degradação dos habitats, principalmente nos ambientes berçários, que são essenciais para que as espécies completem seu ciclo de vida (Ferreira; Barletta; Lima, 2019).

Assim, o estudo da ecologia trófica e contaminação por microplástico em *A. brasiliensis* e suas correlações com a sazonalidade é necessário de forma a contribuir com os programas de

biomonitoramento de ingestão de microplásticos para um levantamento em nível de grande escala dessa problemática. Desta forma, estudos que avaliam o impacto da contaminação nos peixes por microplásticos devem ser intensificados para que medidas preventivas e mitigadoras possam ser implementadas.

Diante do exposto, este estudo tem como objetivo descrever a ecologia alimentar e a contaminação por microplásticos em duas áreas de manguezal sob diferentes graus de perturbação antrópica no período da chuva na região nordeste do Brasil e testar se dieta de *A. brasiliensis* possa ser um bom indicador do estado ecológico dos sistemas em que este peixe vive.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O estudo foi conduzido em duas áreas de manguezal localizadas na Ilha de Itamaracá e Reserva Extrativista Acaú-Goiana - PE. O clima é classificado como tropical quente e úmido, com temperatura média anual do ar entre 25 °C a 31°C e duas estações definidas de acordo com o nível de precipitação (estações chuvosas de março a agosto e secas de setembro a fevereiro) (Barletta; Costa, 2009).

A Ilha de Itamaracá situa-se no litoral norte do estado de Pernambuco entre as latitudes 7°41'17.1"S 34°50'54.0"W, separada do continente por um canal de maré com área de 877 km², uma extensão de 22 km, largura máxima de 1,5 km e com profundidade que varia entre 4 a 5 metros, denominado Canal de Santa Cruz (Lira *et al.*, 2017). É nesse canal onde se localiza o Complexo Estuarino de Santa Cruz formado por baías e reentrâncias com predominância de manguezais, que recebem água de uma representativa rede hídrica, da qual dois rios nascem na própria ilha, o Paripe, que deságua no Canal de Santa Cruz e o Jaguaribe, que por sua vez deságua no oceano, sendo considerada uma das áreas estuarinas mais ricas do país em recursos naturais e beleza paisagística (Leitão; Barbosa; Carraro, 2007).

O Canal de Santa Cruz é o estuário de maior produtividade pesqueira de Pernambuco, por apresentar alta produtividade primária e secundária propiciando o desenvolvimento de intensa atividade pesqueira, sendo a economia local da ilha baseada principalmente na pesca artesanal, aquicultura e turismo (De Moura; Candeias; Limongi, 2009).

A Reserva Extrativista Acaú-Goiana é uma Unidade de Conservação (UC) que integra o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza no Brasil – SNUC, instituído pela Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Sua área abrange 6.678,30 hectares, distribuídos em ecossistemas de mata atlântica e seus associados, como manguezais, restingas e ecossistemas marinhos, situados

entre os estados da Paraíba e Pernambuco, abrange os municípios de Caaporã e Pitimbu na Paraíba e Goiana em Pernambuco (ICMBIO, 2018).

A Resex tem por objetivo proteger os meios de vida e garantir a utilização e a conservação dos recursos naturais renováveis tradicionalmente utilizados pelas comunidades incidentes na área de sua abrangência, cuja principal atividade econômica exercida é a pesca artesanal, onde se destacam como beneficiários diretos os pescadores e pescadoras artesanais das comunidades tradicionais de Porto de Congaçari, em Caaporã/PB, Pontinha e Acaú, em Pitimbu/PB, e as comunidades de Carne de Vaca, Povoação de São Lourenço, Tejucupapo e Baldo do Rio, em Goiana, Pernambuco (Nascimento, 2021).

Diversas artes de pesca são utilizadas no estuário (eg. tarrafa, rede de espera, rede de arrasto, curral, covo e mergulho livre com arpão) e a frota pesqueira é composta principalmente de embarcações rústicas movidas à força eólica e pequenos barcos motorizados (Guebert-Bartholo *et al.*, 2011).

2.2 Amostragem e procedimento laboratoriais

As coletas foram realizadas em ambas as áreas entre os meses de maio a julho de 2023, durante o período diurno, utilizando uma rede de arrasto de praia com 12 mm entre nós opostos, 10 m de comprimento por 3 m de altura, sendo definidos cinco lances padronizados e quando necessário realizados lances extras, com o intuito de se obter uma amostra de 30 exemplares da espécie-alvo do estudo para evitar o viés de um tamanho amostral baixo, que é o triplo do número sugerido por Markic *et al.* (2020).

Após a captura (Autorização ICMBio/SISBIO n° 86083-2) os peixes foram eutanasiados por tratamento térmico, em água com gelo (imersão em água com gelo (0°C a 4°C) por 10 minutos até a perda de movimentos operculares, separados em sacos plásticos de Polipropileno contendo etiquetas com informações sobre o local e data de coleta. Após o trabalho de campo, os lotes de peixes foram levados para o laboratório no Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste – CETENE, sendo mantidos congelados até o processamento em laboratório.

Posteriormente foram descongelados a temperatura ambiente, e identificados até o nível mais preciso possível de resolução taxonômica com uso de chaves de identificação (Román, 1977; Araújo *et al.*, 2004; Fischer *et al.*, 2011). Após a identificação, os peixes foram mensurados (comprimento padrão e total) e posteriormente pesados. Em seguida os peixes foram lavados com água destilada filtrada para garantir que quaisquer plásticos aderidos externamente sejam removidos antes da dissecação. Após essa etapa os peixes foram dissecados utilizando-se bisturi, tesoura e pinças de metal, e com uma incisão abdominal foram removidos o trato digestivo, os quais foram

posteriormente pesados em balança analítica e armazenados novamente em tubos de vidro para análise de conteúdo estomacal e digestão química.

2.3 Análise de Conteúdo Estomacal e Extração de Microplásticos

Entre as espécies capturadas, foi selecionada para o estudo a espécie *A. brasiliensis* que se destacou como uma das mais abundantes em ambas as áreas para análise de conteúdo estomacal e digestão química (Figura 1). Um total de 110 exemplares foram selecionados para o estudo. Deste total, 25 exemplares de cada local foram selecionados para análise de conteúdo estomacal e 30 exemplares de cada local foram selecionados para análise de digestão química.

Figura 1 – *Atherinella brasiliensis*, a espécie mais abundante capturada nas duas áreas de estudo.



Fonte: Rocha, 2024.

Inicialmente para a análise do conteúdo estomacal foi realizada uma avaliação visual do grau de repleção do estômago, como utilizado por Goulding *et al.* (1988), atribuindo-se valores percentuais a cada classe de variação do grau de enchimento: 0% –estômago vazio; 10% –apenas resquícios de alimento; 25% – $\frac{1}{4}$ do volume do estômago continha alimento; 50% – aproximadamente metade do volume estomacal apresentava alimento; 75%– $\frac{3}{4}$ do volume continha alimento, e 100%– quando o estômago estava totalmente cheio. Os estômagos foram

analisados individualmente em um estereomicroscópio óptico onde os itens encontrados foram separados e classificados ao menor nível taxonômico possível.

Os estômagos selecionados para análise de digestão química foram submetidos ao Hidróxido de Potássio (KOH) para a extração das partículas de microplástico ingeridas. As amostras (estômagos dos exemplares) foram submersas em solução de KOH 10% e levadas a estufa a 60 °C por 24 horas. Após esse período, foi realizada a filtração da solução em filtros de fibra de vidro (GF/F; poro 0.7 µm; Whatman) com o auxílio de uma bomba de vácuo, que foram cuidadosamente colocados em placas de Petri de vidro, tampados, e levados a estufa a 60 °C por 24 horas para secar.

A quantificação e classificação dos microplásticos foram realizadas com auxílio de estereomicroscópio (ZEISS Discovery.V8 com câmera acoplada) onde as partículas observadas foram separadas, quantificadas, medidas, fotografadas, e classificadas quanto à sua forma: fibra (formato filamentoso), pellets (formato esférico) e fragmentos (formato irregular) e cor e armazenadas em placas de Petri de vidro. Posteriormente, o comprimento de cada partícula foi classificado de acordo com a escala de Bank (2022): macro- (>25 mm), meso- (5–25 mm), micro- (1 µm to 5 mm), e nanoplástico (<1 µm).

2.4 Controle de qualidade e garantia de qualidade

Foram tomadas medidas de controle em laboratório a fim de garantir um controle de qualidade e evitar a potencial contaminação cruzada e contaminação aérea. Dessa forma, durante todas as etapas de extração e degradação da matéria orgânica, foram utilizados jalecos 100% algodão e luvas látex descartáveis. Todos os materiais, equipamentos e bancadas dos laboratórios foram higienizados com etanol 70% filtrado (Filtros GF/F, poro: 0,7µm) e água destilada filtrada, no início e fim de cada dia de trabalho. Além das amostras, a solução de Hidróxido de Potássio (KOH 10%), água destilada, e etanol 70% também passaram pelo processo de filtração antes do uso (Bessa *et al.*, 2019).

Com o intuito de capturar micropartículas que possam contaminar a amostra e superestimar os resultados implementou-se o controle de branco de método para as etapas de degradação das amostras, que consiste em submeter um Becker com a solução de KOH 10% (um controle para cada 10 amostras) submetido ao mesmo protocolo aplicado às amostras. Dessa forma, todas as partículas observadas nos brancos, que apresentaram a mesma semelhança das partículas do trato digestivo dos peixes foram excluídas posteriormente das análises (Bessa *et al.*, 2019). Em relação

aos brancos de procedimento realizados juntamente com as amostras não foi observada contaminação em nenhum dos brancos de ambos os locais estudados.

2.5 Análise de espectroscopia Raman com microscopia confocal

Um subconjunto de partículas de microplásticos foi selecionado aleatoriamente para determinar o tipo de polímero totalizando 20 amostras, 10 amostras referente ao estuário do Complexo Estuarino de Santa Cruz e 10 referentes ao estuário da Resex Acaú-Goiana.

O microscópio Confocal Raman Alpha 300 S (WITec) com excitação de um laser 532 (safira) e 633 nm (estado sólido) foi usado no presente estudo. As medições foram feitas através de uma lente objetiva de 20x (NA 0.4 / WD 3.8 mm). O espectrômetro (UHTS 300) forneceu cobertura espectral de -61 a 3700 cm^{-1} com uma resolução espectral de cerca de 3-5 cm^{-1} (laser 532 nm) e de -61 até 2700 cm^{-1} com uma resolução espectral de cerca de 1-2 cm^{-1} (laser 633 nm). Os valores de potência máxima na saída da objetiva para o laser de 532 nm é de aproximadamente 40 mW e para o laser de 633 nm é de aproximadamente 24 mW, com 25 segundos tempo de integração e 4 acumulações. Além disso, o software OriginPro versão 9.0 (OriginLab, Northampton, MA, USA) foi usado para pré-processar (suavizar, subtrair) os espectros (Anger, 2018).

2.6 Análise dos dados

Para avaliar a composição da dieta e identificar as presas mais importantes foi utilizada uma combinação de dois métodos: volume relativo dos itens alimentares (VR) e frequência de ocorrência (FO%). O volume relativo é calculado pela estimativa da abundância relativa de cada item em relação ao total de alimento em cada estômago, sendo este sempre considerado como 100%. Estes valores foram multiplicados pelo grau de repleção do estômago, de modo a corrigir os erros decorrentes dos diferentes graus de enchimento dos estômagos, conforme Goulding *et al.* (1988) e Ferreira (1993). A frequência de ocorrência é o percentual do número de vezes que um dado item ocorreu, em relação ao total de estômagos com alimento (Hyslop, 1980).

Após a multiplicação da abundância relativa de cada item pelo grau de repleção do estômago, foi feito um somatório referente a cada item (V_i), e em seguida, o somatório do volume de todos os itens ($\sum V_i$), referente ao valor total de alimento contido em todos os estômagos. Posteriormente, o volume relativo dos itens alimentares e frequência de ocorrência foram calculados com o uso das seguintes fórmulas: $VR = (V_i / \sum i) \times 100$, onde: V_i é o volume do item i ;

ΣVi é o somatório dos volumes dos itens i ; $FO = ni/n \times 100$, onde: ni é o número de estômagos com o item i ; n é o número de estômagos com alimento.

Os dados de frequência de ocorrência e volume relativo foram combinados no Índice Alimentar (IA i) proposto por Kawakami e Vazzoler (1980), que permite observar a importância relativa de cada item na dieta dos peixes usando a seguinte fórmula: $IAi = Fi \times Vi / \Sigma (Fi \times Vi)$, onde: Fi é a frequência de ocorrência do item i ; Vi é o volume relativo do item i . O enquadramento das espécies em categorias tróficas foi estabelecido levando em consideração os itens alimentares predominantes na dieta com valores de IA > 50% (Ferreira, 1993).

Os dados referentes ao número e tamanho dos microplásticos ingeridos foram transformados (logarítmico) e testados quanto a sua normalidade (teste de Kolmogorov-Smirnov) e homoscedasticidade (teste de Bartlett). Como os conjuntos de dados não atenderam as premissas dos testes paramétricos, foram aplicados testes de Wilcoxon para determinar se havia diferenças no número e tamanho dos microplásticos ingeridos por indivíduos de *A. brasiliensis* em relação ao Complexo Estuarino de Santa Cruz vs. Estuário do Rio Goiana locais onde foram capturados. Adicionalmente, a análise de PERMANOVA pareada conduzida com 999 permutações foi utilizada para comparar o formato dos microplásticos ingeridos (número de partículas) entre os estuários analisados. Todas as análises foram realizadas usando o R 3.6 (R Core Team, 2020) com um nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição do espectro alimentar

Atherinella brasiliensis foi a espécie mais abundante nos dois ecossistemas amostrados, totalizando 179 exemplares capturados. A abundância foi maior no Complexo Estuarino de Santa Cruz com 122 exemplares, seguida pelo Estuário do Rio Goiana com 57 exemplares capturados. A dieta da espécie foi caracterizada pela análise de 50 estômagos, sendo 25 do estuário do Complexo Estuarino de Santa Cruz e 25 no Estuário do Rio Goiana.

Nos estômagos de *A. Brasiliensis* capturados no Complexo Estuarino de Santa Cruz foram identificados dez itens alimentares: Copepoda; Matéria Orgânica não identificada; Diptera: Pupa de Ceratopogonidae, Hymenoptera, Hemiptera: Heteroptera: Gerridae, Hymenoptera: Figitidae, Insetos Terrestres, Fragmentos de insetos não identificados e Alga filamentosa agrupados em quatro categorias tróficas: Insetos, Microcrustáceos, Algas e Matéria Orgânica e no Estuário do Rio Goiana quatro itens: Hemiptera: Heteroptera: Belostomatidae, Hymenoptera e Coleoptera e

Matéria Orgânica não identificada agrupados em duas categorias tróficas: Insetos e Matéria Orgânica não identificada.

Apenas um item foi comum nos dois estuários, Hymenoptera. No Complexo Estuarino de Santa Cruz o item mais frequente foi Copepoda, com frequência de ocorrência (FO) de 57% e volume relativo (VR) de 49%. No Estuário do Rio Goiana o item mais frequente foram os Insetos com frequência de ocorrência (FO) de 96% e volume relativo (VR) de 70%. O IAi evidenciou que os valores mais representativos foram para os recursos Copepoda (59%), Matéria Orgânica não identificada (25%), Insetos (15%) e Matéria Vegetal (0,5%) e no Complexo Estuarino de Santa Cruz e Inseto (81,5%) e Matéria Orgânica não identificada (18%) no Estuário do Rio Goiana (Tabela 1).

Tabela 1 – Principais itens alimentares consumidos por *A. brasiliensis* no Complexo Estuarino de Santa Cruz e Estuário do Rio Goiana. %FO – Frequência de ocorrência; %VR – Volume relativo; %IAi – Índice Alimentar.

Local	Itens	%FO	%VR	%IAi
Complexo Estuarino de Santa Cruz	Copepoda	57	49	59
	Matéria Orgânica não identificada	52	23	25
	Fragmentos de Inseto	30	22	14
Estuário do Rio Goiana	Hemiptera, Heteroptera, Belostomatidae	96	70	81,5
	Matéria Orgânica não identificada	42	29	17
	Coleoptera	3	10	0,3

Fonte: Autores, 2024.

No presente estudo *A. brasiliensis* alimentou-se principalmente de Copepoda no Complexo Estuarino de Santa Cruz, indicando hábito alimentar planctívoro e Insetos no Estuário do Rio Goiana, indicando hábito alimentar insetívoro, os quais corroboram com o estudo realizado por Wenzel *et al.* (2022) onde também foi identificado os itens Insetos e microcrustáceos nos conteúdos estomacais de *A. brasiliensis* em sistemas estuarinos. Em sistemas estuarinos, a dieta de peixes pode refletir os padrões espaciais e temporais de acordo com a variabilidade das condições ambientais, assim, peixes estuarinos são geralmente capazes de adaptar a sua dieta de acordo com as mudanças na disponibilidade de presas, o que pode ter levado *A. brasiliensis* a consumir em sua maioria itens de origem animal (Selleslagh; Amara, 2015).

Em relação ao grau de atividade antrópica entre os estuários estudados existe uma diferença previamente conhecida, como a expansão das atividades industriais e turísticas na Ilha de Itamaracá, incluindo o elevado crescimento populacional e sobrepesca, que vêm colocando em risco o delicado sistema ecológico-social da região, além da deposição desordenada de resíduos sólidos urbanos, gerado por turistas e moradores locais sendo apontado como um dos mais sérios problemas observados. Porém, segundo levantamento dos impactos ambientais ocorrido na região por Leitão, Barbosa e Carraro (2007) apesar dos diversos impactos observados na região a mesma é relativamente pouco degradada pela ação antrópica, de forma que políticas públicas e o engajamento comunitário podem gerar ações efetivas para sua organização e recuperação.

Em relação a Reserva Extrativista Acaú-Goiana embora tenha sido criada há 16 anos ainda enfrenta a persistência de impactos e conflitos socioambientais históricos. De acordo com o levantamento divulgado por Oliveira (2023) a área da Reserva Extrativista Acaú-Goiana tem sido afetada por um sério processo de degradação ambiental ao longo do tempo, resultado de impactos causados por empreendimentos em diversos setores (como o agronegócio, o setor alimentício e, mais recentemente, o setor automobilístico); à poluição e degradação dos corpos de água da região; o uso inadequado das artes de pesca; sobre-exploração dos locais de pesca; supressão de manguezais e o avanço das plantações de cana-de-açúcar nos limites da reserva. Essas atividades têm gerado externalidades negativas que comprometem a gestão e a conservação dos recursos locais.

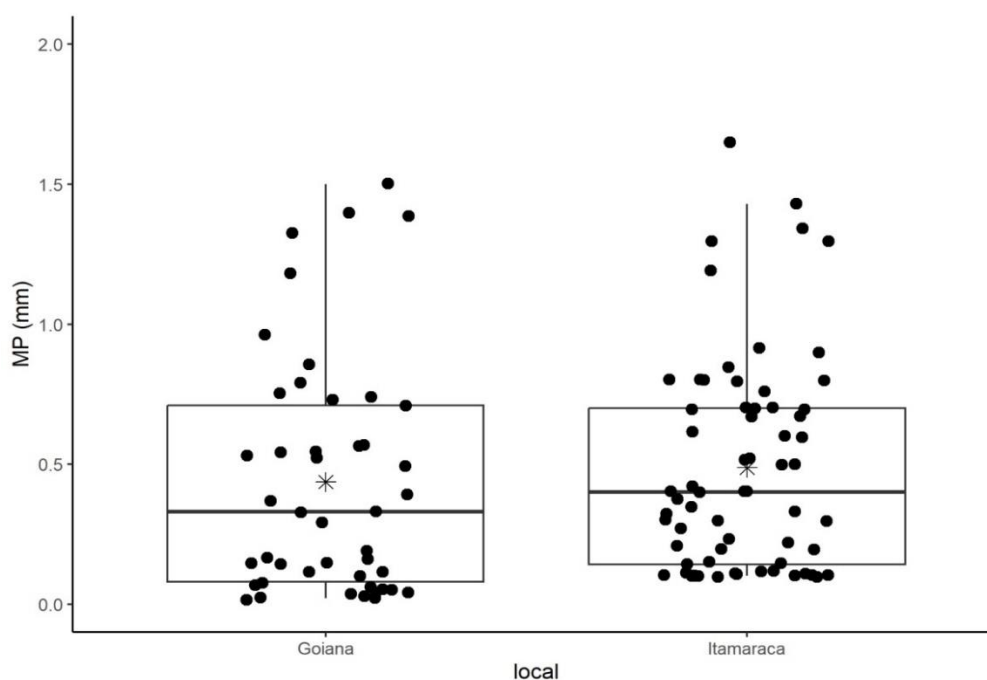
Diante do exposto, esperava-se observar os efeitos dessas mudanças ambientais ocasionados em ambas os estuários estudados na dieta de *A. brasiliensis*, já que essa espécie possui um amplo espectro alimentar, consumindo uma grande variedade de presas (por exemplo, zooplâncton principalmente calanóides, diatomáceas, insetos aquáticos e terrestres e plantas), sendo descrita como uma espécie onívora generalista (Contente; Stefanoni; Spach, 2011) a qual consome amplamente os recursos disponíveis no sistema podendo ser utilizada como indicador da saúde ecológica de um sistema aquático.

Como ambos os estuários sofrem diferentes graus de perturbação antrópica esperava-se que *A. brasiliensis* expressassem essa diferença através de uma dieta menos diversificada e de presas menos uniformemente distribuídas, ou seja, uma maior predominância de espécies tolerantes como presas. O que pudemos observar foi que os peixes do Estuário do Rio Goiana apresentaram uma dieta menos diversificada, com itens menos uniformemente distribuídos entre poucas presas preferenciais quando comparados ao Complexo Estuarino de Santa Cruz.

azul (33,33%), transparente (9,09%) e verde (1,52%) e pellets (4,55%) de cor azul (3,03%) e vermelho (1,52%). As partículas microplásticas apresentaram tamanho médio de 0,48 mm/indivíduo ($\pm 0,38$), onde os fragmentos variaram entre 0,01 a 0,9 mm, as fibras entre 0,01 e 1,65 mm, e pellets com tamanhos de 0,01 mm sendo classificados como microplásticos (Figura 3 e 4).

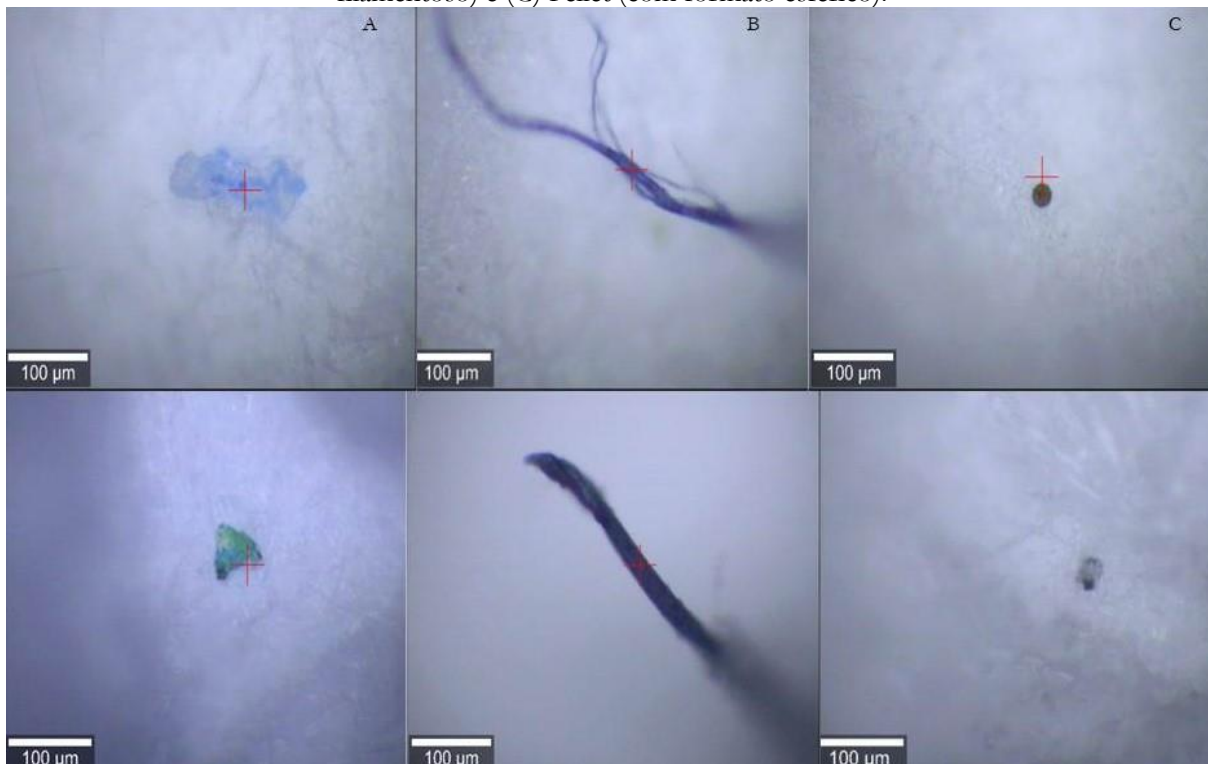
No Estuário do Rio Goiana os microplásticos estavam presentes em 63,67% dos indivíduos analisados. O formato dos microplásticos detectados em *A. brasiliensis* capturados no Complexo Estuarino de Santa Cruz não apresentaram diferenças significativas em relação aos do Estuário do Rio Goiana (*pseudo-F* = 0,561). Os microplásticos do Estuário do Rio Goiana foram classificados como fragmentos (45,28%) de cor azul (32,08%) e vermelho (13,21%) seguidos de fibras (43,40%) de cor azul (32,08%), transparente (3,77%), rosa (3,77%) e vermelho (3,77%) e pellets de cor preta (11,32%). As partículas microplásticas apresentaram tamanho médio de 0,34 mm/indivíduo ($\pm 0,40$), onde os fragmentos variaram entre 0,03 a 1,18 mm, as fibras entre 0,05 e 1,50 mm, e pellets com tamanhos de 0,02 a 0,04 mm sendo classificados como microplásticos (Figura 3 e 4). Adicionalmente, não foram observadas diferenças significativas no tamanho dos microplásticos detectados em *A. brasiliensis* nos estuários avaliados (valor-*p* = 0,184).

Figura 3 – Box-Plot do tamanho médio (asterisco) dos microplásticos (MP) detectados em *A. brasiliensis* capturados no Complexo Estuarino de Santa Cruz (Itamaracá) e Estuário do Rio Goiana (Goiana).



Fonte: Autores, 2024.

Figura 4 – Formatos de microplásticos detectados em *A. brasiliensis* capturados no Complexo Estuarino de Santa Cruz e Estuário do Rio Goiana. (A) Fragmento (com formato irregular); (B) Fibra (formato filamentososo) e (C) Pellet (com formato esférico).



Fonte: Santos, 2024.

Os resultados indicam influência antrópica na dieta de *A. brasiliensis*, uma vez que partículas microplásticas foram encontradas nos estômagos digeridos dos peixes de ambos os estuários. Apesar das especificidades dos ecossistemas avaliados em relação a atividade antrópica, o Complexo Estuarino de Santa Cruz e o Estuário do Rio Goiana apresentaram padrões de contaminação por microplástico muito similares, tanto pela abundância quanto pela composição dos contaminantes, evidenciando a onipresença dos microplásticos nos ecossistemas aquáticos.

Apesar da contaminação por microplástico ser um impacto já estabelecido nos diversos ecossistemas aquáticos e terrestre, as abordagens integradas a esse problema ainda são escassas, ainda mais em se tratando de áreas de mangue e sua ictiofauna. Espécies que utilizam os estuários como área de alimentação são especialmente vulneráveis a contaminação por microplásticos, sobretudo as fibras (Ferreira; Barletta; Lima, 2019), geralmente oriundas de redes e linhas de pesca, fibras sintéticas ou têxteis, já que elas permanecem por mais tempo na superfície da água por causa de suas densidades relativamente baixas, enquanto fragmentos e grânulos com densidades mais altas tendem a afundar (Lie *et al.*, 2018). *A. brasiliensis* domina as assembleias de peixes residentes em águas rasas nos ecossistemas estuarinos (Garcia *et al.*, 2004), sendo assim, por ser um peixe

epipelágico está mais suscetível a apresentar maior potencial de retenção de microplásticos do tipo fibra devido a sua densidade e abundância.

As partículas plásticas existentes no ecossistema podem ser facilmente ingeridas através da alimentação por diversas espécies de organismos de forma direta, devido à sua semelhança com a presa natural em tamanho e/ou cor ou indireta, durante o processo de forrageamento (Naidoo; Thompson; Rajkaran, 2020). Estudo conduzidos em sistemas estuarinos por Naidoo, Thompson e Rajkaran (2020) forneceu evidências de que peixes juvenis que habitam os manguezais estão consumindo quantidades significativas de microplásticos. Eles detectaram que mais de 50% dos 174 peixes juvenis de diferentes espécies associados aos manguezais ingeriram partículas microplásticas, sendo fibras (68%) e fragmentos (21%) as formas mais dominantes, sendo em sua maioria de cor azul.

Além desse, diversos estudos relataram ingestão exclusivamente de partículas microplásticas do tipo fibra e também fragmentos por diversas espécies de peixes marinhos e estuarinos (Dai; Zhang; Zhou, 2018; Ferreira; Barletta; Lima, 2019; Naidoo; Thompson; Rajkaran, 2020; Yona *et al.*, 2022; Sultan *et al.*, 2023), corroborando com os resultados do presente estudo.

Sabe-se que a cor das partículas microplásticas desempenha um papel significativo nas preferências alimentares dos peixes que utilizam sinais visuais na alimentação (Naidoo; Thompson; Rajkaran, 2020). Algumas espécies de peixes marinhos (Ory *et al.*, 2017) e estuarinos (Naidoo; Thompson; Rajkaran, 2020) ingerem principalmente fibras azuis que se assemelham a copépodes e outras presas. Kumkar *et al.* (2021) demonstraram que o comportamento alimentar desempenha um papel substancial na determinação dos tipos de microplásticos ingeridos pelos peixes. Sendo assim, esses fatores podem também ter contribuído para ingestão de fibras e fragmentos azuis, uma vez que *A. brasiliensis* além de se alimentar de copépodes usa de acuidade visual para selecionar suas presas (Contente; Stefanoni; Spach, 2011).

A determinação da composição química dos microplásticos é importância para fornecer informações valiosas sobre a provável fonte da poluição plástica (Robin *et al.*, 2020). O uso da espectroscopia Raman na identificação da composição química dos microplásticos tem muitas vantagens, incluindo baixo danos às amostras, possibilidade de triagem de alto rendimento (ARAUJO *et al.*, 2018) e pequena quantidade de amostra necessária (Collard *et al.*, 2015).

Sendo assim, foram selecionadas 10 amostras referentes ao Complexo Estuarino de Santa Cruz para análise de espectroscopia Raman onde a biblioteca indicou uma probabilidade de 91% dos fragmentos de cor azul ser Poliestireno, as demais partículas plásticas indicaram bandas características de partículas poliméricas, porém devido à alta fluorescência não foi possível obter uma probabilidade significativa em relação ao tipo de polímero, o mesmo foi observado para as 10

amostras referente ao Estuário do Rio Goiana. O poliestireno identificado é um dos tipos de polímeros plásticos mais comumente usados em todo o mundo, mas também um dos componentes primários de detritos plásticos marinhos (Browne; Galloway; Thompson, 2010), sendo usada principalmente na produção de plásticos descartáveis de uso único, medicina, decoração de interiores de automóveis e eletrodomésticos.

4 CONCLUSÃO

Foi identificado que a abundância e as características dos microplásticos ingeridos por *A. brasiliensis* foi semelhante no Complexo Estuarino de Santa Cruz e Estuário do Rio Goiana, apesar da dieta da espécie ter se mostrado muito diferente entre os dois ecossistemas. O presente estudo contribuiu para um melhor entendimento da qualidade ambiental local com dados que possam subsidiar a gestão protetora da área.

Agradecimentos e Financiamento

Este estudo foi desenvolvido em parceria com a Secretaria de Meio Ambiente, Pesca e Aquicultura da Ilha de Itamaracá –SMAPA e com o Laboratório de Estudos de Impactos Antrópicos na Biodiversidade Marinha e Estuarina- Bioimpact da Universidade Federal Rural de Pernambuco que desenvolve pesquisas em parceria com o Laboratório de pesquisas Aplicados a Biomas – LAPAB do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste - CETENE. Agradecemos ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), Brasil, pela concessão de bolsa a nível PCI. A fotógrafa profissional Ana Paula Tavares Vieira Rocha pela captura das imagens da espécie alvo do estudo. A FAPERJ (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro) e FACEPE por conceder bolsas de Pós-doutorado para Guilherme Ferreira (E-26/200.099/2024 e BFP-0107-5.06/21, respectivamente); CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), por conceder uma bolsa de produtividade para Flávia Lucena-Frédou (305014/2016-1).

REFERÊNCIAS

ALVES, N. *et al.* Do different degrees of human activity affect the diet of Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis*? **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 2, p. 1239–1257, 2016. DOI: 10.1111/jfb.13023.

ARAÚJO, C. F. *et al.* Identification of microplastics using Raman spectroscopy: Latest developments and future prospects. **Water Research**, v. 142, p. 426–440, 2018. DOI: 10.1016/j.watres.2018.05.060.

ARAÚJO, M.E.; TEIXEIRA, J.M.C.; OLIVEIRA, A.M.E. **Peixes estuarinos marinhos do nordeste brasileiro**. Guia Ilustrado. ed Universitária, UFPE e EFC, 2004.

BANK, M. S. (org.). **Microplastic in the Environment: Pattern and Process**. Cham: Springer International Publishing, 2022. DOI: 10.1007/978-3-030-78627-4.

BAPTISTA, L. *et al.* **Use of biomarkers to evaluate the ecological risk of xenobiotics associated with agriculture**, v. 237, p. 611–624, 2018. DOI:10.1016/j.envpol.2018.02.011.

BARLETTA, M.; COSTA, M. F. Living and Non-living Resources Exploitation in a Tropical Semi-arid Estuary. **Journal of Coastal Research**, p. 371–375, 2009.

BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A.; COSTA, M. F. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. **Science of The Total Environment**, v. 651, p. 1199–1218, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.276

BARNES, D. K. A. *et al.* Accumulation and Fragmentation of Plastic Debris in Global Environments. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1985–1998, 2009. DOI:10.1098/rstb.2008.0205

BESSA, F. *et al.* **Harmonized protocol for monitoring microplastics in biota**. Deliverable 4.3., 2019. DOI:10.25607/obp-821.

COLLARD, F. *et al.* Detection of Anthropogenic Particles in Fish Stomachs: An Isolation Method Adapted to Identification by Raman Spectroscopy. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 69, n. 3, p. 331–339, 2015. DOI:10.1007/s00244-015-0221-0.

CONTENTE R. F.; STEFANONI M. F.; SPACH H. L. Feeding ecology of the Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) in a sub-tropical estuarine ecosystem. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 91, n. 6, p. 1197–1205, 2011. DOI:10.1017/s0025315410001116.

DAI, Z. *et al.* Occurrence of microplastics in the water column and sediment in an inland sea affected by intensive anthropogenic activities. **Environmental Pollution**, v. 242, p. 1557–1565, 2018. DOI:10.1016/j.envpol.2018.07.131

DE MOURA, A. R. L. U.; CANDEIAS, A. L. B.; LIMONGI, A. L. B. A multi-temporal remote sensing and gis based inventory of the mangroves at itamaracá estuarine system, Northeastern Brazil. **Tropical Oceanography**, v. 37, n. 1-2, 2009. DOI:10.5914/tropocean.v37i1-2.5154.

DENG, H. *et al.* Microplastics pollution in mangrove ecosystems: A critical review of current knowledge and future directions. **Science of The Total Environment**, v. 753, p. 142041, 2021. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.142041

FERREIRA, E. J. G. Composição, distribuição e aspectos ecológicos da ictiofauna de um trecho do rio Trombetas, na área de influência da futura UHE Cachoeira Porteira, Estado do Pará, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 23, n. suppl 1, p. 1–89, 1993. DOI:10.1590/1809-43921993235089.

FERREIRA, G. V. B.; BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A. Use of estuarine resources by top predator fishes. How do ecological patterns affect rates of contamination by microplastics? **Science of The Total Environment**, v. 655, p. 292–304, 2019. DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.11.229.

FISCHER, L. G.; PEREIRA, L. E. D.; VIEIRA, J. P. 2011. **Peixes estuarinos e costeiros**. 2 ed. Rio Grande: Luciano Gomes Fischer, 2004.

GARCÉS-ORDÓÑEZ, O. *et al.* Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 145, p. 455–462, 2019. DOI:10.1016/j.marpolbul.2019.06.058.

GARCIA, A. M. *et al.* Comparison of 1982–1983 and 1997–1998 El Niño effects on the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil). **Estuaries**, v. 27, n. 6, p. 905–914, 2004. DOI: 10.1007/bf02803417.

GOULDING, M.; CARVALHO, M.L.; FERREIRA, E.G. **Rio Negro: rich life in poor water**. SPB Academic Publishing: The Hague, The Netherlands, 1988.

GUEBERT-BARTHOLO, F. M. *et al.* Fishery and the use of space in a tropical semi-arid estuarine region of Northeast Brazil: subsistence and overexploitation, n. 64, p. 398–402, 2011.

HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, v. 17, n. 4, p. 411–429, 1980. DOI:doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x

KAWAKAMI, E.; VAZZOLER, G. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, n. 2, p. 205–207, 1980. DOI: 10.1590/s0373-55241980000200043.

KUMAR, A. *et al.* Mangrove Forests. **Wetlands Conservation**, p. 229–271, 2021. DOI:10.1002/9781119692621.ch12.

LEBRETON, L. C. M. *et al.* River plastic emissions to the world's oceans. **Nature Communications**, v. 8, n. 15611, p. 15611, 2017. DOI: 10.1038/ncomms15611

LEITÃO, S.; BARBOSA J. M.; CARRARO, F. G. P. CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA ILHA DE ITAMARACÁ, PERNAMBUCO. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 2, n. 2, p. 101–111, 2009. DOI: 10.18817/repesca.v2i2.60.

LIE, S. *et al.* Measurement of microplastic density in the Karimunjawa National Park, Central Java, Indonesia. **Indo Pacific Journal of Ocean Life**, v. 2, n. 2, p. 54–58, 2018. DOI: 10.13057/oceanlife/o020203.

LIMA, A. R. A.; COSTA, M. F.; BARLETTA, M. Distribution patterns of microplastics within the plankton of a tropical estuary. **Environmental Research**, v. 132, p. 146–155, 2014. DOI: 10.1016/j.envres.2014.03.031.

MACÊDO, A. *et al.* Estuarine fish assemblages present a species-specific difference in the multixenobiotics resistance activity. **Journal of experimental zoology. Part A, Ecological and integrative physiology**, v. 331, n. 10, p. 530–539, 2019. DOI:https://doi.org/10.1002/jez.2320.

MAHARANI, A.; PURBA, N. P.; FAIZAL, I. Occurrence of beach debris in Tunda Island, Banten, Indonesia. **E3S Web of Conferences**, v. 47, p. 04006, 2018. DOI:10.1051/e3sconf/20184704006.

MARKIC, A. *et al.* Plastic ingestion by marine fish in the wild. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 50, n. 7, p. 1–41, 2019. DOI:10.1080/10643389.2019.1631990

MENDES, D. S. *et al.* Microplastic in mangroves: A worldwide review of contamination in biotic and abiotic matrices. **Marine Pollution Bulletin**, v. 195, p. 115552, 2023. DOI:10.1016/j.marpolbul.2023.115552.

NAIDOO, T. *et al.* Quantification and characterisation of microplastics ingested by selected juvenile fish species associated with mangroves in KwaZulu-Natal, South Africa. **Environmental Pollution**, v. 257, p. 113635, 2020. DOI:10.1016/j.envpol.2019.113635.

NAIDOO, T.; GLASSOM, D. Decreased growth and survival in small juvenile fish, after chronic exposure to environmentally relevant concentrations of microplastic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 145, p. 254–259, 2019. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.02.037.

NASCIMENTO, C. H. D. V. **Conhecimento ecológico local de pescadores da Resex Acaú-Goiana no Nordeste brasileiro: contribuições para a gestão compartilhada ao território pesqueiro.** 2021. 103 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, 2021.

OLIVEIRA, J. P. G. Cogestão da Reserva Extrativista Acaú-Goiana: Análise de 15 anos de êxitos e desafios. **Revista Desenvolvimento Social**, v. 29, n. 1, p. 80–103, 2023. DOI:10.46551/issn2179-6807v29n1p80-103.

ORY, N. *et al.* Low prevalence of microplastic contamination in planktivorous fish species from the southeast Pacific Ocean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 127, p. 211–216, 2018. DOI:10.1016/j.marpolbul.2017.12.016.

POMPÊO, M.; RANI-BORGES, B; PAIVA, T. C. B. **Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções.** Instituto de Biociências: Universidade de São Paulo, 2022.

REIS-FILHO, J. A.; DE ALCÂNTARA SANTOS, A. C. Effects of substratum type on fish assemblages in shallow areas of a tropical estuary. **Marine Ecology**, v. 35, n. 4, p. 456–470, 2014. DOI:10.1111/maec.12102.

ROBIN, R. S. *et al.* Holistic assessment of microplastics in various coastal environmental matrices, southwest coast of India. **Science of The Total Environment**, v. 703, p. 134947, 2020. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.134947.

ROCHMAN, C. M. *et al.* Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. **Scientific Reports**, v. 3, n. 1, 2013. DOI:10.1038/srep03263

ROMÁN, B. **Peces marinos de Venezuela claves dicotomicas de las familias.** Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales la Salle. Venezuela, 1977.

ROMANO, N. *et al.* Differential modulation of oxidative stress, antioxidant defense, histomorphology, ion-regulation and growth marker gene expression in goldfish (*Carassius auratus*) following exposure to different dose of virgin microplastics. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 238, p. 108862, 2020. DOI:10.1016/j.cbpc.2020.108862

SELLESLAGH, J.; AMARA, R. Are Estuarine Fish Opportunistic Feeders? The Case of a Low Anthropized Nursery Ground (the Canche Estuary, France). **Estuaries and Coasts**, v. 38, n. 1, p. 252–267, 2014. DOI:10.1007/s12237-014-9787-4

SILVA-CAVALCANTI, J. S. *et al.* Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. **Environmental Pollution**, v. 221, p. 218–226, 2017. DOI:10.1016/j.envpol.2016.11.068.

SOUZA, C.A.; DUARTE, L.F.A.; JOÃO, M.C.A.; PINHEIRO, M.A.A. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica. *In*: PINHEIRO, M.A.A.; TALAMONI, A.C.B. (Org.). Educação Ambiental sobre Manguezais. São Vicente: UNESP, 2018. Disponível em: https://www.crusta.com.br/biblio/04.Cap%C3%ADtulos/20-educacao_ambiental_manguezais_cap01_biodiversidade_conservacao.pdf. Acesso em: 01 maio 2024.

STEER, M. *et al.* Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel. **Environmental Pollution**, v. 226, p. 250–259, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.062>. Acesso em: 24 jul. 2019.

SU, L. *et al.* Microplastics in Taihu Lake, China. **Environmental Pollution**, v. 216, p. 711–719, 2016. DOI:10.1016/j.envpol.2016.06.036.

SULTAN, M. B. *et al.* Microplastics in different fish and shellfish species in the mangrove estuary of Bangladesh and evaluation of human exposure. **Science of The Total Environment**, v. 858, p. 159754, 2023. DOI:10.1016/j.scitotenv.2022.159754.

SUN, X. *et al.* Ingestion of microplastics by natural zooplankton groups in the northern South China Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 115, n. 1-2, p. 217–224, 2017. DOI:10.1016/j.marpolbul.2016.12.004.

VIEIRA, T. C. *et al.* Evaluation of the bioaccumulation kinetics of toxic metals in fish (*A. brasiliensis*) and its application on monitoring of coastal ecosystems. **Marine Pollution Bulletin**, v. 151, p. 110830, 2020. DOI:10.1016/j.marpolbul.2019.110830.

WALTHAM, N. J. *et al.* UN Decade on Ecosystem Restoration 2021–2030—What Chance for Success in Restoring Coastal Ecosystems? **Frontiers in Marine Science**, v. 7, 2020. DOI:doi.org/10.3389/fmars.2020.00071.

WANG, Z.; LIN, T.; CHEN, W. Occurrence and removal of microplastics in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP). **Science of The Total Environment**, v. 700, p. 134520, 2020. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.134520.

WENZEL, A., FRISCHKNECHT, C. D. C. A.; RIBEIRO, C. I. R. Ecologia alimentar do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (QUOY & GAIMARD, 1825)(ATHERINIFORMES, ATHERINOPSIDAE) em uma área rasa da lagoa mirim, sistema estuarino de laguna, SC. Anais

do 29º SIC UDESC - Seminário de Iniciação Científica, 2022. Disponível em:
https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/10575/21_15657148682526_10575.pdf.

WRIGHT, S. L.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. **Environmental Pollution**, v. 178, n. 178, p. 483–492, 2013. DOI:10.1016/j.envpol.2013.02.031.

XU, S. *et al.* Microplastics in aquatic environments: Occurrence, accumulation, and biological effects. **Science of The Total Environment**, v. 703, p. 134699, 2020. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.134699.

YONA, D. *et al.* Kelimpahan Mikroplastik Pada Insang Dan Saluran Pencernaan Ikan Lontok *Ophiocara porocephala Valenciennes, 1837* (Chordata: Actinopterygii) di Ekosistem Mangrove Dubibir, Situbondo. **Jurnal Kelautan Tropis**, v. 25, n. 1, p. 39–47, 2022. DOI:10.14710/jkt.v25i1.12341




CAPÍTULO 6

RECICLAGEM DO ÓLEO DE COZINHA NA PRODUÇÃO DE SABÃO COMO FERRAMENTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM UMA ESCOLA MUNICIPAL EM CAXIAS-MA


RECYCLING OF COOKING OIL IN SOAP PRODUCTION AS AN ENVIRONMENTAL
EDUCATION TOOL IN A MUNICIPAL SCHOOL IN CAXIAS-MA

Samara Beatriz Marinho Lopes   

Graduada em Ciências Naturais, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Caxias-MA,
Brasil

Deuzuita dos Santos Freitas Viana   

Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP), Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.619 

Resumo: O óleo de cozinha é um produto bastante utilizado mundialmente em residências e estabelecimentos comerciais. Após seu uso, esse produto se torna um resíduo que contamina o meio ambiente quando não descartado da maneira correta, prejudicando o ecossistema. Assim, uma opção viável para reduzir esse problema é por meio de sua reciclagem. O objetivo do trabalho é reutilizar o óleo de cozinha para produção do sabão como alternativa para diminuir a poluição ambiental e sensibilizar a população a preservar o meio ambiente. O projeto foi desenvolvido em etapas, apresentado a uma escola municipal de Caxias-MA e para uma turma do 9º ano, depois foi feita uma sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos, uma palestra sobre Educação Ambiental e a importância da reciclagem do óleo de cozinha, realização de uma oficina para produção do sabão, elaboração de um folder contendo informações sobre os danos que o resíduo pode causar, a importância da sua reciclagem e a maneira adequada de fazer seu armazenamento e fazer seu reaproveitamento. Na última etapa foi realizada uma roda de conversa para destacar a relevância do projeto. Foi possível perceber por meio do projeto que os alunos e a comunidade escolar se sensibilizaram e entenderam porque é importante fazer o descarte correto do óleo residual de cozinha e como podem contribuir para preservação da natureza através da reutilização do resíduo.

Palavras chaves: Reaproveitamento; óleo residual de cozinha; produção de sabão.

Abstract: Cooking oil is a product widely used worldwide in homes and commercial establishments. After use, this product becomes waste that contaminates the environment when not disposed of correctly, damaging the ecosystem. Therefore, a viable option to reduce this problem is through recycling. The objective of the work is to reuse cooking oil to produce soap as an alternative to reduce environmental pollution and raise awareness among the population about preserving the environment. The project was developed in stages, presented to a municipal school in Caxias-MA and to a 9th grade class, then a survey of the students' prior knowledge was carried out, a lecture on Environmental Education and the importance of recycling cooking oil, holding a workshop for soap production, preparing a folder containing information about the damage that waste can cause, the importance of recycling it and the appropriate way to store it and reuse it. In the last stage, a conversation was held to highlight the relevance of the project. It was possible to see through the project that the students and the school community became aware and understood why it is important to correctly dispose of waste cooking oil and how they can contribute to preserving nature through the reuse of waste.

Keywords: Reuse; waste cooking oil; soap production.

1 INTRODUÇÃO

O óleo de cozinha é um item alimentício muito consumido no mundo, podendo ser de origem animal ou vegetal, sendo que o mais consumido é o derivado da soja que é extraído da sua semente, utilizado para o preparo de vários tipos de alimentos, e tendo o Brasil como seu maior produtor. Os óleos ao contrário da água que é uma molécula polar são constituídos por moléculas apolares e orgânicas que não se dissolvem na água. São formados pela reação de esterificação entre

glicerol e ácidos graxos, chamados triglicerídeos, provocando assim, grandes danos a natureza (Vineyard; Freitas, 2014).

O óleo residual de cozinha dentre tantos outros fatores causadores da poluição é também responsável pela contaminação do meio ambiente, seu descarte incorreto agride o solo, a atmosfera e principalmente a água. Seu destino final muitas vezes é o ralo da pia, o solo, rios, causando a contaminação dos lençóis freáticos, ambientes aquáticos e a impermeabilização do solo. Por não se dissolver na água acaba formando uma camada sobre ela que impede a passagem da luz e do oxigênio dificultando assim a vida e o desenvolvimento do sistema aquático. No solo, impede a filtragem da água o que aumenta o risco das enchentes. Além disso, quando acontece sua decomposição feita por algumas bactérias, produz o gás metano que juntamente com o gás carbônico contribui para o aquecimento global (Novaes; Machado; Lacerda, 2014).

Visando reduzir os danos ambientais provocados pelo descarte inadequado do óleo de cozinha algumas alternativas como a produção de tinta, detergente, sabão, ração para animal, glicerina, lubrificantes para motores e o biodiesel foram implementadas para diminuir esse impacto (Veloso *et al.*, 2012). Para a população de modo geral a forma mais fácil é a produção do sabão, uma alternativa bem simples e prática que pode ser feita em casa (Cavalcante, 2020). Além de ajudar o meio ambiente, essa ação pode proporcionar uma renda extra através do reaproveitamento do óleo, que deve ser coletado de maneira correta em recipiente como garrafas pet até chegar na quantidade suficiente para fazer sua reciclagem.

Observando o cenário atual do meio ambiente e os impactos ambientais provocados pelo homem à natureza devido à alta poluição, houve o interesse do desenvolvimento do tema voltado para reciclagem do óleo de cozinha. Um produto que depois de usado pode ser considerado irrelevante, mas é um resíduo bastante perigoso ao meio ambiente causando muitos problemas a natureza e conseqüentemente a qualidade de vida das pessoas e de outros seres vivos. Portanto o presente trabalho tem por objetivo reutilizar o óleo de cozinha na produção do sabão como uma alternativa para diminuir a poluição promovendo a Educação Ambiental em uma escola pública de Caxias-MA.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A grande produção de resíduos gerada pela população vem causando bastante prejuízo ao planeta e conseqüentemente a todos os seres vivos, são muitos os resíduos produzidos sem possuir a destinação correta. A Lei Brasileira Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, define resíduos sólidos como material, substância, objeto ou bem descartado resultado da ação humana, sendo nos estados

sólidos ou semissólidos, como gases em recipientes e líquidos cuja características não permitem seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos d'água (Brasil, 2010).

Os resíduos sólidos são resultados do consumo da população, podendo ser de inúmeras origens e por isso devem possuir uma destinação correta, caso contrário, podem provocar danos ao meio ambiente a longo prazo. Assim, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) propõe esclarecer e organizar a forma mais eficaz de promover uma boa conduta dos indivíduos para que estes possam pôr em prática a maneira correta de descartar os resíduos produzidos (Brasil, 2010). E com o crescimento populacional cada vez maior a humanidade está gerando mais resíduos e por conta do seu destino final ser inadequado as consequências se tornam inevitáveis.

O óleo residual de cozinha pode parecer pouco ofensivo, mas é um grande poluidor, assim como outros demais resíduos, pois ele contamina elementos essenciais que o ser humano precisa para sobreviver. Principalmente a água, elemento essencial para a vida na terra, sua contaminação prejudica não somente a qualidade de vida dos seres humanos como também de outras espécies. Além disso, quando descartado no solo torna seu uso impróprio para cultivo (Santos, 2018).

O óleo de cozinha usado ao ser reaproveitado diminui a poluição da natureza, também contribui economicamente na renda do indivíduo, pois a partir de sua reciclagem pode derivar em produtos que podem ser comercialmente fabricados e vendidos como sabão, biodiesel, ração animal e tintas. Sabe-se que a destinação desse resíduo em sua maioria não é feita de maneira correta, sendo jogado no ralo das pias que vai parar nos esgotos e misturado com outros resíduos os entopem, e conseqüentemente causa as enchentes, gerando prejuízos à população (Silva, 2013).

A reciclagem é um processo transformador, não só no sentido físico e químico, mas também ambiental e social, pois além de ser benéfico ao meio ambiente, também faz com a sociedade reflita sobre suas atitudes, busque novos caminhos e evolua para ser um cidadão melhor e consciente. A reciclagem é definida pela Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 como “processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos [...]” (Brasil, 2010, cap. II. art. 3º. inc. XIV).

A Educação Ambiental pode ser compreendida como uma ferramenta no qual a população procura desenvolver valores sociais, transformar seus hábitos, adquirir conhecimentos e competências em prol de um bem comum que é a conservação do meio ambiente, para que assim, possa usufruir de uma vida mais duradoura e saudável (Brasil, 1999).

Ventura e Sousa (2010, p. 14), afirma que “Em um terreno altamente político e ideológico, a Educação Ambiental surgiu como proposta ao enfrentamento dessa crise através da articulação entre as dimensões social e ambiental”. Apesar de a sociedade ser altamente capitalista, a

preocupação com a crise ambiental permitiu inserir novos meios que ajudassem a combater esse problema que depende muito da mudança no comportamento do indivíduo, suas atitudes e a construção de novos valores que permitem a conscientização, e assim buscar estratégias para a preservação do meio ambiente.

A Educação Ambiental vem se tornando de grande importância para o mundo, pois além de discutir questões sobre a degradação ambiental ela também está voltada para sensibilização dos indivíduos a mudar seus hábitos e sua forma de pensar. Desse modo, documentos e legislações tantas internacionais quanto brasileiras foram desenvolvidas para dinamizar ainda mais sobre sua dimensão (Aguilar *et al.*, 2017).

Levando em conta a preocupação com o meio ambiente a Organização das Nações (ONU) promoveu a primeira conferência internacional para debater as questões ambientais. Na conferência de Estocolmo realizada em 1972, Sampaio (2011, p. 9-10) diz que a reunião “atenta à necessidade de um critério e de princípios comuns que ofereçam aos povos do mundo inspiração e guia para preservar e melhorar o meio ambiente”. Desse modo, fez-se necessário discutir pontos importantes e de interesses entre vários países visando o bem comum de todos, uma vez que a questão ambiental e as consequências causadas pela ação ruim do ser humano gera danos não somente a quem faz, mas a todos.

Segundo Dias (2003), a Educação Ambiental é uma aprendizagem contínua que busca promover conhecimentos e habilidades, refletindo sobre as ações humanas e as novas práticas que devem ser estimuladas para promover a mudança e ainda motivar a novos hábitos voltados a sustentabilidade. A Educação Ambiental passou a ser, portanto uma questão fundamental com o intuito de sensibilizar as pessoas a terem novos hábitos que promovesse a preservação do meio ambiente. E principalmente as grandes potências mundiais, que são os países mais desenvolvidos e que mais contribuem para degradação do meio ambiente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma escola pública da rede municipal na cidade de Caxias-MA, cuja modalidade de ensino oferecido é o Ensino Regular, com o Ensino Fundamental - Anos Finais 6º ao 9º ano. O projeto foi aplicado em etapas no turno vespertino com 20 (vinte) alunos do 9º ano, e trabalhado de forma teórica e prática para melhor obtenção de resultados.

Etapas para a execução do projeto:

1ª – Foi apresentado à direção da escola para obter a aprovação e, então dá início ao seu desenvolvimento.

2ª – O projeto foi apresentado para a uma turma, onde foi explicado como aconteceria todo o seu processo.

3ª - Foi feita uma sondagem com os alunos relacionado ao meio ambiente, reciclagem, Educação Ambiental, óleo de residual de cozinha e produção de sabão, com o objetivo de fazer um levantamento sobre seus conhecimentos prévios.

4ª - Realização de uma palestra abordando a Educação Ambiental e a importância da reciclagem do óleo de cozinha com o intuito de motivar, informar e discutir esses temas, despertando dessa forma o interesse dos estudantes.

5ª - Foi realizada uma oficina mostrando como o resíduo deve ser usado para produzir o sabão em barra, com objetivo de ensinar os alunos a fazer o processo para depois replicá-lo em casa. Os materiais utilizados nessa etapa foram: um balde, um pedaço de madeira para misturar todos os ingredientes, água, soda cáustica também conhecida como (potassa), óleo de cozinha usado, detergente e um recipiente para colocar a mistura.

6ª - Foi elaborado um folder sobre os efeitos da poluição do óleo residual de cozinha ao meio ambiente, a importância da sua reciclagem, a forma correta de fazer seu armazenamento e como deve ser feita sua reutilização para produção de sabão para melhor divulgação do projeto.

7ª - Para concluir o projeto foi feita uma roda de conversa sobre o trabalho que foi realizado, e como ele pode contribuir para sensibilizar as pessoas a reutilizar o óleo de cozinha para a produção de sabão, reduzindo a poluição ambiental. Foi apresentado aos alunos o resultado do sabão que foi produzido durante oficina e distribuído os folders.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Na avaliação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o Meio Ambiente, Educação Ambiental, reciclagem do óleo de cozinha e a produção de sabão ficou evidente que os alunos não possuem muito conhecimento sobre os temas abordados.

4.1 Sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos

Em relação à Educação Ambiental (Figura 1) nota-se que todos têm conhecimento do papel que o meio ambiente exerce na vida dos seres vivos, e que essa preocupação é o primeiro passo para mudar certas atitudes e cuidar melhor da natureza e de seus recursos. Percebe-se também que todos sabem da importância da Educação Ambiental como uma ferramenta para nortear os caminhos que devem ser percorridos para que o indivíduo tenha uma boa relação com o meio ambiente e trate as questões ambientais com seriedade.

Para Dias (2003), através da Educação Ambiental as pessoas são estimuladas a refletir sobre as questões ambientais e mudar seu comportamento com relação à natureza. Ressalta que essa aprendizagem deve ser constante, pois o conhecimento adquirido por meio da Educação Ambiental é muito importante para manter o equilíbrio entre o ser humano e o meio ambiente, ajudando na preservação dos recursos naturais.

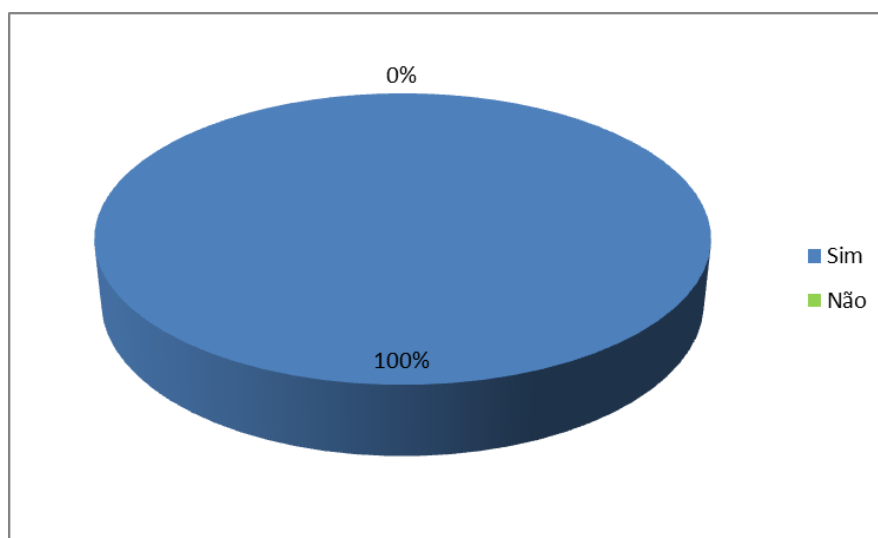
É esperado que esses estudantes continuem a terem essa percepção do quão essencial é ter essa consciência ambiental e social, para que através dos bons hábitos a relação com meio ambiente seja amigável.

Bortolon e Mendes (2014) reforçam que na escola o estudo sobre a Educação Ambiental precisa ter início com a averiguação dos conhecimentos prévios dos estudantes para que relacionem as questões ambientais com as ações da sociedade, fazendo uma análise crítica para promover a mudança em relação à natureza.

Conforme Aguiar *et al.* (2017), a educação formal é indispensável para a formação de cidadãos que irão contribuir para o desenvolvimento de uma sociedade melhor. Sendo que, existem outras formas de promover a educação sem ser necessariamente na escola. Assim, a Educação Ambiental para ser eficaz precisa ultrapassar a sala de aula e chegar a até a realidade social, para por em prática o conhecimento adquirido a partir da consciência que foi desenvolvida, mas isso ainda é um grande problema podendo ter vários motivos, sendo um deles o interesse ou não.

Silva (2013), explica que a Educação Ambiental é muito importante no processo de informar a população sobre os assuntos ambientais, pois dessa forma o indivíduo toma conhecimento do que é reciclável ou não.

Figura 1 – Importância da Educação Ambiental.



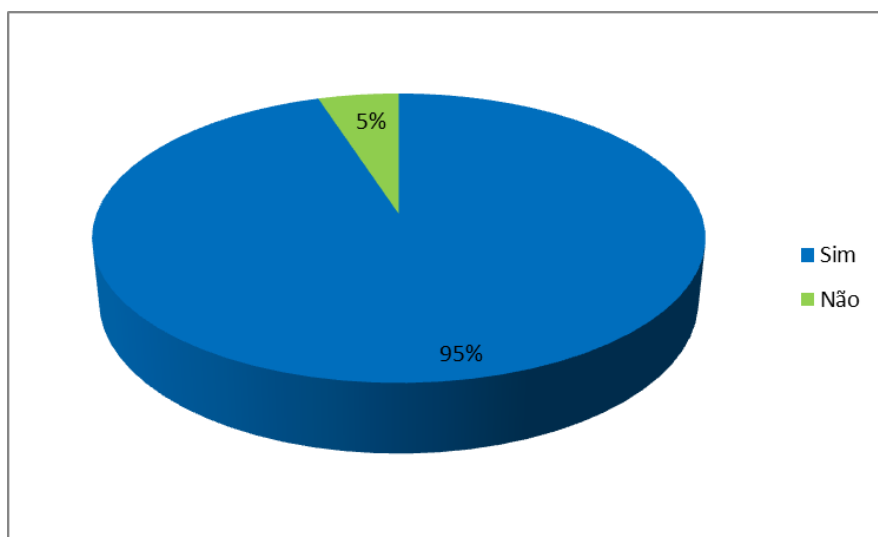
Fonte: Autores, 2023.

A Figura 2 mostra que 95% dos alunos sabem o que é reciclagem, o que corresponde a 19 (dezenove) alunos dos 20 (vinte) envolvidos na sondagem. Ao terem noção da importância do que a reciclagem faz, podem colaborar cada vez mais se envolvendo em projetos ou fazendo sua parte em individual mudando seus hábitos e também podendo motivar quem está ao seu redor a fazer o mesmo contribuindo com a sociedade e com o meio ambiente.

De acordo com Fonseca (2013), a reciclagem é um recurso viável que contribui de maneira significativa para a preservação do planeta, pois por meio dessa ferramenta diminui a extração dos recursos naturais e o acúmulo de lixo que causa tantos problemas. É muito importante conscientizar a população para que mudem suas atitudes e façam a diferença, mesmo que em pequenos passos, pois embora sejam pequenos, quando realizados frequentemente se torna mais fácil de o indivíduo se acostumar a fazê-lo.

É importante destacar que por meio da reciclagem, além de seus inúmeros benefícios à natureza ela também contribui com a economia do país, pois gera emprego direta ou indiretamente em inúmeras atividades. Na Conferência da ECO-92 foi discutida a importância das associações de catadores de lixo como cooperadores para diminuir os problemas ambientais e também como fonte de renda para pessoas mais vulneráveis (Campos *et al.*, 2009).

Figura 2 – Conhecimento sobre reciclagem.

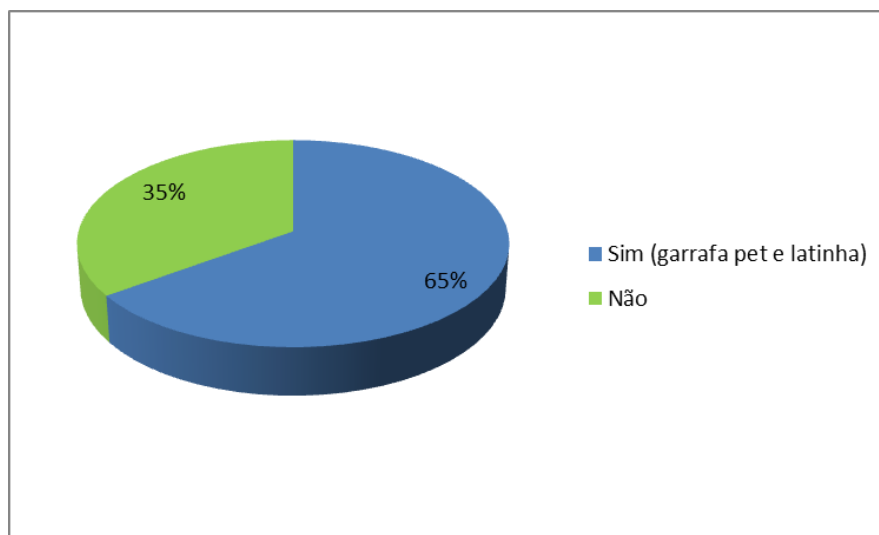


Fonte: Autores, 2023.

Sobre ter reciclado algum tipo de resíduo ou fazer isso com frequência (Figura 3) a maioria dos alunos responderam que "sim", sendo o mais comum serem garrafas pet e latinhas. São muitos os materiais que podem ser reciclados, mas ainda existem muitos outros que podem reaproveitados que a população desconhece, como é o caso do óleo de cozinha.

O óleo residual de cozinha é considerado um resíduo sólido, por se tratar de uma substância resultante da atividade humana, cujo descarte não pode ser feito na natureza por ser um resíduo nocivo e necessita de uma destinação correta para não contribuir com os danos ambientais (Brasil, 2010).

Figura 3 – Reciclagem de resíduos sólidos.

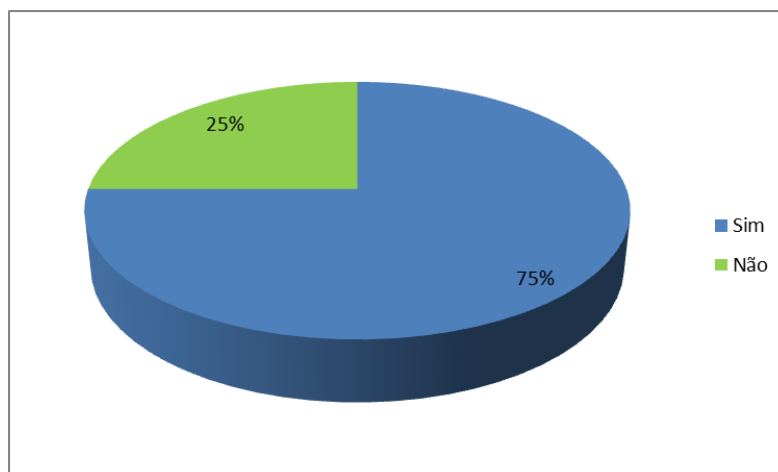


Fonte: Autores, 2023.

Apesar de que, o óleo de cozinha não ser muito explorado no meio da reciclagem, é bem significativo a maioria dos alunos saberem que esse produto utilizado diariamente pode ser reaproveitado, como ilustra a (Figura 4). O óleo de cozinha é bastante usado tanto nas residências quanto em vários estabelecimentos comerciais (Rodrigues; Coutinho; Silva, 2010), isso faz com que a produção desse resíduo seja muito grande, por isso é tão importante a população saber que ele pode ser reciclado e que, quando descartado de forma errada prejudica o meio ambiente, causando um desequilíbrio no ecossistema.

E para amenizar esses impactos causados pelo seu descarte indevido é que entra a reciclagem, uma importante ferramenta que contribui para minimizar o problema por meio da produção do sabão em barra, além de outros produtos como tintas, biodiesel, glicerina e até ração para animal (Idalino; Costa; Silva, 2021).

A produção de resíduo é gerada por qualquer atividade que o ser humano faça. Com o crescimento populacional e o consumo cada vez maior, só aumenta a quantidade de resíduos sólidos produzidos pela sociedade, como consumo do óleo de cozinha. Logo, ao usar a reciclagem para reintroduzi-los na cadeia de produção reduz a produção do lixo e diminui a poluição ambiental (Soares; Alencar, 2019).

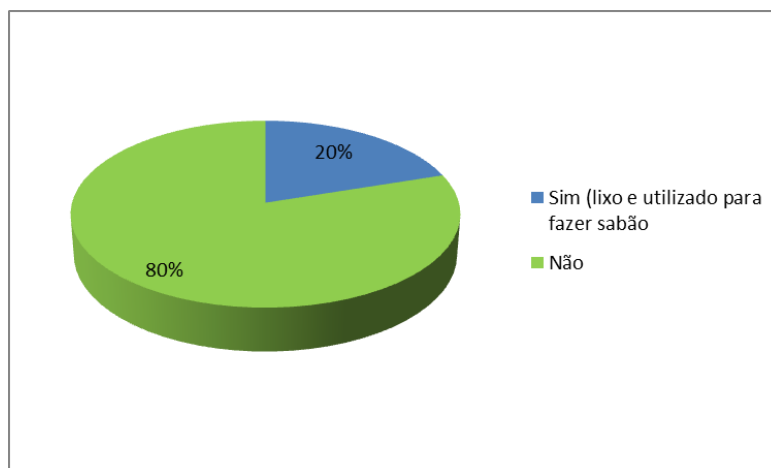
Figura 4 – Reciclagem do óleo de cozinha.

Fonte: Autores, 2023.

Rodrigues, Coutinho e Silva (2010) destacam que muitas residências não destinam de maneira correta o óleo usado, despejando no ralo das pias, no lixo comum ou mesmo diretamente no solo. Relacionando essa afirmação do autor com a questão (Figura 5), é de se esperar que mesmo grande parte dos alunos relatarem que não sabe qual destino final desse resíduo faz sentido supor que o óleo usado produzido em suas casas não possui um descarte adequado. Essa situação é preocupante, visto que, esse produto é utilizado praticamente todos os dias, e os alunos não terem a curiosidade de se questionar para onde vai esse material leva ao grande interesse da questão que é fazê-los refletir e mudar seus comportamentos e atitudes. A outra minoria dos alunos falou que o resíduo vai para o lixo ou é usado para produzir o sabão.

A reciclagem do óleo de cozinha precisa entrar mais em pauta, pois não só esses alunos, mas também muitas outras pessoas não sabem ou não ligam para onde vai esse resíduo, por isso é tão importante esse processo de sensibilização para mudar e melhorar esse tipo de pensamentos e atitudes das pessoas.

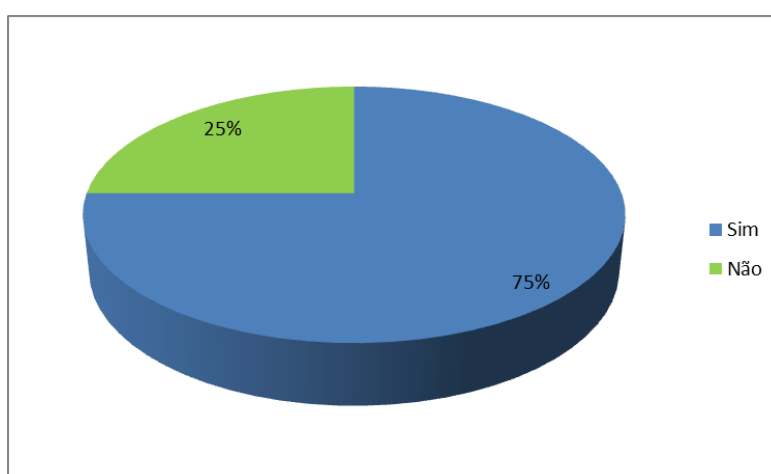
Devido às mudanças químicas e físicas do óleo de cozinha após o seu uso, torna-se mais difícil e perigoso a saúde a sua reutilização para o preparo de alimentos. Então, esse resíduo é “jogado fora” de maneira indevida poluindo a natureza (Veloso *et al.*, 2012).

Figura 5 – Destino final do óleo residual de cozinha.

Fonte: Autores, 2023.

Ao serem questionados sobre o armazenamento do óleo derivado das frituras 15 (quinze) dos 20 (vinte) alunos disseram que o armazenamento é feito. Pode-se notar que existe uma contradição com a questão anterior, onde a maioria falou que desconhece o destino final desse resíduo. Isso mostra que os estudantes não sabem exatamente o que acontece de fato com esse óleo usado.

Sobre a maneira correta de armazenar o óleo usado em seu trabalho Silva (2013), relata que, o seu descarte deve ser feito em uma vasilha fechada, como garrafas pet. Salienta também que há uma desvantagem nesse método, pois sendo armazenado dessa forma e não possuir um transporte adequado, ao ser descartado junto ao lixo domiciliar pode correr o risco de danificar o recipiente e vaziar o resíduo.

Figura 6 – Armazenamento do óleo usado.

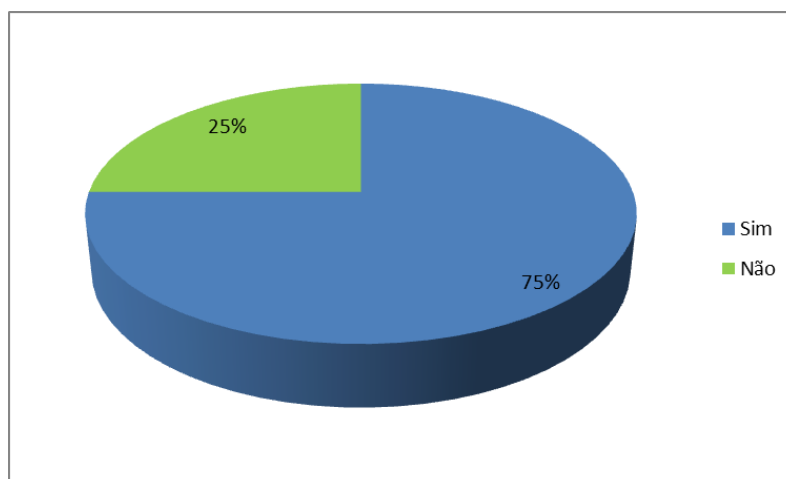
Fonte: Autores, 2023.

De acordo com as respostas dadas pelos alunos o que corresponde aos 75%, a maioria acha que quando descartado de forma inadequada o óleo residual de cozinha pode danificar o meio ambiente, o que está totalmente certo. Os 25% restante acham que não causa danos, o que não é verdade, pois esse resíduo é bastante perigoso para o meio ambiente, podendo provocar um enorme desequilíbrio na natureza. Por isso é tão importante informar e procurar sensibilizar a sociedade para que se atente aos riscos que esse resíduo pode causar.

Sobre isso, Novaes, Machado e Lacerda (2014), comenta que ao ser despejado em locais inapropriados esse resíduo contamina o solo, a atmosfera e água, induzindo a vários problemas que prejudicam a qualidade de vida das pessoas, contribui para os entupimentos das redes esgotos, o que leva as enchentes e também afeta a vida dos animais aquáticos.

Dias (2020), ainda reforça que o resíduo se mistura com matérias orgânicas, ocasionando mau cheiro, atrai pragas e insetos trazendo risco à saúde. Por ser um material orgânico, sua decomposição também produz o gás metano contribuindo para as alterações climáticas do planeta. Além disso, acaba gerando mais custo para o tratamento da água e a manutenção dos esgotos entupidos. O óleo residual de cozinha é um grande poluidor, 1 (um) litro desse resíduo pode contaminar 1.000.000 (um milhão) de litros de água (Sousa; Morais, 2014).

Figura 7 – Danos ambientais causado pelo descarte inadequado do óleo residual de cozinha.



Fonte: Autores, 2023.

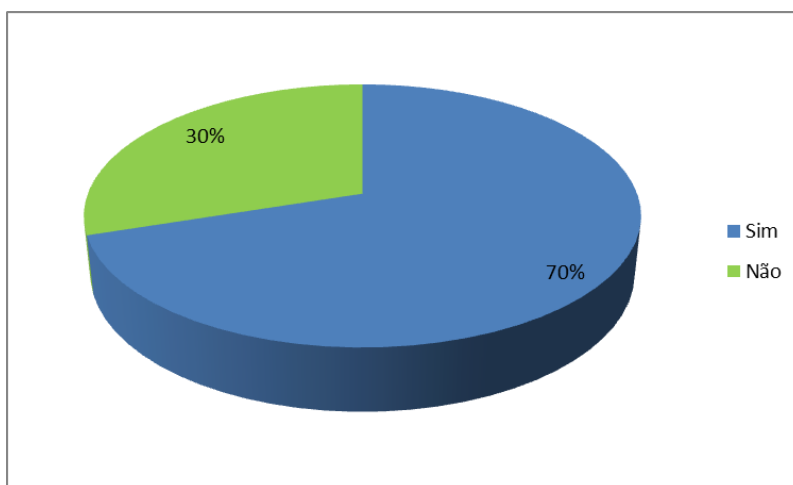
Sobre a reutilização do óleo de cozinha para produzir sabão grande parte dos alunos afirmaram que sabiam que o resíduo poderia ser usado para produzir o produto. Quanto a isso Alves e Araújo (2016), reforça que essa prática é uma boa opção para reaproveitamento do óleo de cozinha, pois além de ser uma alternativa simples e sem muito custo também pode gerar uma renda extra.

Tal verificação mostra que os estudantes tem conhecimento sobre a importância do reaproveitamento do resíduo e reforça a ideia de que eles mesmos podem fazer esse processo em casa, pois se trata de uma receita simples que além de ajudar o meio ambiente não despejando inadequadamente esse resíduo na natureza também ajuda economicamente em casa, já que irá produzir próprio sabão e não precisará comprar. Aos que não sabiam desse processo de reutilização é que entra a relevância do projeto para levar informações e sensibilizá-los a terem novos hábitos a favor do meio ambiente.

O processo de fabricação de sabão é um procedimento muito antigo que acontece por meio da saponificação também chamada de hidrólise dos glicérides (Veloso *et al.*, 2012). O reaproveitamento do óleo residual de cozinha para a produção do sabão ecológico busca estimular as pessoas a fazer sua reciclagem, destacando a importância de fazer o descarte desse resíduo corretamente (Sousa; Morais, 2014).

Analisando os dados obtidos através da sondagem é notório que existe uma preocupação com o meio ambiente, mas que é preciso reforçar ainda mais assuntos relacionados à Educação Ambiental nas escolas, estimular esses estudantes desde cedo a preservar a natureza formando cidadãos mais conscientes. Deve-se também salientar ainda mais sobre a importância de armazenar o óleo residual de cozinha para ser reutilizado, visto que essa atitude ajuda a diminuir os impactos ambientais provocado pelo descarte inadequado desse resíduo que é tão prejudicial.

Figura 8 – Reutilização do óleo de cozinha para produzir sabão.



Fonte: Autores, 2023.

4.1 Palestra sobre Educação Ambiental e a importância da reciclagem do óleo de cozinha

Os alunos foram bem participativos na palestra sobre Educação Ambiental e reciclagem, e se mostraram curiosos em saber mais sobre os temas. Nessa etapa puderam associar as informações que estavam sendo repassadas com a sua realidade, fazendo uma reflexão sobre suas atitudes.

Araújo *et al.* (2018), relata que as palestras despertam o interesse dos estudantes os motivando a partir desse diálogo e interação a compartilharem suas ideias e opiniões. Dessa forma as palestras se tornam um meio bastante viável de aproximação entre o conhecimento e o aluno, por se tratar de uma via de mão dupla onde ambas as partes se beneficiam por trocarem seus conhecimentos e experiências.

4.2 Oficina para a produção do sabão

Dando sequência ao desenvolvimento do projeto foi feita uma oficina para os alunos aprenderem na prática como é produzido o sabão reutilizando o óleo residual de cozinha. Dessa maneira os estudantes puderam aprender a fazer todo o processo da produção para que assim pudessem replicar em casa ou ensinar aos amigos, vizinhos ou familiares. Além disso, através desse método os alunos poderão explicar e levar informações a essas pessoas sobre o porquê de fazer tal processo de fazer o próprio sabão com óleo usado de casa, os alertando sobre a questão ambiental e a preservação do meio ambiente, levando esse aprendizado para além da sala de aula envolvendo a sociedade nessa sensibilização.

Trabalhar teoria e prática possibilita o aluno a aplicar os conhecimentos que aprendeu. No que diz respeito a reciclagem do óleo de cozinha poderá identificar e refletir sobre o ciclo desse produto usado no cotidiano, estabelecendo uma ligação com sua realidade. Com isso, as escolas desempenham um importante papel de despertar o interesse dos alunos e provocar mudanças em seus comportamentos que contribuam para o desenvolvimento de uma sociedade mais conscientizada (Alves; Araújo, 2016).

Paviani e Fontana (2009), acrescentam que as oficinas é uma maneira de construir conhecimento no processo de agir utilizando a teoria. Nesse método acontece a apropriação da construção do conhecimento, onde a ação e a reflexão irão se sobressair no processo de aprendizagem, sendo o professor mediador e o aluno autor do seu próprio conhecimento. Além disso, as oficinas também proporcionam o desenvolvimento de trabalho em equipe promovendo a interação entre os participantes.

Figura 9 – Processos da produção do sabão.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Figura 10 - Resultado do processo.



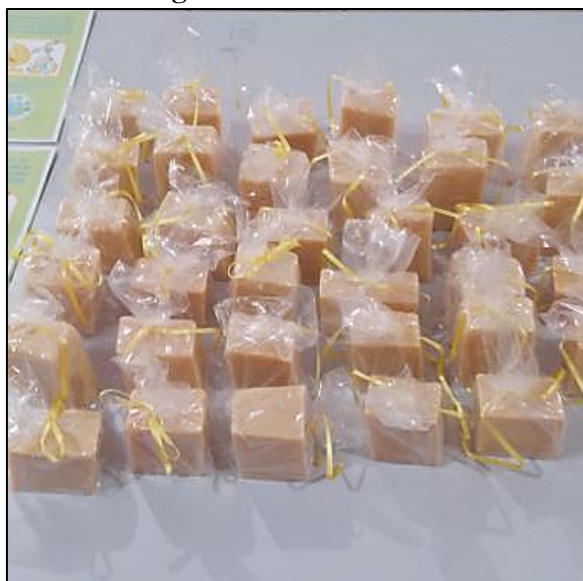
Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

4.3 Realização da roda de conversa

Para finalizar o trabalho e estimular a participação dos alunos sobre o que acharam do projeto e sua importância, foi elaborada uma dinâmica para que todos pudessem interagir e dar sua opinião. Foram sorteadas perguntas, onde cada aluno fez pergunta para a um colega de modo que todos pudessem expressar seu ponto de vista. Foi levado para os estudantes as amostras do sabão em barra que foi produzida na oficina que foi realizada (Figura 11), além dos folders sobre os danos ambientais causados pelo descarte incorreto do óleo de cozinha, a importância da sua reciclagem, a forma correta de armazenar esse resíduo e a receita de como produzir seu próprio sabão (Figura 12). Ainda durante a roda de conversa alguns alunos relataram que algum parente já fazia a reutilização do óleo para produzir o sabão.

As rodas de conversas permitem que os participantes manifestem suas ideias, opiniões, impressões e teorias sobre determinado tema. Essa interação favorece a reflexão do objeto de pesquisa possibilitando novos aprendizados a todos os envolvidos, inclusive ao mediador da conversa. Os participantes são instigados a expressar sua opinião sem se preocupar delas convergirem ou não, provocando desse modo o debate (Melo; Cruz, 2014).

O projeto da reciclagem do óleo de cozinha promove mudanças sociais, econômicas e sustentáveis. Ao esclarecer aos alunos e a comunidade escolar sobre os efeitos indesejados que esse resíduo provoca pelo seu descarte inadequado, desperta o interesse e o aprendizado sobre o assunto, abrindo caminhos para a conscientização ambiental. Permite que o indivíduo produza seu próprio sabão, podendo criar seu próprio negócio e assim gerar uma fonte de renda. Contribui ecologicamente para a preservação do planeta, pois o resíduo não será mais despejado em locais impróprios prejudicando o meio ambiente e a população, e sim reutilizado para outros fins por meio de sua reciclagem (Sousa; Morais, 2014).

Figura 11 – Barras de sabão.

Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Figura 12 – Folders.

Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do projeto foi possível informar e discutir a importância da Educação Ambiental e da reciclagem do óleo de cozinha no processo de mobilizar a comunidade escolar a mudar seus comportamentos e atitudes voltado à preservação do meio ambiente. Incentivou a reutilização do resíduo para a produção de sabão como uma alternativa de amenizar os danos ambientais,

reduzindo a poluição ocasionada pelo seu descarte irregular. Através da sondagem dos conhecimentos prévios dos estudantes constatou-se que tinham pouca familiaridade sobre os temas abordados. Por isso a importância de trabalhar as questões ambientais para auxiliar e sensibilizar na preservação da natureza.

Durante o desenvolvimento do projeto os alunos relataram o que já sabiam sobre os assuntos e aprenderam mais informações sobre essa ação ambiental. Aprenderam a reutilizar o óleo residual de cozinha para a fabricação de sabão mediante a aula prática que foi realizada. O sabão produzido foi distribuído como amostra do projeto juntamente com os folders, e assim, tanto os alunos e professores quanto os funcionários da escola se mostraram interessados com o trabalho desenvolvido.

Os alunos entenderam que o óleo residual de cozinha é uma substância nociva para natureza, e por essa razão é muito importante fazer corretamente o descarte desse resíduo. Compreenderam que podem contribuir para preservação do meio ambiente por meio da reciclagem do óleo para produzir sabão, por ser um procedimento simples e rápido de reaproveitar o material.

REFERÊNCIAS

AGUIAR; P. C. B. de. *et al.* Da teoria à prática em educação ambiental. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 111–132, 2017. DOI: 10.19177/rgsa.v6e22017111-132.

ALVES, I. W.; ARAÚJO, L. E. de. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**. Versão Online ISBN 978-85-8015-093-3 Cadernos PDE, Vol. 1. Paraná, 2016.

ARAUJO, F. J. de O. *et al.* **A importância das palestras nos eventos institucionais do CES/UFMG como ação motivadora: relato de experiência**. CONAPESC. Paraíba, 2018.

BRASIL. [Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010]. **Política nacional de resíduos sólidos** [recurso eletrônico]. – 2. ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 73 p. – (Série legislação; n. 81).

BRASIL. **Planalto Lei Nº 6.938, de 31 DE agosto de 1981**. Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm. Acesso em 05 de junho de 2023.

BRASIL. **Planalto Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 07 de junho de 2023.

CAVALCANTE, J. da R. *et al.* Percepção ambiental de feirantes que realizam atividades econômicas com a produção de óleo residual de cozinha. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 83202-83224, 2020.

DIAS, L. C. *et al.* Prática Educacional e Ambiental no ensino de Química para alunos do Ensino Médio: reciclagem do óleo de cozinha e a produção de sabão. **Revista Mediação**, n. 10, p. 65-74, 2020.

DIAS, G. F. **Educação ambiental, princípios e práticas**. 8. ed. Gaia, 2003.

FONSECA, L. H. A. **Reciclagem: o primeiro passo para a preservação ambiental**. Bacharel em Administração, Centro Universitário Barra Mansa, Barra Mansa, 2013.

IDALINO, R. K. T.; COSTA, J. B. V.; SILVA, R. N. da. Educação ambiental na prática: uso do óleo de cozinha para a produção de sabão ecológico. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 2, p. 2084–2098, 2021.

MARTINS, C. T. *et al.* **Uma Alternativa Consciente de Reaproveitamento do Óleo de Cozinha: A Fabricação de Sabão Caseiro**. In: XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação - Universidade do Vale do Paraíba. 2010. Disponível em:

https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0236_0391_02.pdf. Acesso em: 21 de Maio de 2023.

MATOS, S. M. S.; SANTOS, A. C. dos. Modernidade e crise ambiental: das incertezas dos riscos à responsabilidade ética. **Trans/form/ação**, v. 41, p. 197-216, 2018.

MELO, M. C. H. de; CRUZ, G. de C. **Roda de conversa: uma proposta metodológica para a construção de um espaço de diálogo no ensino médio**. *Imagens da Educação*, v. 4, n. 2, p. 31-39, 2014. Disponível em:

https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/download/22222/pdf_5/. Acesso em: 10 de dezembro de 2023.

NOVAES, P. C.; MACHADO, A. M. B.; LACERDA, F. V. Consumo e descarte do óleo comestível em um município do sul de Minas Gerais. **Revista Ciências em Saúde**, v. 4, n. 3, p. 33-40, 2014.

PAVIANI, N. M. S.; FONTANA, N. M. **Oficinas pedagógicas: relato de uma experiência**. *CONJECTURA: filosofia e educação*, 2009, 14.2.

RODRIGUES, L. B.; COUTINHO, JP; SILVA, CA da. Proposta de reaproveitamento do óleo de fritura residual em um restaurante industrial. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo (SP), v. 3, pág. 136–145, 2010. DOI: 10.24857/rgsa.v4i3.333. Disponível em: <https://rgsa.emnuvens.com.br/rgsa/article/view/333>. Acesso em: 01 dez. 2023.

SANTOS, N. Q. dos. **Percepções de alunos da educação básica em relação aos impactos causados pelo descarte do óleo de cozinha no meio ambiente**. 2018. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, 2018.

SILVA; M. C. L.; ALMEIDA, M. L. **Logística reversa e destinação correta do óleo residual vegetal: uma análise do programa Mundo Limpo Vida Melhor**. In: XVIII SEMEAD Seminários em Administração. Anais [...] São Paulo, 2015.

SILVA, C. **Óleo de cozinha usado como ferramenta de Educação Ambiental para alunos do Ensino Médio**. 2013. 55f. Monografia (especialização) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Curso de Especialização em Educação Ambiental, EaD, RS, 2013.

SILVA, J. V. *et al.* Abordagem sobre reciclagem e o Meio Ambiente. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 1, n. 36, p. 62-80, 2023.

SOARES, S.; ALENCAR, J. **A relevância da reciclagem de resíduos sólidos para a sustentabilidade**. Instituto Federal de Educação, Ciência E Tecnologia Goiano – Campus Iporá. 2019.

SOUSA, N. M. DE O. *et al.* **Impactos ambientais causados pelo descarte inadequado do óleo de cozinha e as suas formas de reuso**. *In: V Congresso Página | 148 Internacional das Licenciaturas*. Anais. 2018.

SOUZA, A. O; MORAIS, A. B. **Fabricação de sabão artesanal a partir do óleo comestível usado, como alternativa para gerar empreendedorismo, renda, trabalho, inclusão social e sustentabilidade econômica na região do Mato Grande**. *In: IX congresso de iniciação científica do IFRN tecnologia e inovação para o semiárido*, 2014. Rio Grande do Norte. Anais. Rio Grande do Norte. [s.n.], p. 1113-1126, 2014.

VELOSO, Y. M. S.; FREITAS, L. F. L. F.; AMARAL-FILHO, J. H. B.; SANTOS, I. T.; LEITE, M. S.; ARAUJO, P. J. L. Rotas para reutilização de óleos residuais de fritura. **Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 1, n. 15, p. 11-18, 2012.




VENTURA, G., SOUZA, I. C. F. de. Refletindo sobre a relação entre a natureza humana, valores capitalistas e a crise ambiental: contribuições para a promoção da Educação Ambiental Crítica. **Revista eletrônica Ambiente e Educação**. Rio Grande. v.15, p.14. 2010.

VINEYARD, P.; FREITAS, P. **Estudo e caracterização do processo de fabricação de sabão utilizando diferentes óleos vegetais**. Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT) 2014.

CAPÍTULO 7

LIDAR COMO INSTRUMENTO DE APOIO AO RECONHECIMENTO DA ESTRUTURA FLORESTAL




LIDAR AS A SUPPORT INSTRUMENT FOR FOREST STRUCTURE RECOGNITION

Sidney Henrique Campelo de Santana   

Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Nara Tôres Silveira   




Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Gabriel Antonio Silva Soares   




Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Camila Gardenea de Almeida Bandim   

Graduanda de licenciatura em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

Jadson Freire e Silva   

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

Raphaela Karinne dos Santos Bello   


Funcionária da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente, Pernambuco, Brasil

Pedro Paulo Lima Silva   

Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Maranhão, Brasil

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva   

Doutora em Meio Ambiente e docente do IFMA Campus Alcântara, Maranhão, Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.620 

Resumo: As geotecnologias têm se colocado como ferramentas importantes para as análises florestais. Dentre estas inovações tecnológicas se encontra o LiDAR, capaz de realizar a leitura tridimensional, precisa e de alta resolução dos alvos. Com isso, o presente estudo tem como objetivo propor a tecnologia LiDAR como instrumento de apoio ao reconhecimento da estrutura florestal da Mata de Dois Irmãos, situada em Recife, Pernambuco. Para tanto foram adquiridas cenas LiDAR junto à Prefeitura do Recife. As cenas foram convertidas para nuvem de pontos ‘.las’, unidas e clipadas de acordo com os limites da mata. Em seguida, a nuvem de pontos resultante foi classificada e filtrada para geração do Modelo Digital de Terreno (MDT) e do Modelo Digital de Copa (MDC). Na sequência, foi criado um arquivo de formato *raster* com células de mesmo tamanho com dimensões predefinidas. Como resultado, foi gerado um cartograma que apresenta a distribuição espacial do porte arbóreo na Mata de Dois Irmãos. Com isso, pôde-se averiguar que as árvores de grande porte, acima de 12 m de altura, têm ampla distribuição por todo o território da mata, representando 88,3% de toda a cobertura florestal. Algumas áreas da floresta estão com total ausência de porte arbóreo, que correspondem as áreas onde estão situados os açudes e locais distribuídos nas bordas da mata. Portanto, neste estudo, a tecnologia LiDAR se mostrou como uma importante ferramenta de apoio para a leitura da estrutura arbórea. Com isso, esta Geotecnologia se coloca como um instrumento de apoio aos estudos relativos à maturidade, saúde e configuração das florestas.

Palavras-chave: Floresta urbana. Mata Atlântica. Perfilamento a laser. Porte arbóreo. Sensoriamento remoto.

Abstract: Geotechnologies have emerged as important tools for forest analyses. Among these technological innovations lies LiDAR, capable of performing precise three-dimensional readings with high resolution of targets. Therefore, this study aims to propose LiDAR technology as a support instrument for recognizing the forest structure of the Dois Irmãos Forest, located in Recife, Pernambuco. To this end, LiDAR scenes were acquired from the Recife City Hall. The scenes were converted to point clouds ‘.las’, merged, and clipped according to the forest boundaries. Subsequently, the resulting point cloud was classified and filtered to generate the Digital Terrain Model (DTM) and the Digital Canopy Model (DCM). Next, a raster file with cells of the same size and predefined dimensions was created. As a result, a cartogram was generated that presents the spatial distribution of tree size in the Dois Irmãos Forest. It was found that large trees, above 12 m in height, are widely distributed throughout the forest territory, representing 88.3% of all forest cover. Some areas of the forest have a total absence of large trees, corresponding to areas where reservoirs are located and locations distributed along the forest edges. Therefore, in this study, LiDAR technology proved to be an important support tool for reading the tree structure. Thus, this Geotechnology emerges as a support instrument for studies related to the maturity, health, and configuration of forests.

Keywords: Urban forest. Atlantic Forest. Laser scanner. Tree size. Remote sensing.

1 INTRODUÇÃO

O processo de metropolização das capitais brasileiras ocorreu sem que houvesse o planejamento urbano. O crescimento instantâneo e desordenado converteu os principais centros urbanos em verdadeiras arenas de disputas de classes e conflitos de interesses que se projetam,

muitas vezes, em segregação socioespacial, déficits habitacionais, violência urbana, mobilidade precária, problemas ambientais, entre outras adversidades. Esse conjunto de transtornos se atribui como consequência da macrocefalia urbana (Santos, 1973). Esse fenômeno afeta, sobretudo, a qualidade de vida das pessoas que vivem na cidade.

Além disso, em uma escala mundial, as metrópoles se tornaram umas das pautas principais nos debates a respeito das mudanças climáticas. Não por acaso que um dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pelas Nações Unidas trata especificamente sobre a promoção de cidades mais resilientes e sustentáveis (ONU, 2015). O ODS 11, traça uma série de metas para tornar os centros urbanos um lugar mais seguro, resiliente e saudável. Neste sentido, uma das medidas de promoção da sustentabilidade nos centros urbanos consiste na implementação de áreas verdes, assim como o cuidado com as florestas urbanas.

As florestas urbanas desempenham um papel fundamental para a qualidade de vida e a manutenção da biodiversidade em meio as cidades (Ribas, 2021). Dentre os benefícios se destacam a amenização das temperaturas, a manutenção da umidade do ar, diminuição da poluição atmosférica, proteção dos corpos hídricos, prevenção de inundações e resguardo do ecossistema urbano. Em outras palavras, as florestas urbanas são agentes fundamentais para o desenvolvimento sustentável das cidades (Gonçalves *et al.*, 2018).

Entretanto, para que esses fragmentos florestais urbanos exerçam plenamente os seus serviços ecossistêmicos, se faz necessário a proteção deles, que começa pelo estabelecimento de dispositivos legais. Neste sentido, de acordo com Braga *et al.* (2021), o Recife possui cerca de 38% do seu território legalmente reconhecidos como áreas de proteção da biodiversidade, as chamadas Unidades de Conservação da Natureza (UCNs), totalizando 8.422 hectares. Entre os anos de 2018 e 2020 foram elaborados os Planos de Manejo das Unidades de Conservação (UC) municipais que apresentam o diagnóstico das áreas e, estabelecem para as UCNs do Recife a categorização, o zoneamento, as normas de uso e os programas de gestão.

Contudo, além da proteção legal desses ambientes, é imprescindível o trabalho incessante de monitoramento e estudos completos sobre a saúde destes ecossistemas. Por isso, as novas tecnologias têm se mostrado de grande valia para leitura da estrutura florestal e comunidade arbórea. Neste sentido, o perfilamento a laser se coloca como uma das Geotecnologias promissoras para o reconhecimento da estrutura florestal e arbórea, devido a sua capacidade de gerar produtos tridimensionais, boa penetração dos alvos, precisão nas respostas, alta resolução espacial, além de fornecer métricas sobre os alvos.

Outras vantagens do uso do LiDAR para a caracterização dos atributos florestais consistem na complementação de dados inventariados, ou até mesmo na sua substituição em caso de

inexistência destes; redução de gastos com equipamentos e pessoal em campo; grande abrangência espacial; e, otimização do tempo na obtenção dos dados.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo propor o uso da tecnologia Lidar como apoio ao reconhecimento da estrutura florestal da Mata de Dois Irmãos, situada no município de Recife, Pernambuco.

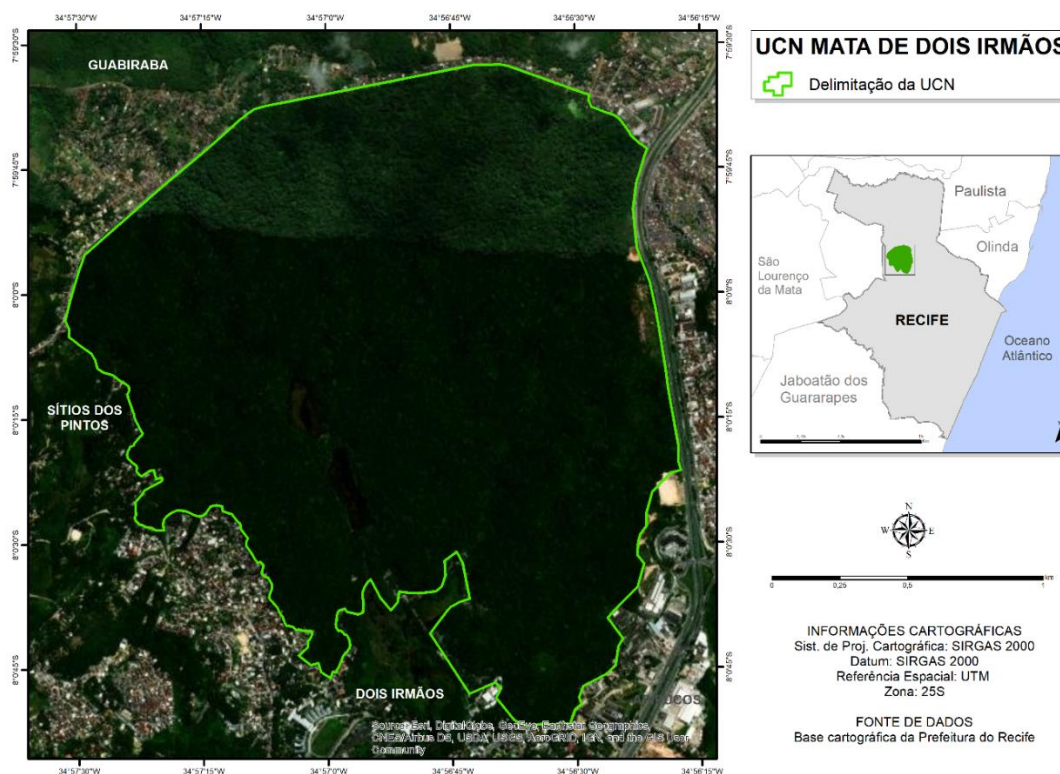
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Um dos mais importantes remanescentes de Mata Atlântica de Recife, a Mata de Dois Irmãos situa-se na zona noroeste do município, ocupando uma área de 384,42 ha. De acordo com o Plano de Manejo da mata (Pernambuco, 2022), está integrada ao Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI). Este fragmento florestal está situado sobre o divisor de duas bacias hidrográficas relevantes da cidade, abrigando mananciais importantes que, inclusive, foram um dos principais fatores responsáveis por transformá-la em Unidade de Conservação da Natureza (UCN). A porção norte da floresta pertence à bacia hidrográfica do rio Beberibe, enquanto a porção sul pertence à bacia hidrográfica do rio Capibaribe.

Dentro da perspectiva ambiental, os movimentos políticos para a preservação da Mata de Dois Irmãos tiveram início ainda no século XIX. Entretanto, mesmo antes já se havia um interesse ambiental naquela área pela presença de mananciais (Pernambuco, 2022). Em 1916 o bosque se tornou o Horto Florestal de Dois Irmãos, mas só em 1986 a Mata de Dois Irmãos foi reconhecida como Área de Proteção de Mananciais da Região Metropolitana do Recife, por meio da Lei Estadual nº 9.860 (PERNAMBUCO, 1986). O Decreto Municipal nº 23.807 de 23 de julho de 2008, regulamentou a área da ZEPA II e a declarou como Unidade de Conservação da Natureza - UCN Dois Irmãos (RECIFE, 2008). A figura 1 corresponde à localização da UCN Mata de Dois Irmãos no município de Recife.

Figura 1 – Localização do fragmento florestal UCN Mata de Dois Irmãos, Recife – PE.



Fonte: Autores, 2021.

2.2 Aquisição dos dados LiDAR

Para a realização deste estudo foram adquiridas, mediante ao Instituto Pelópidas Silveira (Prefeitura do Recife), cenas oriundas do perfilamento a laser (LiDAR) realizado sobre a área da Mata de Dois Irmãos. A obtenção dos dados ocorreu via sensores aerotransportados, em voo realizado pela ENGEFOTO. As cartas foram adquiridas em formato de arquivo tabular (.xyz) que, em seguida, foram convertidos para nuvem de pontos (.las). Posteriormente foi estruturado um mosaico para que se completasse a nuvem de pontos que abrangesse toda a Mata de Dois Irmãos e, depois, feito o *clip* considerando os limites da floresta.

2.3 Processamento da nuvem de pontos

O passo seguinte consistiu na classificação dos pontos de acordo com as especificações estabelecidas pela *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (APRS), entidade proprietária da extensão '.las' (Gorgens et al., 2014). Na sequência, foi realizada uma filtragem da nuvem de pontos para a obtenção do Modelo Digital de Terreno (MDT) e do Modelo Digital de Copa (MDC). Em seguida, foi criado um arquivo de formato *raster* de extensão '.dtm' com células de mesmo tamanho com dimensões predefinidas.

O Modelo Digital de Copa, ou Modelo Digital de Cobertura Vegetal, é um modelo digital de superfície desenvolvido para indicar a elevação arbórea em relação ao solo. Para a criação deste modelo se faz necessário utilizar o MDT como base do processamento. A partir de então, a coordenada z deixa de representar a altitude e passa a indicar a altura da árvore que, neste caso, é determinada por uma interpolação pela média dos vizinhos adjacentes (Gorgens *et al.*, 2014).

Este modelo fornece os parâmetros florestais, como altura da vegetação e porte das árvores, representando uma ferramenta importante para a leitura da estrutura arbórea florestal. Assim como o MDT, o MDC também se configura em um formato matriz de dados em extensão *‘.dtm’*. Para visualização do produto e elaboração do mapa os MDSs foram exportados para formato de arquivo de imagem *‘.img’* e, com a finalidade de dar sequência metodológica, foram exportados para arquivo *‘.ascii’*.

2.4 Representação cartográfica

Para a representação espacial, o *raster* correspondente ao MDC foi convertido em um produto poligonal, formato de dados vetorial, mediante a ferramentas de geoprocessamento. A partir de então, o produto foi categorizado em classes para que a projeção das florestas evidencie a altura das árvores. Para tanto, tomou-se como base os parâmetros definidos pelo Sistema Municipal de Unidades Protegidas (SMUP), que trata da classificação do porte arbóreo de acordo com a altura, assim como, os critérios adotados neste estudo, para detectar os indivíduos maiores que 20 m e 30 m de altura.

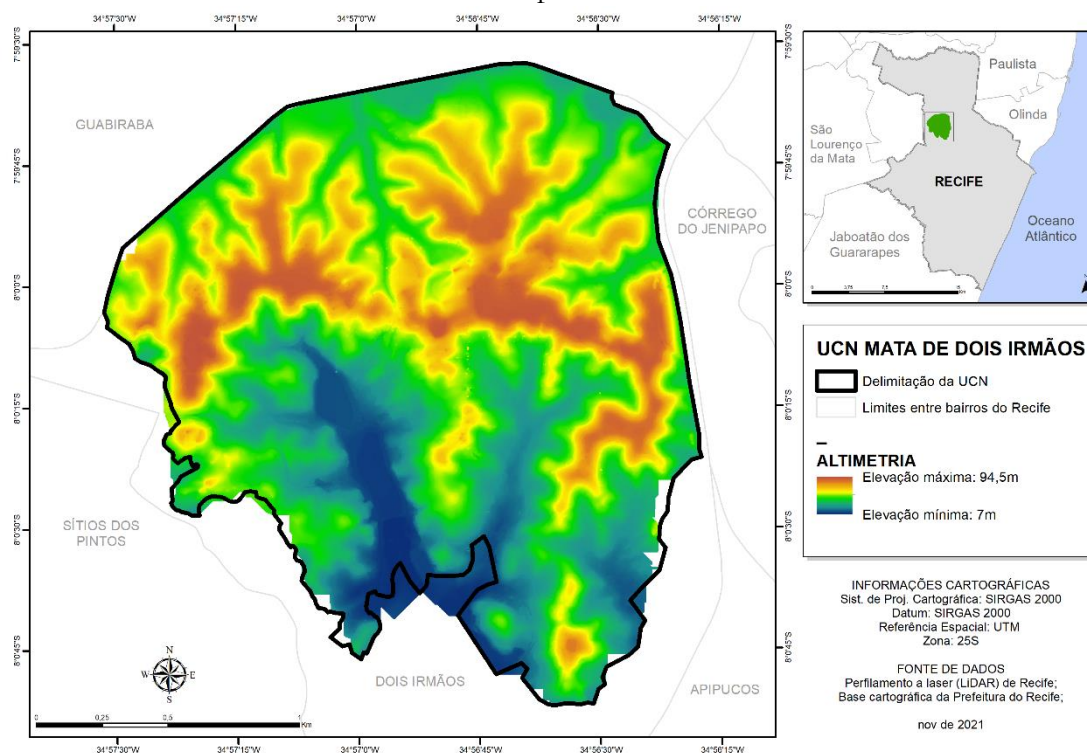
Deste modo, a primeira classe [0] corresponde às áreas da UCN que não contêm cobertura vegetal alguma; a segunda classe [0,3 – 2 m] representa as pequenas espécies vegetais, como arbustos, gramíneas e outras herbáceas, com altura máxima de 2 metros; a terceira classe [2,0 m a 6,0 m] indica os indivíduos classificados como árvores de pequeno porte, de acordo com os critérios definidos pelo Manual de Arborização Urbana (Recife, 2017). Sob estes mesmos critérios, definiu-se a quarta classe de árvores, com tamanhos que partem de 6 e vão até 12 metros de altura, que indicam as árvores de médio porte. A quinta classe corresponde aos indivíduos acima de 12 metros de altura, indicando árvores de grande porte. Entretanto, neste estudo, com a finalidade de reconhecer melhor o porte florestal de cada uma das matas, foram estabelecidas mais duas classes, a sexta que indica as árvores que medem entre 20 a 30 metros de altura, e, por fim, a sétima classe, com indivíduos que ultrapassam os 30 metros de altura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Reconhecimento geoambiental e ecológico da Mata de Dois Irmãos

O fragmento florestal Mata de Dois Irmãos está situado sobre o divisor de duas bacias hidrográficas relevantes do Recife, abrigando mananciais importantes que, inclusive, foram um dos principais fatores responsáveis por transformá-la em Unidade de Conservação da Natureza. A porção norte da UCN pertence à bacia hidrográfica do rio Beberibe, enquanto a porção sul pertence à bacia hidrográfica do rio Capibaribe. O limite geográfico entre estas duas bacias, que se estende longitudinalmente por toda área central da UCN, é nitidamente perceptível graças ao MDT produzido por meio da nuvem de pontos LiDAR, apresentado na figura 2.

Figura 2 – Representação altimétrica da Mata de Dois Irmãos, Recife (PE) gerada a partir da nuvem de pontos LiDAR.



Fonte: Autores, 2021.

Além do divisor de bacias pode-se observar a microbacia do Prata na porção ocidental da mata, com o seu fundo de vale aberto por conta da existência dos quatro açudes. O MDT revela que a amplitude altimétrica parte dos 7 m de altitude, alcançando a cota máxima de 94,5 m. Percebe-se, a partir de então, que em comparação com a mata do Jardim Botânico, a amplitude altimétrica é mais significativa, indicando a influência geomorfológica do domínio dos patamares orientais da Borborema (Torres, 2014). Dessa forma, enquanto a porção meridional de Dois Irmãos está orientada à planície fluvio-marinha, em consonância com os afluentes do Capibaribe, a parte

setentrional apresenta o relevo característico dos Tabuleiros Dissecados (Torres, 2014), com formação de vales mais estreitos em relação à porção sul, como se pode ver na figura 2.

O solo predominante nos interflúvios da região pertence à classe dos Latossolos Areno-Argilosos, susceptíveis à perda de propriedades físicas e químicas quando há perturbação do ambiente (Torres, 2014). Somando este fator natural ao fato de ser uma zona com várias áreas de declive, a cobertura florestal se torna ainda mais imprescindível. Naturalmente estes solos são acidificados, como resultado da ação climática na região. Constata-se, portanto, que essa relação sistêmica promove um equilíbrio delicado em que a ocorrência de qualquer tipo de distúrbio, pode significar degradação em cadeia dos processos ecológicos.

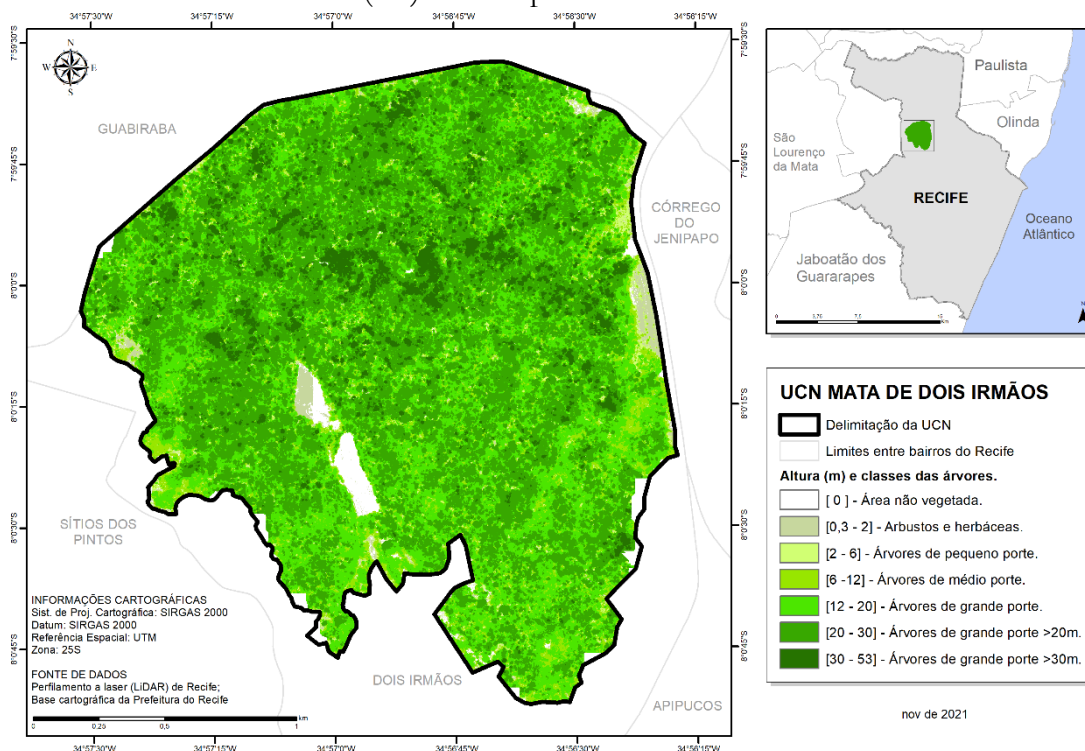
Entretanto, como os movimentos por parte da gestão pública para a proteção de Dois Irmãos iniciaram-se ainda no século XIX, o nível de preservação das espécies remanescentes da Mata Atlântica pode ser considerado satisfatório, quando se compara às outras florestas urbanas de Recife. Contudo, a atenção com a Mata de Dois Irmãos precisa ser mais rigorosa, pois ali habita uma quantidade maior de espécies em risco de extinção, especialmente animais de maior porte, dentre eles o gato-do-mato (*Leopardus guttulus*) e a jaguatirica (*Leopardus pardalis*), que precisam de uma grande área de refúgio natural para sobreviverem.

Neste sentido, o plano de manejo do Parque aponta 27 espécies de mamíferos que vivem exclusivamente no local, incluindo animais de médio porte (Pernambuco, 2022). Alguns desses animais se encontram ameaçados de extinção, como é o caso do gato-do-mato (*L. guttulus*) e do gato-maracajá (*Leopardus wiedii*). Por essa razão, é de extrema relevância a manutenção e a proteção severa deste fragmento florestal, haja vista a importância dos serviços ecossistêmicos promovidos por ele. Portanto, a vigilância severa e ações de proteção efetivas devem ser realizadas, principalmente, nas áreas limítrofes da floresta, pois estas zonas estão em contato direto com a cidade e toda a dinâmica urbana.

3.2 Percepção da estrutura florestal mediante o MDC

A Mata de Dois Irmãos apresenta cobertura vegetal expressiva em toda a extensão de seu território, como se pode perceber ao observar a figura 3, que corresponde ao MDC deste fragmento florestal.

Figura 3 – Distribuição espacial da altura e classes das árvores da mata de Dois Irmãos, Recife (PE) obtidos por meio do MDC.

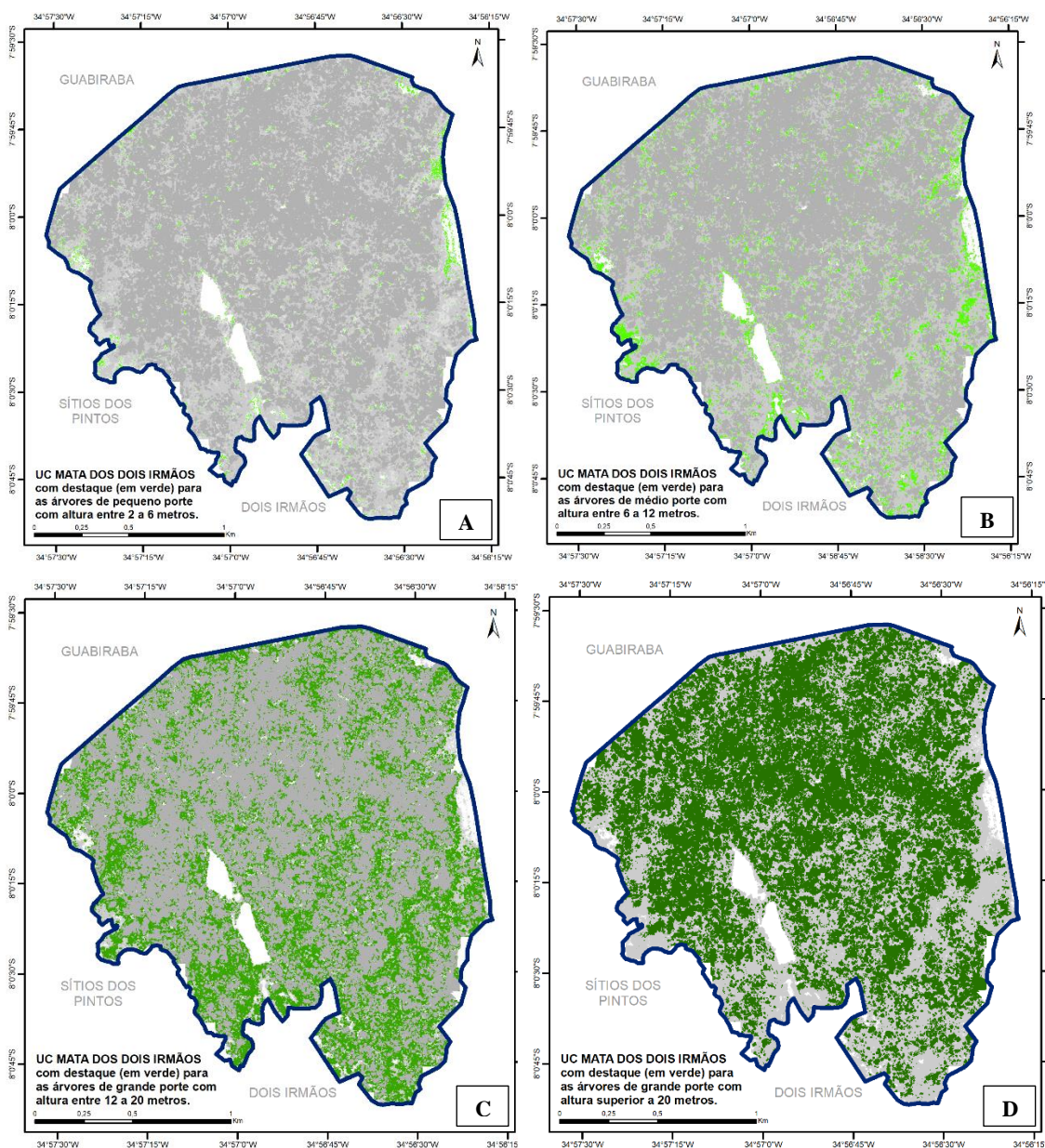


Fonte: Autores, 2021.

Uma leitura geral da figura 3 permite-nos perceber, a primeiro momento, que da mata de Dois Irmãos é densamente florestada em quase sua totalidade. Notam-se alguns pontos com ausência arbórea significativa de pequeno, médio e grande porte, com destaque para uma área a leste do fragmento florestal. Por outro lado, a área que se vê com total ausência de cobertura vegetal na porção centro-oeste da UCN corresponde ao Açude Dois Irmãos. Igualmente, pode-se notar a ausência de porte arbóreo em outros pontos ao longo dos limites da mata, que também pode significar inconsistências no recorte do *raster* realizado via FUSION LDV. Ademais, é possível observar que a tonalidade verde escura se apresenta com mais frequência na porção centro-norte de Dois Irmãos, significando maior presença de indivíduos arbóreos com altura superior aos 30 m, o que indica maior maturidade florestal nesta zona.

Com o intuito de se obter maior clareza na leitura da estrutura florestal quanto à altura das árvores, foram feitas quatro representações espaciais da distribuição da cobertura arbórea, seguindo a classificação estabelecida pelo SMUP, de acordo com o porte arbóreo (figura 4).

Figura 4 – Espacialização da vegetação por porte arbóreo na mata de Dois Irmãos, Recife (PE).



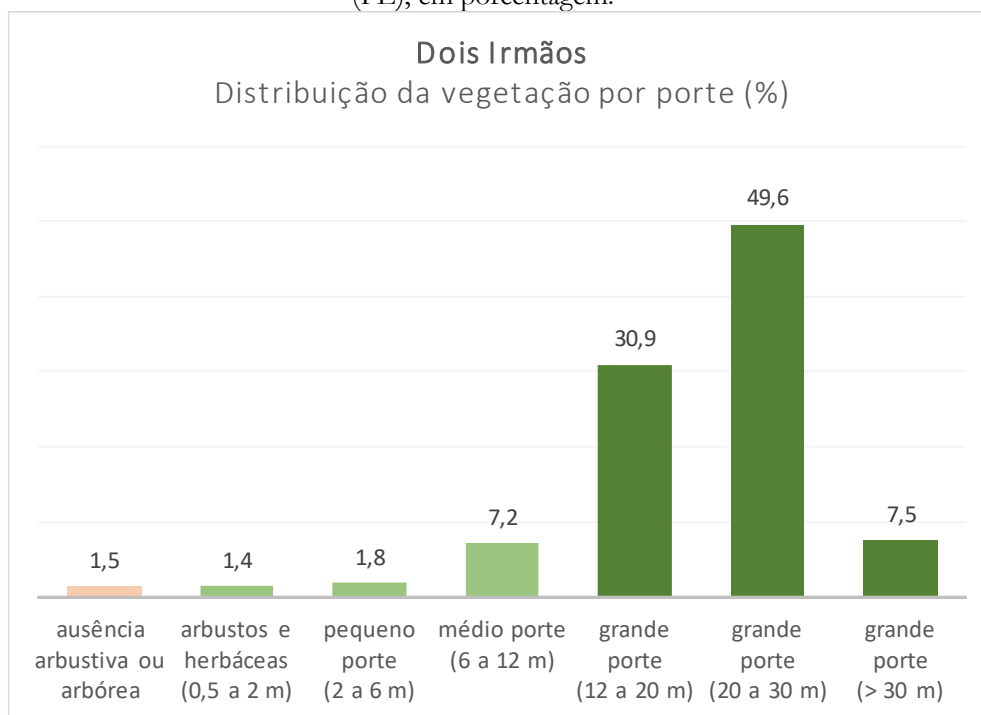
Representação em verde da distribuição das árvores, ao longo da Mata de Dois Irmãos: A = de pequeno porte (altura entre 2 a 6 m). B = de médio porte (altura entre 6 a 12 m). C = de pequeno porte (altura entre 12 a 20 m). D = com altura superior a 20 m.

Fonte: Autores, 2022.

Ao observar a figura 4 pode-se perceber que as árvores de pequeno e médio porte estão majoritariamente distribuídas nas bordas da mata (figura 4, letras A e B). Por outro lado, é possível notar que existe uma boa distribuição das árvores de grande porte por todo o espaço da mata (figura 4, letras C e D). Para se ter uma melhor noção quantitativa da presença das árvores de grande porte na UCN, apresenta-se a figura 5 que expõe, em valores percentuais, a proporção da

área ocupada por classe de porte arbóreo. Tais valores foram obtidos por meio de cálculos de área aplicados sobre o produto cartográfico através do geoprocessamento.

Figura 5 – Distribuição do tipo de vegetação por porte arbóreo na área da Mata de Dois Irmãos, Recife (PE), em porcentagem.



Fonte: Autores, 2022.

Mediante leitura do gráfico (figura 5), constata-se a grande presença de árvores com altura superior aos 12 m, totalizando 88,3 % de toda a unidade conservada do Parque. Isso revela a razão da manutenção da biodiversidade local, apesar da perturbação urbana ao redor. Por outro lado, não incluindo os açudes no modelo, apenas 1,5 % do espaço natural se encontra sem cobertura vegetal. Esses fatores demonstram o resultado da conservação histórica da mata.

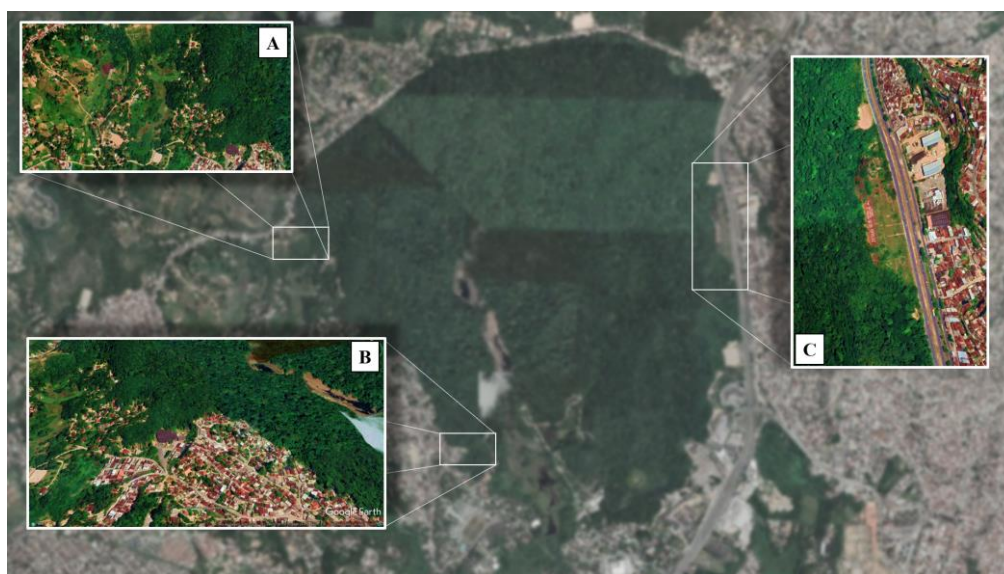
Ainda assim, além da área onde se encontram os açudes, é possível perceber uma presença mais tímida das árvores de grande porte nas áreas periféricas da floresta, indicando um efeito de borda. O Plano de Manejo da mata classifica estas áreas limítrofes como Zona de Atenção Especial (ZAE). Segundo o plano:

é o espaço destinado a criar uma barreira de vigilância prioritária com o propósito de minimizar os impactos negativos da área de entorno sobre a unidade. Nele deve haver ações de monitoramento e fiscalização mais intensivas, além da implantação das placas de sinalização orientando a população sobre a UC (Pernambuco, 2022. p 168).

Neste sentido, é possível identificar pontos críticos, sob a ótica ambiental, no limite da mata, resultantes da pressão urbana. Dentre as causas de degradação estão a construção de estrada,

terminal de ônibus, estabelecimentos comerciais, residências, e outros tipos de uso do solo. O Plano de Manejo classifica estes pontos críticos como setores de conflito e de restauração. Os setores de conflitos são “constituídos de áreas que pertencem ao PEDI e, que possuem usos diversos consolidados pela comunidade do entorno, incompatíveis com os objetivos da UC” (Pernambuco, 2022). Na prática, como se pode observar na figura 6, são áreas do Parque com ocupações residenciais ou atividades civis.

Figura 6 – Ocupações civis em zonas limítrofes da Mata de Dois Irmãos, Recife (PE).



A = Ocupações irregulares e áreas de uso agrícola às margens da Estrada dos Macacos e Estrada Sítio Sapucaia. B = Faixa do córrego da fortuna com construções irregulares. C = Trecho à margem da BR – 101 onde existe um campo de futebol e outras áreas descampadas.

Fonte: Google Earth, 2022.

Além dos impactos gerados à biodiversidade, parte dessas ocupações ocorrem em áreas de declive, o que intensifica o risco ambiental devido a retirada da cobertura vegetal e mudanças no solo, possibilitando assim, eventos de degradação em cadeia de difícil reparo. Dessa forma, faz-se necessária uma mediação do Estado junto à comunidade e à equipe multidisciplinar do Parque com o objetivo de remediar, amenizar e evitar impactos causados sobre a mata.

Por outro lado, os setores de restauração são pontos no limite do fragmento florestal que perderam cobertura vegetal e material pedológico devido à ação humana e, atualmente, precisam de intervenção ativa não só para conter o avanço da degradação como também para restaurar a cobertura florestal destas áreas.

A exposição do solo, como ocorre nesta área representada pela figura 6 - C, pode causar uma série de consequências como perdas de suas propriedades físicas, intensificação da lixiviação,

aumento da acidificação, processo de ravinamento, entre outros. Esses processos, além de impossibilitar a regeneração natural da mata, pode aumentar o risco de movimento de massa e, com isso, a perda de área florestal. Por essa razão, se evidencia a necessidade urgente de intervenção.

A integração da tecnologia LiDAR provou ser uma ferramenta valiosa para analisar a estrutura florestal e as comunidades de árvores, fornecendo dados precisos e de alta resolução para avaliações florestais

4 CONCLUSÃO

A tecnologia LiDAR mostra-se ser uma ferramenta valiosa de apoio aos estudos florestais, uma vez que é capaz de precisar, com boa resolução, a altura e a configuração da cobertura arbórea. Com isso, coloca-se como um instrumento de leitura da estrutura florestal.

Ainda que a proposta deste trabalho tenha focado na apresentação dos MDSs obtidos a partir de uma nuvem de pontos ‘.las’ como boas ferramentas para o reconhecimento da estrutura florestal, a tecnologia LiDAR é capaz de fornecer uma bateria de dados que aprimoram os estudos florestais. Da mesma forma, ao se associar os produtos oriundos de nuvem de pontos LiDAR com outras geotecnologias, podem ser obtidos resultados mais robustos e mais amplos, quanto à escala espacial e temporal.

Agradecimentos

Agradecimentos ao grupo de pesquisa SERGEO da UFPE; à FACEPE e ao Instituto Pelópidas Silveira (Prefeitura do Recife).

REFERÊNCIAS

BRAGA, M. B.; LEITE, M. S.; LUZ, S. C. S. da. **Biodiversidade das Unidades de Conservação do Recife**. Ananindeua: Editora Itacaiúnas, 2021. 164 p.

GONÇALVES, L. M. *et al.* Arborização urbana: a importância do seu planejamento para qualidade de vida nas cidades. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 22, n. 2, p. 128-136, 2018.

GORGENS, E. B.; SILVA, A. G. P.; RODRIGUEZ, L. C. E. **LIDAR aplicações florestais**. 1ª Edição. Editora CRV. Curitiba, 2014.

Organização Das Nações Unidas Brasil (ONU/BR) (2015). **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Recuperado de: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>.

PERNAMBUCO (Estado). **Lei nº 9.860, de 12 de agosto de 1986**. Delimita as áreas de proteção dos mananciais de interesse da Região Metropolitana do Recife, e estabelece condições para a preservação dos recursos hídricos. Lei . Recife, PE, 1986.

PERNAMBUCO. **Plano de Manejo 2022 Parque Estadual de Dois Irmãos**. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco – SEMAS. Recife: CPRH, 2022.

RECIFE (Município). Decreto nº 23.806, de 23 de julho de 2008. Regulamenta a Zona Especial de Proteção Ambiental 2 – Jardim Botânico do Curado, em conformidade com a Lei Federal nº 9.985/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, e dá outras providências. **Decreto**. Recife, PE, 2008.

RECIFE (Município). Lei nº 16.176, de 09 de abril de 1996. Estabelece a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) da Cidade do Recife. **Lei**. Recife, PE, 1996.

RECIFE (Município). Lei nº 18.104, de 09 de maio de 2014. Institui o Sistema Municipal de Unidades Protegidas - SMUP Recife e dá outras providências. **Lei**. Recife. 2014.

RECIFE. Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Recife. **Manual de Arborização Urbana: orientações e procedimentos técnicos básicos para implantação e manutenção da arborização da cidade do Recife**. 2. ed. Recife: SDSMA, 2017.

RIBAS, E. C. *et al.* Influência da Arborização na riqueza e composição de aves em parque Linear Urbano “Pedrinho Sansão” no Município de Botucatu, SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 16, n. 3, p. 1-15, 2021.

SANTOS, M. Economic development and urbanization in underdeveloped countries: the two-flow systems of the urban economy and their spatial implications. *In*: McKee, D.; Leahy, S. (ed.) **Urbanization and the development process**. The Free Press, New York, 1973.

TORRES, F. S. M. **Geodiversidade do estado de Pernambuco** / Organização Fernanda Soares de Miranda Torres [e] Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff – Recife : CPRM, 2014.




CAPÍTULO 8

BAÍA DE SÃO MARCOS, MARANHÃO, BRASIL: INFRAESTRUTURAS INDUSTRIAIS-PORTUÁRIAS NA PRÁXIS DA GLOBALIZAÇÃO DA NATUREZA NA AMAZÔNIA ORIENTAL

SÃO MARCOS BAY, MARANHÃO, BRAZIL: INDUSTRIAL-PORT INFRASTRUCTURE IN THE PRAXIS OF THE GLOBALIZATION OF NATURE IN THE EASTERN AMAZON

Pedro Paulo Lima Silva   




Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Maranhão, Brasil

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva   




Doutora em Meio Ambiente e docente do IFMA Campus Alcântara, Maranhão, Brasil

Diego Lima Matos   




Mestrado profissional em Energia e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

Sidney Henrique Campelo de Santana   

Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Filipe Daniel Dutra de Moraes   

Graduação em Ciências Contábeis, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil

Mariana Pessôa Coelho   


Mestra em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE, Brasil

Maria das Graças Feitosa Fernandes   


Pós-Graduada em Educação e Psicomotricidade pela FAFIRE, Brasil

John Wayni Santos Oliveira   

Mestre em matemática pela UFMA e docente do IFMA Campus Alcântara, Brasil

Francisco Jadilson dos Santos Silva   

Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e docente do IFMA Campus Alcântara, Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.621 

Resumo: Este artigo analisa as infraestruturas industriais e portuárias no entorno da Baía de São Marcos, Maranhão, e sua relação com a globalização da natureza na Amazônia Oriental. A Baía de São Marcos, ao servir como um ponto crucial de escoamento de recursos minerais e agrícolas, exemplifica como a globalização tem transformado o território amazônico. O desenvolvimento de grandes projetos industriais e portuários, como a Estrada de Ferro Carajás e os portos de Itaqui e Ponta da Madeira, reconfigurou significativamente a região. No entanto, essa integração trouxe impactos socioambientais profundos, como a expropriação de comunidades locais, poluição ambiental e marginalização de agricultores familiares. A expansão do agronegócio e da mineração, embora promova o crescimento econômico, está associada a práticas que frequentemente desconsideram a sustentabilidade ambiental e a justiça social. Este estudo destaca a necessidade de políticas públicas que promovam um desenvolvimento equilibrado e sustentável, valorizando a biodiversidade e os saberes tradicionais para assegurar a resiliência socioecológica da região. Desse modo, o principal desafio é que essas políticas incluam a participação ativa das comunidades locais nos processos decisórios, garantindo que os benefícios do desenvolvimento sejam distribuídos de maneira justa e que os impactos negativos sejam mitigados, sendo necessária a construção de uma agenda de desenvolvimento que concilie crescimento econômico, preservação ambiental e equidade social é essencial para o futuro.

Palavras-chave: Mineração. Agronegócio. Logística. Exportação. Desenvolvimento sustentável.

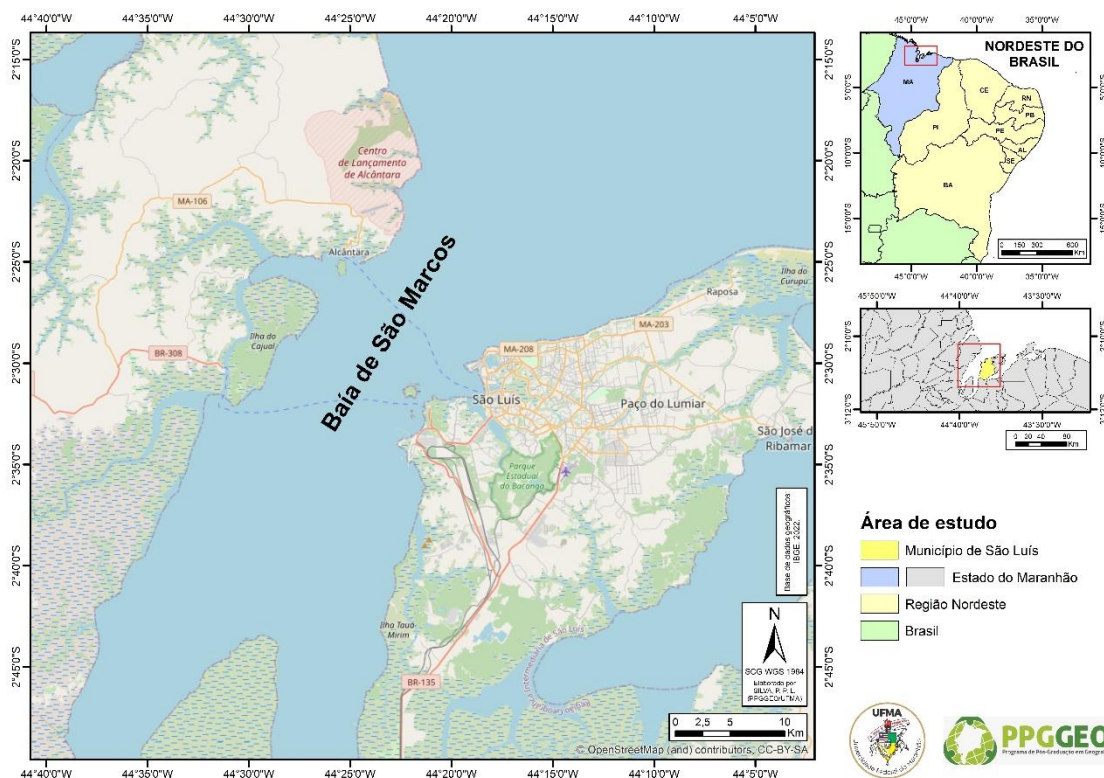
Abstract: This article analyzes the industrial and port infrastructures around the São Marcos Bay, Maranhão, and their relationship with the globalization of nature in Eastern Amazon. The São Marcos Bay, serving as a crucial export point for mineral and agricultural resources, exemplifies how globalization has transformed the Amazonian territory. The development of major industrial and port projects, such as the Carajás Railway and the Itaqui and Ponta da Madeira ports, has significantly reconfigured the region. However, this integration has resulted in profound socio-environmental impacts, including the expropriation of local communities, environmental pollution, and the marginalization of family farmers. The expansion of agribusiness and mining, while promoting economic growth, is associated with practices that often disregard environmental sustainability and social justice. This study highlights the need for public policies that promote balanced and sustainable development, valuing biodiversity and traditional knowledge to ensure the socio-ecological resilience of the region. Thus, the main challenge is to ensure that these policies include the active participation of local communities in decision-making processes, guaranteeing that the benefits of development are distributed fairly and that negative impacts are mitigated. It is necessary to construct a development agenda that reconciles economic growth, environmental preservation, and social equity, which is essential for the future.

Keywords: mining, agribusiness, logistics, export, sustainable development.

1 INTRODUÇÃO

A Baía de São Marcos, localizada no estado do Maranhão, Brasil (Figura 1), é uma área estratégica para a economia regional e nacional, servindo como um importante portal de saída para recursos minerais e agrícolas. Nos últimos anos, a instalação de infraestruturas industriais e portuárias, nos entornos da baía, transformou-a num exemplo concreto da materialização da lógica de produção do espaço sob a égide da globalização da natureza (Porto-Gonçalves, 2006) na Amazônia Oriental.

Figura 1 – Localização da Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil.



Fonte: Autores, 2024.

A globalização da natureza refere-se à integração das economias locais e regionais aos mercados globais, promovendo a exploração e exportação de recursos naturais em larga escala. Na Amazônia Oriental, esse processo tem sido impulsionado pela demanda crescente por *commodities*, como o minério de ferro e a soja. A Baía de São Marcos desempenha um papel crucial nesse contexto, abrigando importantes portos como o Porto do Itaqui e o Terminal Marítimo de Ponta da Madeira, que facilitam o escoamento dessas produções para mercados internacionais (Silva, 2007).

O complexo portuário da baía começou a se desenvolver significativamente nas décadas de 1970 e 1980, com a instalação de grandes projetos industriais e a construção de infraestruturas de transporte para escoamento da produção amazônica, em particular pela Estrada de Ferro Carajás (EFC). Esses investimentos foram fortemente influenciados pelo padrão econômico nacional e internacional, que favorecia o desenvolvimento de infraestruturas voltadas para a exportação (Carvalho; Cidade, 2011). Nesse período, empresas como a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e o Consórcio de Alumínio do Maranhão (Alumar) estabeleceram suas operações na região, intensificando a exploração de recursos naturais e a exportação de produtos primários produzidos na região.

Com o estabelecimento dessa nova dinâmica espacial, observou-se não somente um crescimento econômico significativo, mas também consequentes profundos impactos socioambientais. A instalação de grandes projetos industriais e portuários levou à expropriação de comunidades locais, à poluição dos rios e à emissão de gases poluentes, afetando negativamente o meio ambiente e a saúde das populações adjacentes (Costa, 2016). Além disso, a concentração de terras e a marginalização de agricultores familiares tornaram-se questões centrais no debate sobre o desenvolvimento regional (Palheta da Silva *et al.*, 2017).

A globalização da natureza na Amazônia Oriental está, portanto, intimamente ligada às práticas do agronegócio e da mineração. No sudeste do Pará, regiões como Carajás e Parauapebas destacam-se pela intensa atividade de mineração, enquanto no Maranhão e nos estados vizinhos (Piauí e Tocantins), a produção de soja tem se expandido rapidamente, configurando-se como um vetor importante de transformação territorial (Monteiro; Silva, 2021). Essas atividades são facilitadas pela infraestrutura logística presente na Baía de São Marcos, que permite a exportação eficiente dessas produções (Paiva, 2017).

Diante desse cenário, este estudo busca analisar as infraestruturas industriais e portuárias na Baía de São Marcos e sua relação com a globalização da natureza na Amazônia Oriental. O objetivo é compreender os impactos econômicos, sociais e ambientais dessas transformações, destacando a reconfiguração espacial do Maranhão decorrente desse processo. Para tal, estruturou-se o artigo em três tópicos principais, que versam sobre a globalização da natureza na Amazônia Oriental, a exportação de minério e soja como vetores de ruptura na produção do espaço amazônico, e o impacto da implementação das infraestruturas supracitadas na reconfiguração espacial do Maranhão, intrinsecamente inserido na era da globalização da natureza.

2 GLOBALIZAÇÃO DA NATUREZA NA AMAZÔNIA ORIENTAL

2.1. Transformação do território e a expansão capitalista

A globalização da natureza na Amazônia Oriental se manifesta pela reconfiguração do território da região, marcada pela instalação de grandes projetos de infraestrutura e pela intensificação da exploração de recursos naturais. Segundo Becker (2001), a ocupação tardia da Amazônia, dependente do mercado externo, está historicamente ligada à expansão marítima das empresas comerciais europeias, constituindo-se como uma das mais antigas periferias da economia-mundo capitalista. A ocupação da região se fez em surtos devassadores, ligados à valorização momentânea de produtos no mercado internacional, seguidos de longos períodos de estagnação (Becker, 1988; Becker, 2007).

A intervenção estatal na Amazônia foi fundamental para o controle do território, associada a interesses econômicos e à geopolítica. A ação governamental incluiu a criação de unidades administrativas e a posse gradual da terra (*uti possidetis*), visando assegurar a soberania sobre a área (Becker, 2001). Esse controle permitiu a implementação de grandes projetos de infraestrutura, como a pavimentação da BR-163 e a consolidação da hidrovia do rio Madeira, reduzindo significativamente os custos de transporte de grãos e minerais para os mercados internacionais (Becker, 2005).

2.2 Vetores de transformação regional

Dois vetores principais de transformação regional podem ser identificados na Amazônia Oriental: o vetor tecno-industrial e o vetor tecno-ecológico. O vetor tecno-industrial é caracterizado pela mobilização de recursos naturais, especialmente minérios e madeira, e pelo desenvolvimento de infraestruturas de transporte e energia. Tal vetor inclui a participação de bancos nacionais, empresas regionais e internacionais, além das Forças Armadas, interessadas na manutenção da soberania nacional (Becker, 2010).

Becker salienta que, contrariamente, o vetor tecno-ecológico abarca projetos preservacionistas e conservacionistas, que visam preservar o ambiente e promover a sustentabilidade. Esses projetos são frequentemente apoiados por ONGs, igrejas e agências internacionais, os quais buscam envolver comunidades locais em práticas de manejo sustentável dos recursos naturais. A criação de Reservas Extrativistas (RESEXs) é um exemplo de nova territorialidade resistente à expropriação, a qual propõe formas alternativas de organização econômica e social.

2.3 A geopolítica da Amazônia e a revalorização da natureza

A Amazônia adquiriu um novo significado no contexto da globalização, sendo valorizada tanto pela sua biodiversidade quanto pela sua importância estratégica. A região é vista como um imenso capital natural, essencial para a sustentabilidade planetária e para a biotecnologia. A revalorização ecológica da Amazônia decorre da sua megadiversidade e da abundância de água doce, representando um trunfo poderoso para o desenvolvimento sustentável (Becker, 2001).

A presença de grandes empresas transnacionais na Amazônia Oriental, especialmente no setor mineral, também exemplifica a globalização da natureza. Essas empresas, muitas vezes em parceria com o Estado, têm explorado intensivamente os recursos minerais da região, contribuindo para a dinâmica produtiva regional e nacional. Como exemplo, a exploração mineral corresponde

a quase 75% da pauta de exportação do estado do Pará, destacando-se como o maior segmento econômico do Produto Interno Bruto (PIB) do estado (Trindade, 2019).

Segundo Silva e Bampi (2020), esse processo globalizatório tem promovido uma profunda transformação nas práticas de uso da terra da região, intensificando o desmatamento e a conversão de florestas em áreas de cultivo de soja e pastagens para pecuária. Porto-Gonçalves (2015) destaca que foram marcantes os conflitos territoriais catalisados por esse processo, especialmente em áreas ocupadas por comunidades tradicionais. A construção dos grandes empreendimentos de infraestrutura levou à expropriação de terras e à marginalização dessas comunidades, resultando em tensões sociais e disputas por território que seguem ativas na Amazônia Oriental.

3 EXPORTAÇÃO DE MINÉRIO E SOJA: vetores de ruptura na produção do espaço amazônico

3.1. Expansão da mineração no sudeste do Pará

A atividade mineral, particularmente a mineração de ferro, desempenha um papel central na economia do Pará e na transformação territorial da região. A Serra dos Carajás, operada pela Vale S.A., é um dos maiores complexos mineradores do mundo, com reservas de alta qualidade que atraem investimentos substanciais e têm impactos significativos na economia local e nacional (Palheta da Silva *et al.*, 2014). Em 2011, a Vale anunciou investimentos de US\$ 24 bilhões, entre 2012 e 2016, para aumentar a produção de minério de ferro, bauxita e outros metais na Amazônia, destacando a importância estratégica da região para a indústria global de mineração (Trindade, 2019).

No entanto, essa expansão mineral traz consigo uma série de desafios socioambientais. A presença de grandes projetos mineradores frequentemente resulta na expropriação de terras de comunidades locais, incluindo povos indígenas e quilombolas, além de provocar desmatamento e poluição do ambiente. As comunidades indígenas Xikrin do Cateté, Mãe Maria, Caru e Rio Pindaré são diretamente afetadas pela dinâmica da mineração em Carajás, exemplificando os conflitos territoriais e culturais decorrentes desse modelo de desenvolvimento (Malheiro, 2021).

3.2. Expansão da soja no Matopiba

Simultaneamente à expansão da mineração, o agronegócio, especialmente a produção de soja, tem avançado rapidamente no Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, região conhecida como Matopiba. Esse movimento é caracterizado pela conversão de grandes áreas de Cerrado e de floresta em monoculturas de soja, impulsionadas por incentivos fiscais e investimentos em infraestrutura logística, como estradas e ferrovias (Silva, 2007).

A expansão da soja, portanto concernente à Amazônia Oriental e promovida pelas grandes corporações do agronegócio, muitas vezes em detrimento de agricultores familiares e comunidades tradicionais, concentra as posses de terra e as técnicas de modernização agrícola, resultando na marginalização de grupos sociais e no aumento das desigualdades regionais (Palheta da Silva *et al.*, 2014). Além disso, reforça-se que a produção de soja está associada ao desmatamento e à degradação ambiental, contribuindo para a perda de biodiversidade e as mudanças climáticas (Mello-Théry; Théry, 2009).

3.3. Infraestrutura logística e de exportação

A logística de exportação, tanto do minério quanto da soja, é imprescindível à integração da Amazônia Oriental aos mercados globais. A EFC e o Terminal Portuário de Ponta da Madeira, em São Luís, consistem em infraestruturas críticas para a viabilização do escoamento desses produtos. A EFC, que transporta o minério desde Carajás até o referido porto, é uma das mais eficientes ferrovias do mundo, destacando-se pela sua capacidade de carga e eficiência operacional (Paiva, 2017).

Da mesma forma, o escoamento da soja é facilitado pela infraestrutura portuária e ferroviária, que conecta as áreas de produção no Matopiba aos mercados internacionais. Essa rede logística não apenas suporta a exportação de *commodities*, mas também redefine a geografia econômica e social da região, promovendo uma nova dinâmica territorial baseada na exploração intensiva dos recursos naturais (Palheta da Silva *et al.*, 2017).

4 INFRAESTRUTURAS E RECONFIGURAÇÃO E RECONFIGURAÇÃO ESPACIAL: o Maranhão na era da globalização da natureza

4.1. Desenvolvimento das infraestruturas e seus impactos territoriais

A construção da EFC e do Porto do Itaqui não apenas facilitou a exportação de *commodities*, mas também desencadeou uma profunda reorganização territorial no Maranhão. A infraestrutura logística impulsionou a expansão da fronteira agrícola no sul do estado, particularmente em municípios como Balsas, que se tornaram polos importantes para a produção de soja, milho e outras culturas voltadas para exportação (Carvalho; Cidade, 2011). Essa expansão é facilitada pela construção da Ferrovia Norte-Sul, que conecta as áreas de produção agrícola aos portos de exportação, fortalecendo a integração da região ao mercado global (Paiva, 2017).

Além das infraestruturas ferroviárias e portuárias, o desenvolvimento de rodovias também desempenhou um papel fundamental na integração do Maranhão ao mercado global. A pavimentação e a melhoria de estradas como a BR-135 e a BR-222 facilitaram o transporte de

mercadorias e a mobilidade da população, contribuindo para a dinamização econômica de diversas regiões (Braga, 2011).

4.2. Urbanização e industrialização

O crescimento urbano e industrial nas regiões próximas às infraestruturas portuárias e ferroviárias tem gerado uma série de impactos socioambientais. Cidades como Açailândia e São Luís experimentaram uma rápida urbanização, acompanhada pela instalação de indústrias e siderúrgicas. Em Açailândia, por exemplo, a instalação de siderúrgicas acarretou graves problemas ambientais, como a poluição do ar e da água, além do deslocamento de comunidades locais, como a de Piquiá de Baixo (Assis, 2014).

A industrialização trouxe benefícios econômicos significativos, mas também desafios consideráveis. A cidade de São Luís, por exemplo, tornou-se um importante polo industrial, abrigando complexos como a Alumar e a Vale S.A., reconfigurando a composição da economia em diversos segmentos. No entanto, em termos ambientais, é sabido que tais megaempreendimentos provocaram relevantes impactos negativos à qualidade de vida da população e aos recursos naturais da cidade (Ribeiro Júnior; Sant'Ana Júnior, 2011).

4.3. Sustentabilidade e gestão territorial

As transformações territoriais decorrentes da globalização da natureza no Maranhão exigem uma gestão territorial que equilibre o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade ambiental e a justiça social. A criação de políticas públicas que promovam a inclusão social e a preservação ambiental é essencial para mitigar os impactos negativos das infraestruturas industriais e portuárias (Palheta da Silva *et al.*, 2017). As políticas regionais devem considerar as especificidades locais e envolver as comunidades no processo de planejamento, promovendo um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável (Rodrigues, 2020).

A reconfiguração espacial do Maranhão, ao longo das últimas décadas, vem sendo marcada por uma dualidade: de um lado, a integração ao mercado global por meio de infraestruturas robustas; de outro, os desafios ambientais e sociais que surgem como consequência desse modelo de desenvolvimento. O desenvolvimento sustentável no estado requer, portanto, uma abordagem holística que incorpore práticas de manejo ambientalmente responsáveis e a participação ativa das comunidades locais. A promoção de modelos de desenvolvimento alternativos, que valorizem a biodiversidade e os saberes tradicionais, é fundamental para assegurar a resiliência socioecológica da região (Palheta da Silva *et al.*, 2017).

5 CONCLUSÃO

A análise da implementação das infraestruturas industriais e portuárias na Baía de São Marcos e sua relação com a globalização da natureza na Amazônia Oriental revela um complexo cenário de desenvolvimento e desafios. A Baía de São Marcos, ao servir como um importante ponto de escoamento de recursos minerais e agrícolas, exemplifica como a globalização da natureza vem transformando o território amazônico e, por conseguinte, importantes recortes do território do estado do Maranhão.

Os impactos socioambientais das atividades industriais e portuárias são profundos. A poluição dos rios, a emissão de gases poluentes e a expropriação de terras resultaram em tensões sociais e ambientais que persistem até hoje. A marginalização de agricultores familiares e de comunidades tradicionais intensificou as desigualdades regionais, colocando em debate a sustentabilidade do modelo de desenvolvimento adotado.

A globalização da natureza na Amazônia Oriental, por sua vez mediada pelas infraestruturas industriais e portuárias na Baía de São Marcos, trouxe avanços econômicos, mas também grandes desafios socioambientais. A busca por um desenvolvimento mais sustentável e equitativo requer políticas públicas que considerem as especificidades locais e promovam práticas de manejo ambientalmente responsáveis. Somente através de uma complexa abordagem, que valorize a biodiversidade e os saberes tradicionais, será possível assegurar a resiliência socioecológica da região e um futuro mais justo e sustentável para todas as comunidades envolvidas.

REFERÊNCIAS

ASSIS, K. M. M. de. **Relação Porto Cidade: modelo institucional de relacionamento entre instituições públicas e privadas no Complexo Portuário do Itaqui**. São Luís, 2014. 104 f. Monografia (Graduação em Administração) – Universidade Federal do Maranhão.

BECKER, B. K. Carajás: gestão do território e territorialidade na Amazônia. **Espaço & Debates**, n. 25, p. 75-80, 1988.

BECKER, B. K. Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência. **Parcerias Estratégicas**, n. 12, p. 135-159, 2001.

BECKER, Bertha K. Reflexões sobre a geopolítica e a logística da soja na Amazônia. In: ANDRADE, Emeleocípio Botelho de (Ed.). *A geopolítica da soja na Amazônia*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. p. 285-310.

BECKER, B. K. **Amazônia: geopolítica na virada do III milênio**. 2. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2007.

BECKER, B. K. Novas territorialidades na Amazônia: desafio às políticas públicas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, v. 5, n. 1, p. 17-23, 2010.

BRAGA, Y. M. R. de O. **Território étnico: conflitos territoriais em Alcântara, Maranhão.** São José dos Campos, SP: Universidade do Vale do Paraíba, 2011. 167 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba. 2011.

CARVALHO, F. C. de; CIDADE, L. C. F. Grandes projetos, gestão do território e efeitos ambientais no Maranhão. **Espaço & Geografia**, v. 14, n. 1, p. 29-51, 2011.

COSTA, S. B. da. Chapadas e lutas: resistência camponesa no Baixo Parnaíba maranhense na rota do agronegócio silvicultor – conflitos territoriais e “usos” da natureza. 2016. 194 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

MALHEIRO, B. C. Ouvir o território e pensar por outras (geo)grafias: territorialidades em existência à mineração na Amazônia. **Ateliê Geográfico**, v. 15, n. 3, p. 188-205, dez. 2021.

MELLO-THÉRY, N. A. de; THÉRY, Hervé. Carajás-Parauapebas: conflitos entre modelos de desenvolvimento na Amazônia Oriental. **Revista Praia Vermelha**, v. 19, n. 2, p. 73-88, 2009.

MONTEIRO, M. de A.; SILVA, R. P. da. Expansão geográfica, fronteira e regionalização: a região de Carajás. *Confins: Revue franco-brésilienne de géographie / Revista franco-brasileira de geografia*, v. 49, 2021.

PAIVA, R. A. Desenvolvimento e a Amazônia em foco: história e poder. **Áltera – Revista de Antropologia**, v. 2, n. 5, p. 84-103, 2017.

DA SILVA, J. M. P. *et al.* Geography and mining in Carajás/Pará (Northern Region of Brazil). **International Journal of Geosciences**, v. 5, p. 1426-1434, 2014.

PALHETA, J. M. *et al.* Conflitos pelo uso do território na Amazônia mineral. **Mercator**, v. 16, e16023, 2017.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **A Globalização da Natureza e a Natureza da Globalização.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

PORTO-GONÇALVES, C. W. Amazônia enquanto acumulação desigual de tempos: uma contribuição para a ecologia política da região. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 107, p. 63-90, 2015.

RIBEIRO JÚNIOR, J. A. dos S.; SANT'ANA JÚNIOR, H. A. A geografia política dos conflitos ambientais no Maranhão: território, desenvolvimento e poder no Relatório de Sustentabilidade da Vale 2009. **Revista Percursos**, v. 3, n. 1, p. 107-123, 2011.

RODRIGUES, B. S. **Em defesa do Eldorado: disputa internacional pela Amazônia brasileira.** 2020. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Segurança Internacional e Defesa) – Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2020.

SILVA, C. A. F. da. **A geografia das corporações no avanço da soja na Amazônia.** *In: ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA*, XI, 2007, Bogotá D.C. Anais [...]. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, 2007.

SILVA, C. A. F. da; BAMPI, A. C. Geopolítica e antigeopolítica na Amazônia no neoliberalismo. **Ciência Geográfica**, v. 24, n. 3, p. 1478-1494, 2020.

TRINDADE, J. R. B. Empresas transnacionais, territorialidade e impactos ambientais na região amazônica oriental brasileira. *In*: CONGILIO, C. R.; BEZERRA, R.; MICHELOTTI, F. (orgs). **Mineração, trabalho e conflitos amazônicos no sudeste do Pará**. Marabá (PA): Iguana, 2019. p.15-48.




CAPÍTULO 9

ANÁLISE DA TENDÊNCIA CLIMÁTICA NO MUNICÍPIO DE ALCÂNTARA – MA




ANALYSIS OF CLIMATE TRENDS IN THE MUNICIPALITY OF ALCÂNTARA - MA

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva   




Doutora em Meio Ambiente e docente do IFMA Campus Alcântara, Brasil

Rebeca Santos de Jesus   




Técnica em Meio Ambiente pelo IFMA Campus Alcântara, Brasil

Tayllaine Ferreira Ramos   

Técnica em Meio Ambiente pelo IFMA Campus Alcântara, Brasil

Sidney Henrique Campelo de Santana   

Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Filipe Daniel Dutra de Moraes   



Graduação em Ciências Contábeis, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil

Diego Lima Matos   

Mestrado profissional em Energia e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

Pedro Paulo Lima Silva   




Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

Mariana Pessoa Coelho   




Mestra em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE, Brasil

Maria das Graças Feitosa Fernandes   


Pós-Graduada em Educação e Psicomotricidade pela FAFIRE, Brasil

John Wayni Santos Oliveira   

Mestre em matemática pela UFMA e docente do IFMA Campus Alcântara, Brasil

Francisco Jadilson dos Santos Silva   

Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e docente do IFMA Campus Alcântara, Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.622 

Resumo: Para o entendimento das atuais tendências de variação da precipitação pluviométrica no município de Alcântara-MA, análises estatísticas que indicam a variabilidade da intensidade e frequência da ocorrência de chuvas são importantes indicadores de modificação nos padrões climáticos. Por essa razão, este estudo tem como objetivo analisar a variabilidade nos padrões de precipitação no município de Alcântara-MA no período amostral de 1977 a 2019, a partir de análises estatísticas, para estimativa da tendência da ocorrência e intensidade de eventos extremos de precipitação. Foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica no município, processados através do software Climap 3.0, nos quais foram analisadas as séries mensais e anuais da precipitação, bem como os métodos de análise de regressão linear e teste não paramétrico de Kendall-tau para verificar a tendência linear da quantidade e intensidade dos eventos de chuva nas séries de precipitação avaliadas. Foi constatado que os maiores meses de precipitações foram os de janeiro, com média de 400mm pluviométricos, até o mês de junho com média de 200mm pluviométricos. A probabilidade de dias com precipitação em Alcântara varia acentuadamente ao longo do ano. A estação de maior precipitação dura de cinco a sete meses, do começo de janeiro até o final de junho. Desse modo o estudo foi importante por caracterizar mensalmente o clima de Alcântara, tendo em vista a escassez de trabalhos sobre o tema.

Palavras-chave: Variabilidade climática. Mudanças Climáticas. Tendência.

Abstract: To understand the current trends in precipitation variability in the municipality of Alcântara-MA, statistical analyses indicating the variability in the intensity and frequency of rainfall occurrences are important indicators of changes in climatic patterns. For this reason, this study aims to analyze the variability in precipitation patterns in the municipality of Alcântara-MA over the sample period from 1977 to 2019 through statistical analyses, to estimate the trend of occurrence and intensity of extreme precipitation events. Daily precipitation data for the municipality were processed using Climap 3.0 software, and monthly and annual precipitation series were analyzed, along with linear regression analysis and the non-parametric Kendall-tau test to assess the linear trend of rainfall quantity and intensity in the evaluated precipitation series. It was found that the highest precipitation months were January, with an average of 400mm, and June, with an average of 200mm. The probability of days with precipitation in Alcântara varies significantly throughout the year. The period of highest precipitation lasts from five to seven months, from early January to the end of June. Thus, the study was important for characterizing Alcântara's climate on a monthly basis, given the scarcity of research on the subject.

Keywords: Climate variability. Climate change. Trend.

1 INTRODUÇÃO

A precipitação pode ser entendida como um processo que possui uma grande variabilidade espacial e temporal (Silva; Simões, 2014). Desse modo, a detecção das causas dos ciclos e extremos pluviométricos relacionados aos fenômenos climáticos decorrentes da circulação atmosférica global é de suma importância para a compreensão da dinâmica climática de uma região, bem como a análise de tendência climática é de grande valia nos estudos climáticos por sinalizar modificações nas variáveis meteorológicas (Henson *et al.*, 2017; Jones, J. M. *et al.*, 2016; Madsen *et al.*, 2014; Mechler; Bouwer, 2015; Robins *et al.*, 2016; Tang, 2019; Thompson *et al.*, 2015).

Yevjevich (1972) define tendência em uma série temporal como uma mudança sistemática

e contínua em qualquer parâmetro de uma dada amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas. Para Goossens e Berger (1986) tendência climática é uma mudança do clima caracterizada por um contínuo acréscimo ou decréscimo nos valores observados da variável em um período determinado. Conti (2000) afirma que tendência é o “aumento ou diminuição lenta dos valores médios ao longo de série de dados de no mínimo três décadas, podendo ou não ocorrer de forma linear”. E segundo Silva *et al.* (2017), a análise da tendência de séries históricas de precipitação é uma das maneiras de se determinar a ocorrência de mudança climática local.

A mudança climática é uma das questões mais urgentes que enfrentamos atualmente, e seus efeitos são sentidos em todo o mundo. Para entender como essas mudanças estão afetando as regiões específicas, é importante realizar análises detalhadas das tendências climáticas locais. Nesse sentido, este projeto de pesquisa tem como objetivo investigar as tendências climáticas na região de Alcântara-MA, usando o software ClimAP 3.0. O estudo fornecerá informações valiosas sobre como as mudanças climáticas estão afetando essa região específica e pode ajudar na elaboração de políticas públicas e estratégias de adaptação para lidar com essas mudanças.

O ClimAP 3.0 é um software de análise climática desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA) do Brasil. Ele é projetado para ajudar na análise e interpretação de dados climáticos, permitindo que os usuários extraiam informações valiosas sobre as tendências climáticas em uma determinada área geográfica.

O software usa uma série de algoritmos avançados para processar dados climáticos, incluindo informações sobre precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica. Ele permite que os usuários gerem gráficos, mapas e relatórios para visualizar as tendências climáticas ao longo do tempo e em diferentes áreas geográficas.

O ClimAP 3.0 também possui recursos para a realização de análises estatísticas, incluindo a detecção de mudanças de tendências e a identificação de eventos extremos. Com esses recursos, os usuários podem ter uma compreensão mais profunda das mudanças climáticas em sua região específica e desenvolver estratégias de adaptação para lidar com essas mudanças. Em resumo, o ClimAP 3.0 é uma ferramenta poderosa para análise e interpretação de dados climáticos que pode ser usada em projetos de pesquisa e tomada de decisões relacionadas às mudanças climáticas.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a região Nordeste do Brasil apresenta uma grande variabilidade climática, com diferenças significativas na distribuição espacial e temporal das chuvas. Conforme destacado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a análise de tendências climáticas é fundamental para o planejamento de políticas públicas relacionadas à adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas em diferentes regiões do país.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é analisar a tendência climática no município de Alcântara-MA através da análise das séries mensais e anuais da precipitação e dos métodos de análise de regressão linear e teste não paramétrico de Kendall-tau para verificar a tendência linear da quantidade e intensidade dos eventos de chuva nas séries de precipitação avaliada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Serão analisados dados pluviométricos diários de pelo menos 30 anos das estações pluviométricas do município de Alcântara-MA. O preenchimento dos dados faltosos ocorrerá por correlação com estações meteorológicas mais próxima, levando-se em consideração a latitude e altitude dos postos pluviométricos e a que apresentou melhor coeficiente de correlação. Os dados serão processados através do software Climap 3.0.

Após a obtenção dos dados diários e análise, os dados foram processados no Climap 3.0 para a obtenção dos índices climáticos, como indicado por Barbosa *et al.* (2016):

- I. Totais mensais, trimestrais e anuais de precipitação pluviométrica
- II. DPP: Desvio padronizado da precipitação dos totais mensais, trimestrais e anuais.
- III. Regressão linear e Teste não paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), segundo proposto por Sneyers (1975) para delimitar o ponto inicial de determinada tendência, sendo ideal para detectar alterações de ordem climática em séries meteorológicas, permitindo, também, a localização aproximada do ponto inicial dessa alteração (Salvador, 2017; Silva *et al.*, 2018).

Posteriormente será elaborado o gráfico referente à quantidade de chuvas onde o P-valor reflete a significância do resultado. A identificação de tendência climática na precipitação pluviométrica será realizada aplicando-se o teste não-paramétrico de Mann-Kendall, recomendado pela Organização Meteorológica Mundial como um dos principais métodos de estudo de tendências de mudanças climáticas possibilitando ainda, a detecção do ponto inicial da tendência (Koudahe *et al.*, 2017; Worku *et al.*, 2019; Yue; Pilon; Cavadias, 2002).

Para trabalhar os dados de precipitação diários no software ClimAP 3.0, é necessário seguir uma metodologia específica, que pode ser resumida em algumas etapas:

1. Coleta de dados: é necessário coletar os dados diários de precipitação para a região de interesse. Esses dados podem ser obtidos a partir de estações meteorológicas, institutos de pesquisa ou outros provedores de dados confiáveis.
2. Preparação dos dados: é importante verificar a qualidade dos dados coletados e realizar correções, se necessário. Além disso, é preciso converter os dados brutos em um formato compatível com o software ClimAP 3.0.

3. Importação dos dados: os dados de precipitação preparados devem ser importados para o ClimAP 3.0, utilizando a opção "Importar Dados" no menu "Arquivo".
4. Análise dos dados: após a importação dos dados, é possível realizar diversas análises no ClimAP 3.0, incluindo a geração de gráficos de precipitação diária, a análise de tendências e a detecção de eventos extremos.
5. Geração de relatórios: por fim, é possível gerar relatórios personalizados no ClimAP 3.0, que incluem informações como as médias de precipitação, as tendências observadas e os eventos extremos detectados.

2.1 Caracterização climática

Alcântara é um município localizado no estado do Maranhão, na região Nordeste do Brasil. O clima de Alcântara é do tipo tropical úmido, com duas estações distintas: uma estação chuvosa, que vai de janeiro a junho, e uma estação seca, que vai de julho a dezembro.

A média anual de temperatura em Alcântara é de cerca de 26°C, com as temperaturas máximas ocorrendo durante a estação seca e as mínimas durante a estação chuvosa. A umidade relativa do ar média anual é de cerca de 80%, sendo mais elevada durante a estação chuvosa.

No que se refere à precipitação, Alcântara apresenta uma média anual em torno de 2.000 mm, concentrada principalmente na estação chuvosa. Durante a estação seca, as precipitações são escassas e irregulares.

É importante ressaltar que a variabilidade climática em Alcântara pode ser influenciada por fatores locais, como a topografia e a vegetação, além de fatores globais, como o El Niño e a Oscilação Decadal do Pacífico.

Conhecer a caracterização climática de uma região como Alcântara é fundamental para entender as mudanças climáticas e a tendência climática nessa região.

2.2 Etapas realizadas

1. Aquisição e Download de dados pluviométricos do Banco de Dados Meteorológicos do INMET – BDMEP;
2. Identificação e correção de erros de dados pluviométricos do Banco de Dados Meteorológicos do INMET-BDMEP;
3. Preparação de gráficos climatológicos;
4. Análise dos resultados dos gráficos e identificar o período em que foi identificada a mudança climática, relacionando-a a fenômenos climáticos observados na mesma época.

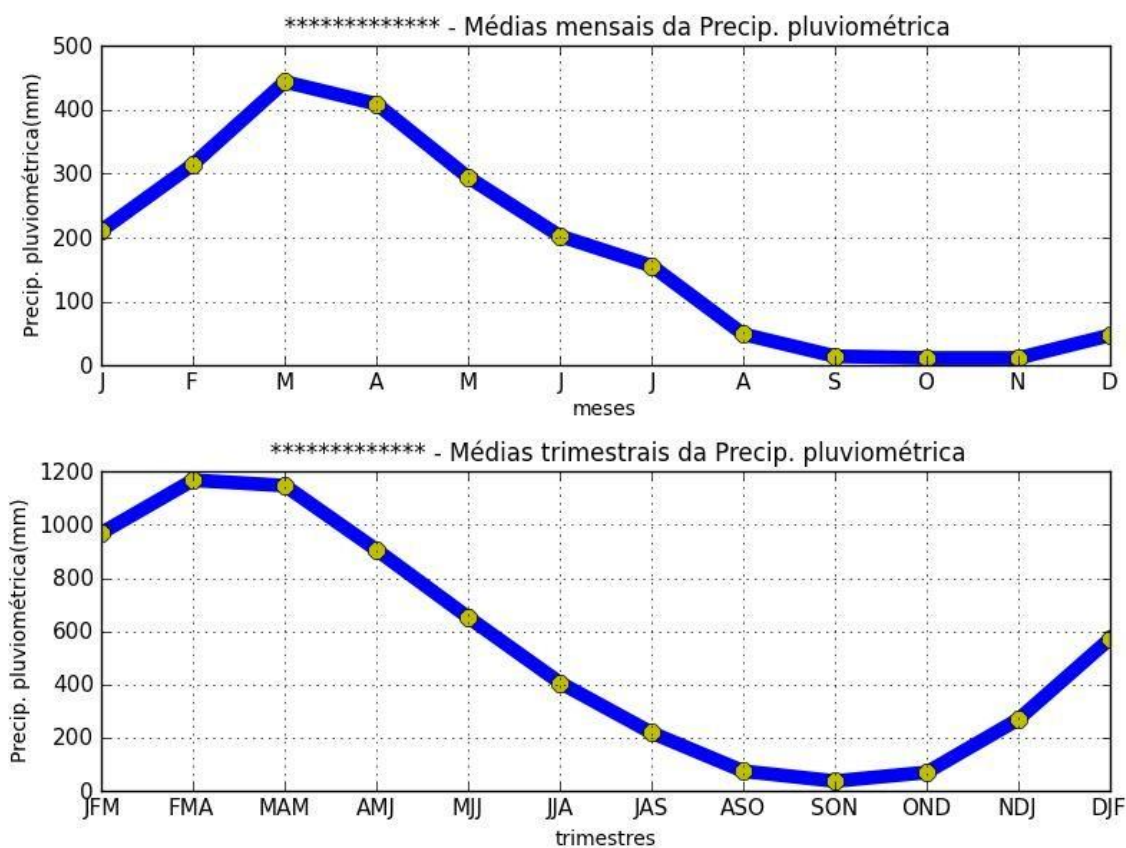
3 RESULTADOS

Foram realizados análises dos dados pluviométricos no município de Alcântara- MA com o objetivo de identificar a tendência climática do município e se há algum sinal de mudança nos padrões climáticos.

3.1 Médias mensais e trimestrais de precipitação pluviométrica (1977-2019)

Primeiramente foram elaborados os gráficos das médias mensais e trimestrais da precipitação pluviométrica entre os anos de 1977 a 2019 (Figura 1).

Figura 1 – Médias mensais e trimestrais de precipitação pluviométrica.

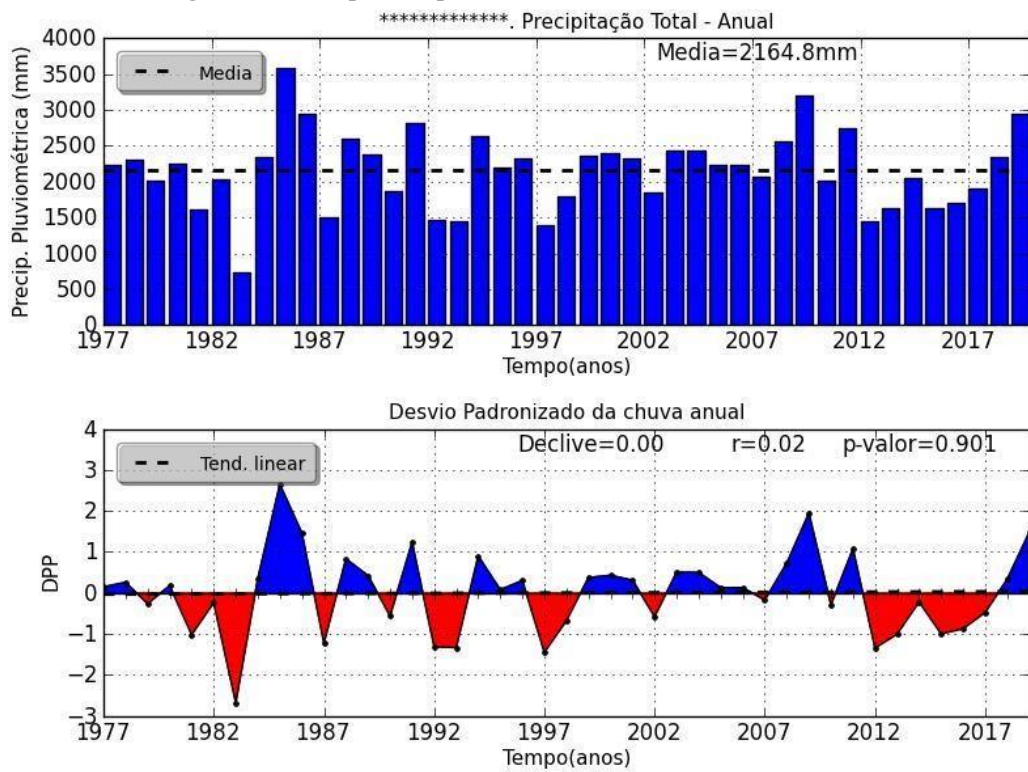


Fonte: Autores, 2024.

3.2 Precipitação pluviométrica total de 1977 a 2019

Na figura abaixo, se apresenta a precipitação total de 1977 a 2019. Pode-se observar que a média de precipitação pluviométrica anual é de 2164.8 mm.

Figura 2 – Precipitação pluviométrica total de 1977 a 2019.

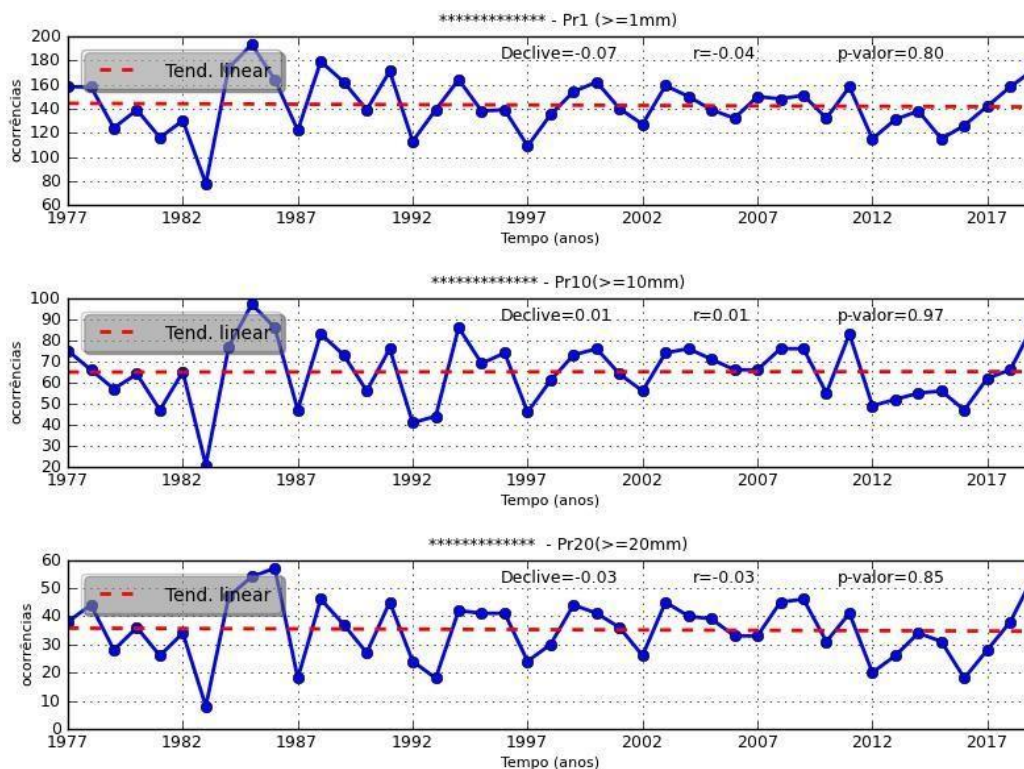


Fonte: Autores, 2024.

3.3 Extremos de precipitação

Elaborou-se gráficos que apresentam estimativas de dias com chuva menores ou iguais que 1 mm (≥ 1 mm), dias com chuvas menores ou iguais que 10 mm (≥ 10 mm) e dias com chuvas menores ou iguais do que 20 mm diários (≥ 20 mm), (Figura 3).

Figura 3 – Extremos de precipitação. Dias com chuva ≥ 1 mm; Dias com chuva ≥ 10 mm; Dias com chuva ≥ 20 mm diários.

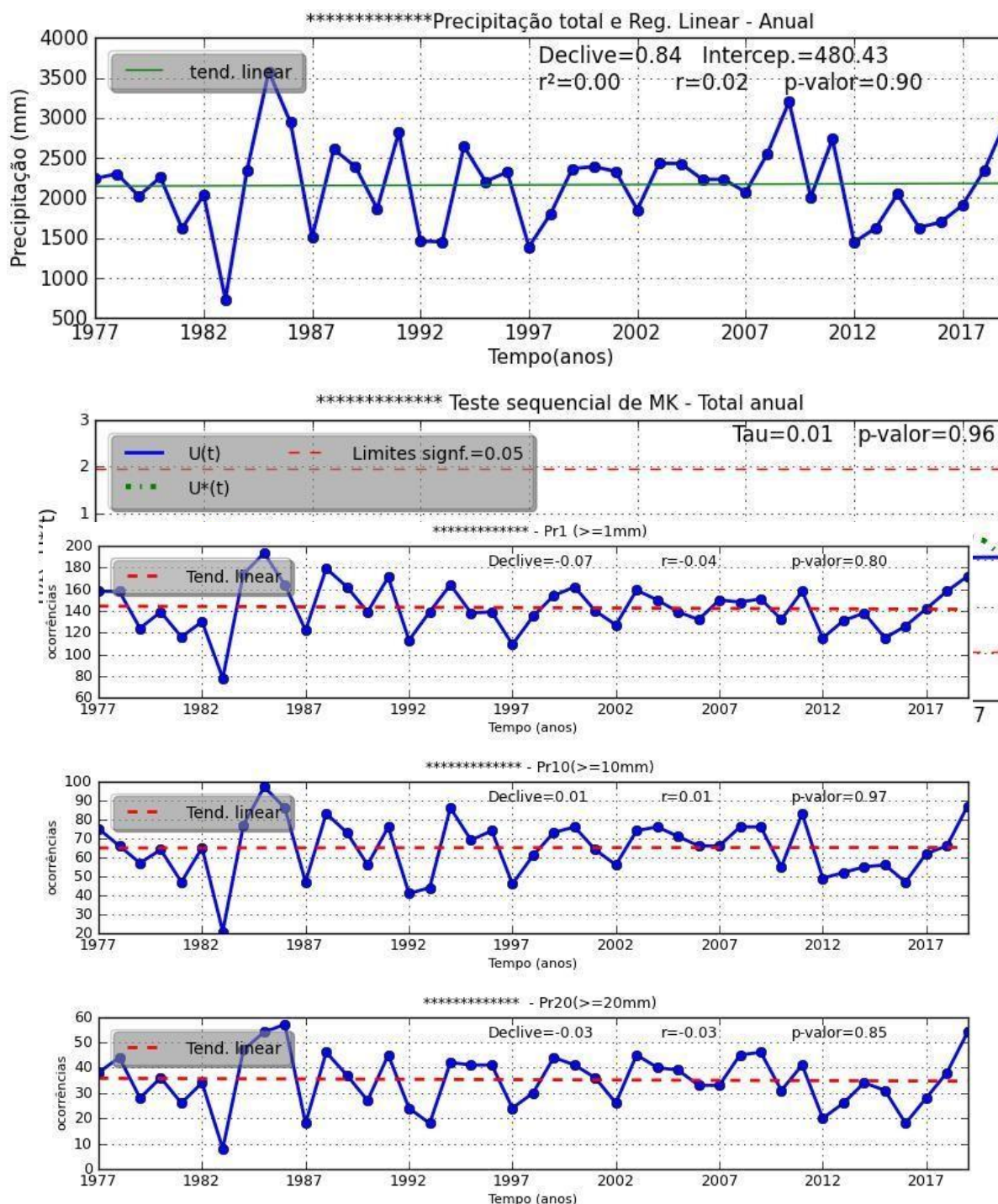


Fonte: Autores, 2024.

3.4 Regressão Linear e o Teste Sequencial de Mann-Kendall para o período de 1977 a 2019

O teste Sequencial de Mann-Kendall foi proposto inicialmente por Sneyers (1975). É um teste estatístico não paramétrico, no qual, na hipótese da estabilidade de uma série temporal, os valores devem ser independentes e a distribuição de probabilidades deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples). De acordo com Portela *et al.* (2011), o referido teste é relatado por inúmeros autores, que evidenciam resultados bastante consistentes. Chebana et al. (2013) acrescentam que é uma ferramenta poderosa para teste de tendências e destacam que o mesmo foi concebido para testar a hipótese nula (H_0), de ausência de tendência. Sendo assim, foi realizada a Regressão Linear e o Teste Sequencial de Mann-Kendall para o período amostral de 40 anos, sendo de 1977 a 2019 (Figura 4).

Figura 4 - Regressão Linear e o Teste Sequencial de Mann-Kendall para o período amostral de 1977 a 2019 em Alcântara-MA.



4 DISCUSSÃO

Através dos gráficos elaborados com os dados diários de precipitação pluviométrica foi possível observar que os trimestres mais chuvosos no município de Alcântara-MA são os de janeiro a março e de fevereiro a abril. Os trimestres que apresentam uma menor média de precipitação pluviométrica são de julho, agosto e setembro; agosto a outubro, setembro a novembro. Sendo

assim, concluímos que o período mais chuvoso na região é de janeiro a meados de junho, enquanto o período de estiagem se estende de julho a dezembro.

Elaborou-se gráficos que apresentam estimativas de dias com chuva menores ou iguais que 1 mm (≥ 1 mm), dias com chuvas menores ou iguais que 10 mm (≥ 10 mm) e dias com chuvas menores ou iguais do que 20 mm diários (≥ 20 mm) e pôde-se observar que os dias com chuvas ≥ 20 mm apresentaram aumento nas últimas décadas.

Os resultados demonstraram que houve tendência de aumento da precipitação no município de Alcântara-MA, no entanto essa tendência não é estatisticamente significativa. Os níveis de declive apontam também que não há grande probabilidade de que em um futuro próximo haja uma mudança climática de grande magnitude na região, já que os resultados encontrados podem ser considerados de baixa significância.

5 CONCLUSÃO

Essa pesquisa utilizou-se de dados das precipitações pluviométricas desde a década de 1977 até 2019. Através da análise dos dados diários de precipitação pluviométrica, foi possível observar que os trimestres mais chuvosos no município de Alcântara-MA ocorrem entre os meses de janeiro a março e de fevereiro a abril. Por outro lado, os trimestres que apresentam menor média de precipitação pluviométrica são os meses de julho, agosto e setembro, e de agosto a outubro, setembro a novembro. Esses resultados evidenciam que o período mais chuvoso na região é de janeiro a meados de junho, enquanto o período de estiagem se estende de julho a dezembro.

Foi constatado que os maiores meses de precipitações foram os de janeiro, com média de 400mm pluviométricos, até o mês de junho com média de 200mm pluviométricos. A probabilidade de dias com precipitação em Alcântara varia acentuadamente ao longo do ano. A estação de maior precipitação dura de cinco a sete meses, do começo de janeiro até o final de junho. O mês com maior número de dias com precipitação é outubro com média de 25 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação.

Dessa forma, esta pesquisa teve por importância mostrar os níveis de precipitação pluviométrica no município de Alcântara-MA, trazendo dados que comprovam estatisticamente que não houve a ocorrência de mudança climática ao que tange aos 40 anos estudados. Contribuindo assim para as atuais discussões sobre o assunto, uma vez que pôde-se analisar que não há uma tendência significativa que aponte para uma futura alteração no microclima da região, nos próximos anos.

Agradecimentos

À agência de fomento que implementou as bolsas necessárias para a pesquisa realizada no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq (PIBIC).

REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2004.

LELIS, T. A. *et al.* Impactos causados pelas mudanças climáticas nos processos erosivos de uma bacia hidrográfica: Simulação de cenários. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 2011.

MOLION, L. C. B. Considerações sobre o aquecimento global antropogênico. **Informe Agropecuário**, 2008.

_____. Notas para o estudo do clima do centro-oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 13, n. 1, p. 3-46, 1951.

SAITO, C. H. (org.). **Desenvolvimento tecnológico e metodológico para a mediação entre usuários e comitês de bacia hidrográfica**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2004. 138 p. Biblioteca(s): Embrapa Cerrados; Embrapa Clima Temperado; Embrapa Semiárido.

SALVADOR M.A. CLIMAP- Aplicativo para análise de dados climáticos- versão 3.0. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13-Vol.20, 2017.

SILVA, R. O. B. **Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica no Estado de Pernambuco** (Dissertação) Mestrado em tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

SILVA, E. R. A. C. *et al.* Análise da tendência temporal da precipitação pluviométrica interanual e intra-anual no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 14, v. 22, p. 76-98, 2018.

STEINKE, V.A; STEINKE, E.T. ; SAITO, C. H. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimentos em Planaltina - DF. **Revista brasileira de climatologia**, v. 6, p. 37-56, 2010.

TAVARES, A. C. **O clima local de Campinas: introdução ao estudo do clima urbano**. 1975. 180f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

WORKU, G. *et al.* Observed changes in extremes of daily rainfall and temperature in Jemma Sub-Basin, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. **Theoretical and Applied Climatology**, 2019.

WRIGHT, N. M. *et al.* No Change in Southern Ocean Circulation in the Indian Ocean From the Eocene Through Late Oligocene. **Paleoceanography and Paleoclimatology**, 2018.

XAVIER-DA-SILVA, J. CARVALHO-FILHO, L. M. Sistema de Informação geográfica: uma proposta metodológica. IV CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA SOBRE SISTEMAS

DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA e II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO. São Paulo: EDUSP, 1993. p.609-628.

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, 2002.

ZAVATTINI, J. A. O paradigma da análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. **Geografia**, v. 25, n. 3, p. 25 – 44, 2000.

CAPÍTULO 10

IDENTIFICAÇÃO DE MUDANÇA CLIMÁTICA NA BAIXADA MARANHENSE ATRAVÉS DA ELABORAÇÃO DE GRÁFICOS CLIMATOLÓGICOS




IDENTIFICATION OF CLIMATE CHANGE IN THE BAIXADA MARANHENSE THROUGH THE DEVELOPMENT OF CLIMATOLOGICAL GRAPHS

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva   




Doutora em Meio Ambiente e docente do IFMA Campus Alcântara, Brasil

Tayllaine Ferreira Ramos   




Técnica em Meio Ambiente pelo IFMA Campus Alcântara, Brasil

Rebeca Santos de Jesus   

Técnica em Meio Ambiente pelo IFMA Campus Alcântara, Brasil

Sidney Henrique Campelo de Santana   

Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Filipe Daniel Dutra de Moraes   

Graduação em Ciências Contábeis, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil

Diego Lima Matos   

Mestrado profissional em Energia e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

Pedro Paulo Lima Silva   


Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

Mariana Pessôa Coelho   




Mestra em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE, Brasil

Maria das Graças Feitosa Fernandes   


Pós-Graduada em Educação e Psicomotricidade pela FAFIRE, Brasil

John Wayni Santos Oliveira   

Mestre em matemática pela UFMA e docente do IFMA Campus Alcântara, Brasil

Francisco Jadilson dos Santos Silva   

Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e docente do IFMA Campus Alcântara, Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.623 

Resumo: Análises estatísticas de mudança climática são importantes indicadores de modificação nos padrões climáticos e, conseqüentemente, possibilita analisar e até prever, com antecedência, os efeitos dos diversos sistemas climáticos atuantes que caracterizam o clima regional. Por essa razão, esta pesquisa teve por objetivo analisar a variabilidade nos padrões de precipitação no período amostral de 40 anos, a partir da análise estatística, para estimativa do período em que pode ter se caracterizado uma mudança climática na região. Foram analisados dados de estações meteorológicas convencionais próximas à região da Baixada Maranhense e processados no software CLIMAP 3.0 e elaboraram-se gráficos com métodos de análise de regressão linear e teste não paramétrico de Kendall-tau para verificar a tendência linear da quantidade e intensidade dos eventos de chuva nas séries de precipitação avaliadas. O estudo mostrou a variação nos padrões de precipitação pluviométrica proveniente da atuação de diferentes sistemas meteorológicos na região. Os gráficos mostraram os extremos de precipitação pluviométrica e as médias de precipitações mensais e trimestrais, que declaram os 6 (seis) primeiros meses do ano como os mais chuvosos, com uma alta média de precipitação, e os 6 (seis) últimos meses do ano como de estiagem, com uma média de precipitação mais baixa e a média histórica de precipitação anual no período amostral da área estudada é de 6651.14mm. De acordo com as estatísticas, a região pode ser considerada de alta pluviosidade, entretanto, pôde-se observar uma redução na quantidade de chuvas durante o estudado. Todavia, a tendência de diminuição não é estatisticamente significativa.

Palavras – chave: Mudança climática. Precipitação pluviométrica. Gráficos climatológicos.

Abstract: Statistical analyses of climate change are important indicators of modifications in climatic patterns and consequently allow for the analysis and even prediction, in advance, of the effects of various climatic systems that characterize the regional climate. For this reason, this research aimed to analyze the variability in precipitation patterns over a 40-year sample period through statistical analysis, to estimate the period during which a climate change might have occurred in the region. Data from conventional meteorological stations near the Baixada Maranhense region were analyzed and processed using CLIMAP 3.0 software, and graphs were created using linear regression analysis methods and the non-parametric Kendall-tau test to verify the linear trend of the quantity and intensity of rainfall events in the evaluated precipitation series. The study showed variations in precipitation patterns due to the influence of different meteorological systems in the region. The graphs illustrated extremes of precipitation and average monthly and quarterly precipitation, showing that the first six months of the year are the rainiest, with a high average of precipitation, while the last six months of the year are drier, with a lower average precipitation. The historical average annual precipitation for the studied area during the sample period is 6651.14mm. According to the statistics, the region can be considered to have high rainfall; however, a reduction in the amount of rainfall was observed during the study period. Nonetheless, the trend of decrease is not statistically significant.

Keywords: Climate change. Precipitation. Climatological graphs.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são um dos maiores desafios da sociedade atual. Elas se caracterizam como alterações, em longo prazo, nas características do clima e da temperatura do planeta (Silva, 2018). É certo que o sistema climático é regulado pela quantidade de energia solar que a terra recebe, porém esse sistema também é afetado por outros fluxos de energia entre os seus

subsistemas (Shimizu, 2007). Sendo assim, o sistema climático é composto por um conjunto de cinco subsistemas, os quais são: Atmosfera, hidrosfera, criosfera, biosfera, litosfera, sendo que estes interagem entre si (Tilio Neto, 2010).

É possível identificar a influência humana sobre a variação climática pela análise dos componentes moleculares da atmosfera terrestre, já que o aumento das temperaturas globais se dá pela intensificação do efeito estufa, um fenômeno natural causado por moléculas – como CO², H²O e CH⁴ – que absorvem radiação solar infravermelha, transferindo e aquecendo as camadas atmosféricas mais baixas (Nobre, 2008).

As atividades humanas têm sido o principal impulsionador das mudanças climáticas, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás. Isso se explica pelo fato de que em meados do século XVIII, com o início da revolução industrial, atividades como derrubada de florestas e queima de combustíveis fósseis tornaram-se comuns, sendo algo que foi se intensificando ao decorrer das décadas, o que trouxe sérias complicações e desequilíbrios na estrutura ecológica, climática e funcional do planeta (Blank, 2015). Entre elas, a alta concentração de gases do efeito estufa, o que forçadamente intensifica o processo. Por conta desse cenário, esforços internacionais deram origem a tratados, como o Acordo de Paris, para tentar conter as temperaturas globais (Vital, 2018).

O Brasil, para enfrentar as questões inerentes ao clima, instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, instituída pela Lei 12.187/2009, que é constituída por normas que guiam ações a serem desenvolvidas pelo país no que se refere à contribuição voluntária para estabilizar as emissões de gases de efeito estufa, assim como aquelas destinadas a promover a adaptação às mudanças climáticas. Os acordos, metas e tratados internacionais são elaborados com base nos relatórios do IPCC, órgão da ONU responsável por analisar e sintetizar as informações obtidas por diversos estudos e modelos climáticos, um desses é o relatório especial de 2018, dedicado ao aquecimento global, que foi elaborado durante aproximadamente dois anos e divulgado em agosto de 2019. Ele estimou que as atividades humanas causaram cerca de 1°C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, além disso, é provável que as temperaturas atinjam 1,5°C entre os anos 2030 e 2052, caso continuem a aumentar no ritmo atual.

As mudanças climáticas podem ser consideradas como uma das ameaças mais significativas à sobrevivência dos ecossistemas, com vários efeitos potenciais sobre indivíduos, populações e comunidades, os quais já começam a ser detectados (Walther *et al.*, 2014). Modificações na temperatura e precipitação também poderão acarretar em modificações nos recursos hídricos, afetando o abastecimento humano, geração de energia e agricultura (Nóbrega, 2008).

Uma avaliação da variabilidade climática, ao longo do tempo no Brasil, mostra que, dependendo da região analisada, podem ocorrer alterações contínuas ou ciclos bem demarcados dos elementos meteorológicos, como a temperatura e a precipitação (Pinto *et al.*, 2003). Para o entendimento das atuais tendências de variação da precipitação pluviométrica nas regiões, as análises estatísticas de mudança climática se destacam como um importante indicador de modificação nos padrões climáticos possibilitando analisar e até prever, com antecedência, os efeitos dos diversos sistemas climáticos atuantes que caracterizam o clima regional (Silva, 2018).

Portanto, esta pesquisa tem por objetivo analisar a variabilidade nos padrões de precipitação no período amostral de pelo menos 30 anos, a partir da análise estatística, para estimativa do período em que pode ter se caracterizado uma mudança climática na região da baixada maranhense, através da elaboração e análise de gráficos climatológicos.

Para tal, serão elaborados gráficos de Regressão linear e Teste não paramétrico de Mann-Kendall através do software Climap 3.0, associando os resultados obtidos a fenômenos climatológicos existentes com a utilização de wavelets trabalhados no software Matlab.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2021), a microrregião geográfica da Baixada Maranhense está localizada na mesorregião norte maranhense, sendo constituída por 21 (vinte e um) municípios, sendo eles: Anajatuba, Arari, Bela Vista do Maranhão, Cajari, Conceição do Lago-Açu, Igarapé do Meio, Matinha, Monção, Olinda Nova do Maranhão, Palmeirândia, Pedro do Rosário, Penalva, Perimirim, Pinheiro, Presidente Sarney, Santa Helena, São Bento, São João Batista, São Vicente Ferrer, Viana e Vitória do Mearim com população total de 593.207 habitantes, com uma área territorial de 17.429 Km² e densidade populacional de 34,4 hab./Km².

Possui o maior conjunto de bacias lacustres do Nordeste brasileiro, incorporando complexa interface de ecossistemas, que abriga ricas fauna e flora, aquática e terrestre. A baixada maranhense é dotada de características naturais extraordinárias, de grande beleza cênica e importância ecológica. Sendo uma região que recebe influência fluvial (dos rios que compõem as bacias hidrográficas e lacustres da baixada) e marinha (à oscilação das águas do Golfão Maranhense).

Constitui um ecocomplexo que inclui diversos componentes, tais como rios, lagos, estuários, agroecossistemas, campos naturais e, principalmente, um grande sistema de áreas inundáveis. Tais campos representam a principal paisagem natural que constitui a região. Segundo dados do Atlas do Maranhão, o clima característico é tropical quente e úmido, com umidade relativa

do ar entre 79% e 82%; a temperatura varia entre 26°C a 31°C e a precipitação pluviométrica anual fica em torno de 2.400mm. Silva e Moura (2004) destacam que a precipitação pluviométrica é sazonal com um período seco de 6 a 7 meses dos quais 3 a 4 meses podem ser considerados muito secos, e um período chuvoso de cinco a seis meses com pelo menos dois muito chuvosos com mais de 40% da precipitação total.

De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022), existem 13 estações meteorológicas na região da baixada maranhense. Estas, também chamadas de estações climatológicas, recolhem dados para análise do tempo meteorológico através de um conjunto de instrumentos ou sensores. Esses instrumentos são capazes de registrar a temperatura do ar, velocidade e direção do vento, umidade do ar, radiação solar, chuva, pressão atmosférica entre outras variáveis.

2.2 Procedimentos metodológicos

Para estabelecer a análise de tendência analisou-se o padrão diário, mensal e anual do regime de chuvas, atentando a variabilidade pluviométrica existente. Assim sendo, foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica obtidos pela BDMEP, plataforma que abriga dados meteorológicos diários em forma digital de séries históricas das várias estações meteorológicas convencionais e automáticas da rede de estações do INMET.

Foram analisados dados de 4 (quatro) estações convencionais próximas dos municípios que compõem a baixada maranhense, no período de 1977 a 2017. Para verificação da exatidão, os mesmos foram submetidos à comparações com dados de precipitação de outras estações, analisando as datas e os níveis de precipitação total. Após analisados, foram processados no software Climap 3.0, que é uma ferramenta computacional para análise de dados meteorológicos diários.

Nesse aplicativo são utilizadas técnicas estatísticas para análise de variação e tendência nas séries de chuva e temperatura. Diversos índices de extremos também são disponibilizados. A ferramenta disponibiliza recursos para análise de correlação entre índices climáticos e as séries de chuva e temperatura. A interface gráfica da nova versão está dividida basicamente em sete seções: Arquivo de dados; Climatologia; Índices de precipitação pluviométrica;

ETAPAS REALIZADAS

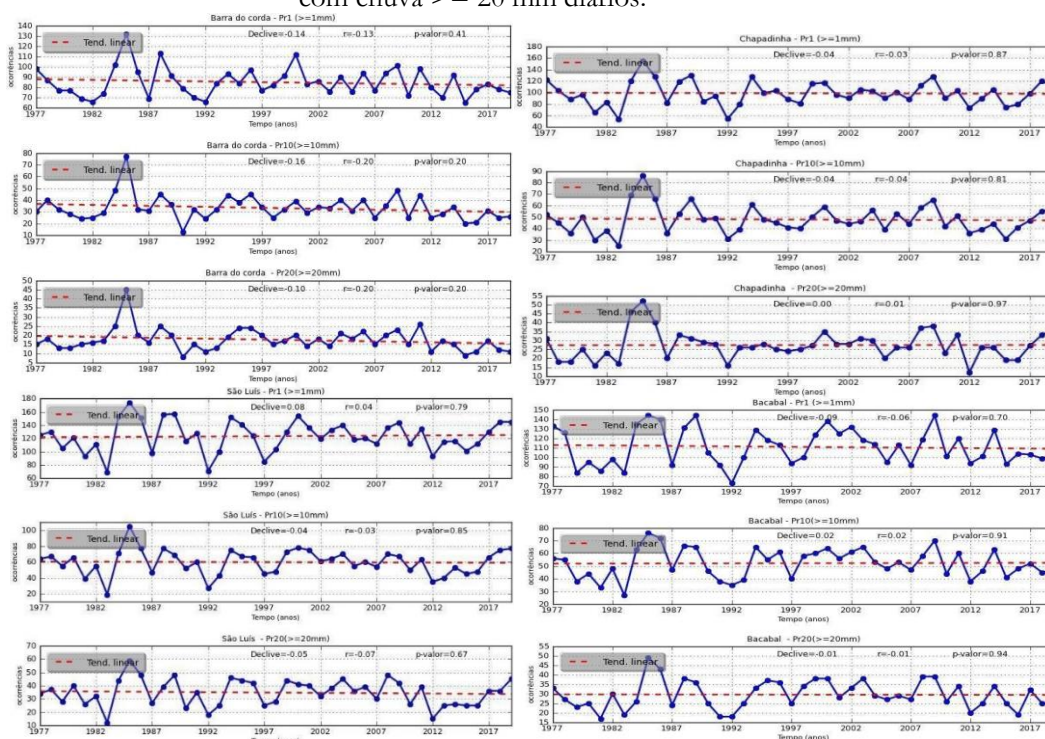
1. Aquisição e Download de dados pluviométricos do Banco de Dados Meteorológicos do INMET – BDMEP;
2. Identificação e correção de erros de dados pluviométricos do Banco de Dados Meteorológicos do INMET-BDMEP;

3. Preparação de gráficos climatológicos;
4. Analisar os resultados dos gráficos e identificar o período em que foi identificada a mudança climática, relacionando-a a fenômenos climáticos observados na mesma época.

3 RESULTADOS

Primeiramente, foram analisados os extremos de precipitação dos anos de 1977 a 2017 (um período de 40 anos) das quatro estações climatológicas localizadas próximas à região da baixada maranhense (Figura 1).

Figura 1 – Extremos de precipitação. Dias com chuva ≥ 1 mm; Dias com chuva ≥ 10 mm; Dias com chuva ≥ 20 mm diários.



Fonte: Autores, 2024.

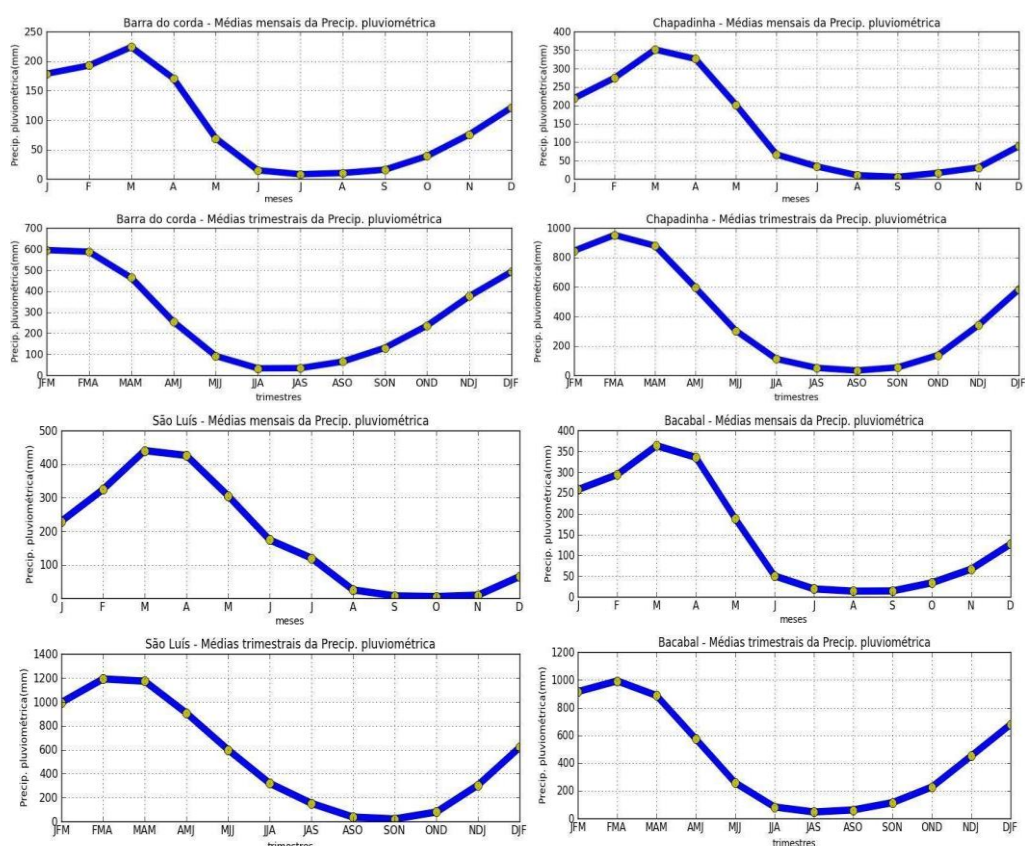
Elaborou-se gráficos que apresentam estimativas de dias com chuva menores ou iguais que 1 mm (≥ 1 mm), dias com chuvas menores ou iguais que 10 mm (≥ 10 mm) e dias com chuvas menores ou iguais do que 20 mm diários (≥ 20 mm).

Pode ser observado que em relação ao Pr1 (≥ 1 mm), a primeira estação apresentou uma tendência linear negativa, ou seja, uma pequena redução das precipitações durante os anosna série histórica admitida. Entretanto, o P-valor foi de 0.41 o que sugere que a probabilidade de significância desse resultado não foi estatisticamente significativa. Pois de acordo com Salvador (2017) se P-valor for ≥ 0.5 não há tendência, entretanto se for ≤ 0.5 há tendência, e ainda se p-valor for ≤ 0.05 há tendência com significância estatística.A segunda, terceira e quarta estação

apresentam uma projeção linear estável, com um Pvalor superior a 0.5 (Chapadinha: P-valor = 0.87; São Luís: P-valor = 0.79; Bacabal: Pvalor = 0.70). Logo, não há uma probabilidade de significância.

Nos dias de chuva superiores ou iguais a 10 mm, as estações Barra do corda e chapadinharegistraram uma pequena redução das precipitações durante os anos na série histórica admitida, as outras duas estações seguiram em uma reta estável. O P- valor de todas as estações é superior a 0.5. Em relação ao Pr20 (≥ 20 mm), os dados também não mostram uma probabilidade de significância estatisticamente significativa, já que o P-valor é superior a 0.5 em todas as estações apresentadas, apesar de algumas delas apresentarem uma tendência linearnegativa, com baixa nos níveis de precipitação. Após analisados estes extremos, se faz importante a identificação de quais as médias mensais e trimestrais da precipitação pluviométrica entre os anos de 1977 a 2017 (Figura 2):

Figura 2 – Médias mensais e trimestrais de precipitação pluviométrica.



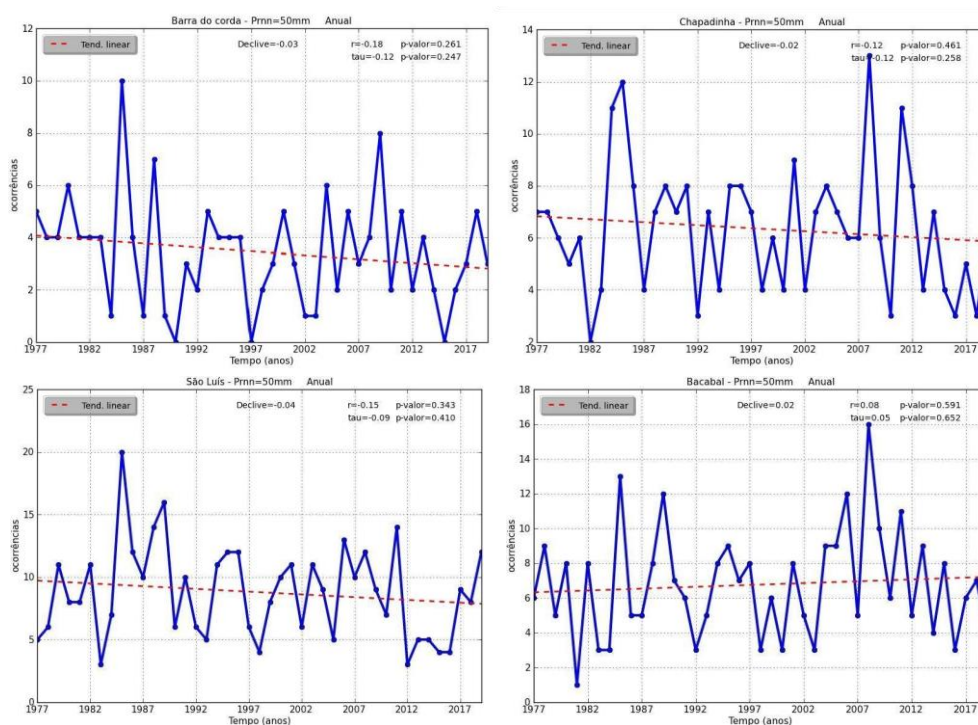
Fonte: Autores, 2024.

A partir dos dados expostos nos gráficos, é possível ver que o mês em que há uma maior média de precipitação é março. Já os o mês em que há uma menor média de precipitação, varia de julho a outubro.

Os trimestres mais chuvosos são de janeiro a março e de fevereiro a abril. Os trimestres que apresentam uma menor média de precipitação pluviométrica são de junho a agosto, agosto a outubro, setembro a novembro e julho a setembro. Sendo assim, concluímos que o período mais chuvoso na região é de janeiro a meados de junho, enquanto o período de estiagem se estende de julho a dezembro. A precipitação histórica de média anual é em torno de 6651.14 mm.

A seguir, foram elaborados gráficos dos volumes de precipitação acima ou igual a cinquenta mm (≥ 50 mm).

Figura 3 – Precipitação acima ou igual a 50 mm.

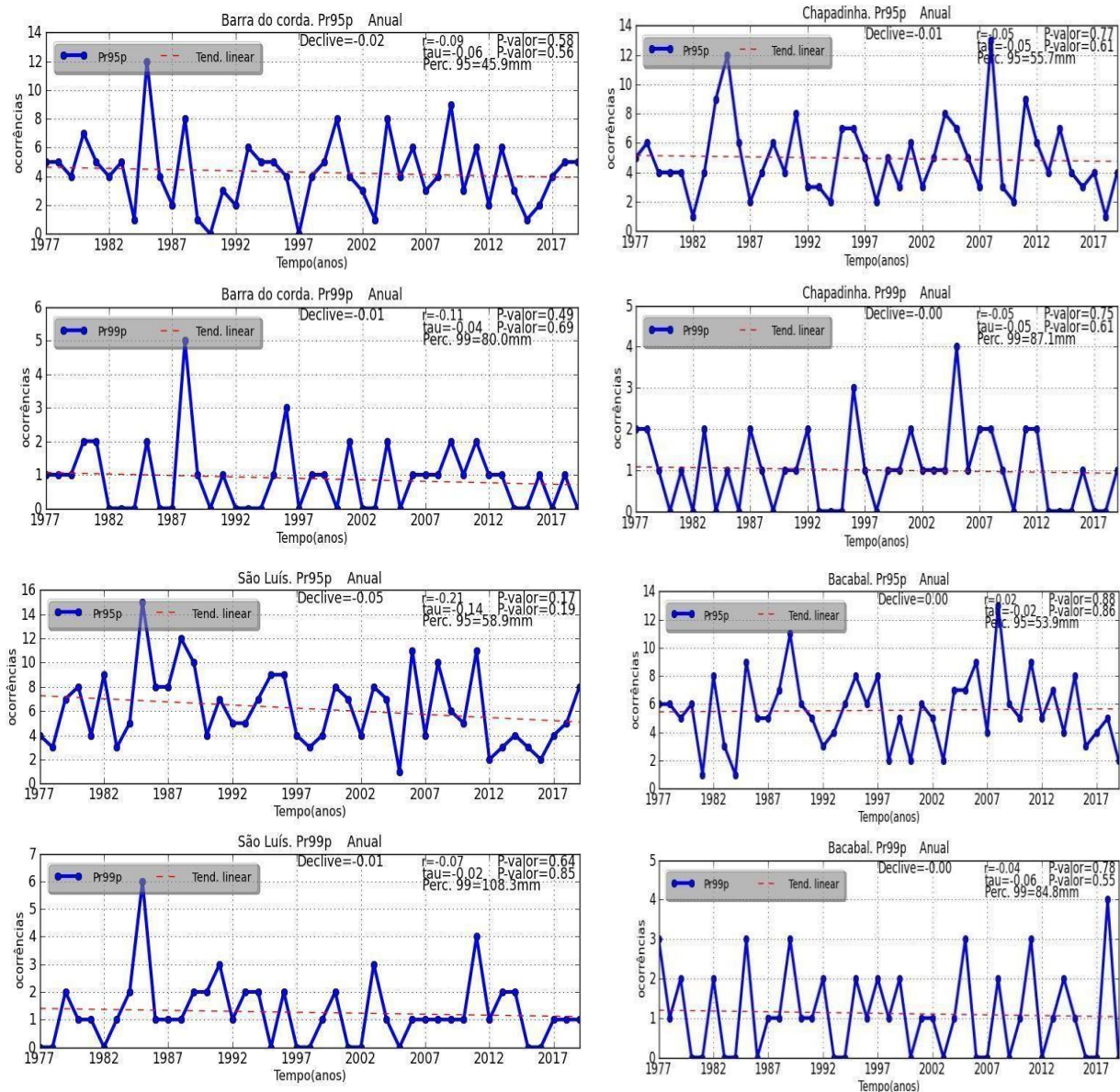


Fonte: Autores, 2024.

Ao observar os dados, nota-se que há uma tendência linear de diminuição no nível de precipitação acima ou igual a 50 mm, com exceção de uma das estações. Estas apresentaram declive igual ou superior a 0.02 (Barra do corda= 0.03; Chapadinha = 0.02; São Luís = 0.04; Bacabal= 0.02). r igual ou superior a 0.08 (Barra do Corda = 0.18; Chapadinha = 0.12; São Luís = 0.15; Bacabal = 0.08). Tau = -0.12; -0.12; -0.09; 0.05.

Em relação ao P-valor, todos os resultados encontrados foram acima de 0.5, logo a redução nos níveis de precipitação superior ou igual a 50 mm não há uma tendência com significância estatística. Logo após, foi analisado a precipitação ao longo dos 40 anos de período amostral a 95%(considerado 45.9 mm; 55.7 mm; 58.9 mm; 53.9 mm de precipitação) e a 99% de confiança (considerado 80.0 mm; 87.1 mm; 108.3 mm; 84.8 mm de precipitação) como mostra a figura 4.

Figura 4 – Ocorrência de precipitação a 95% e 99% de confiança.



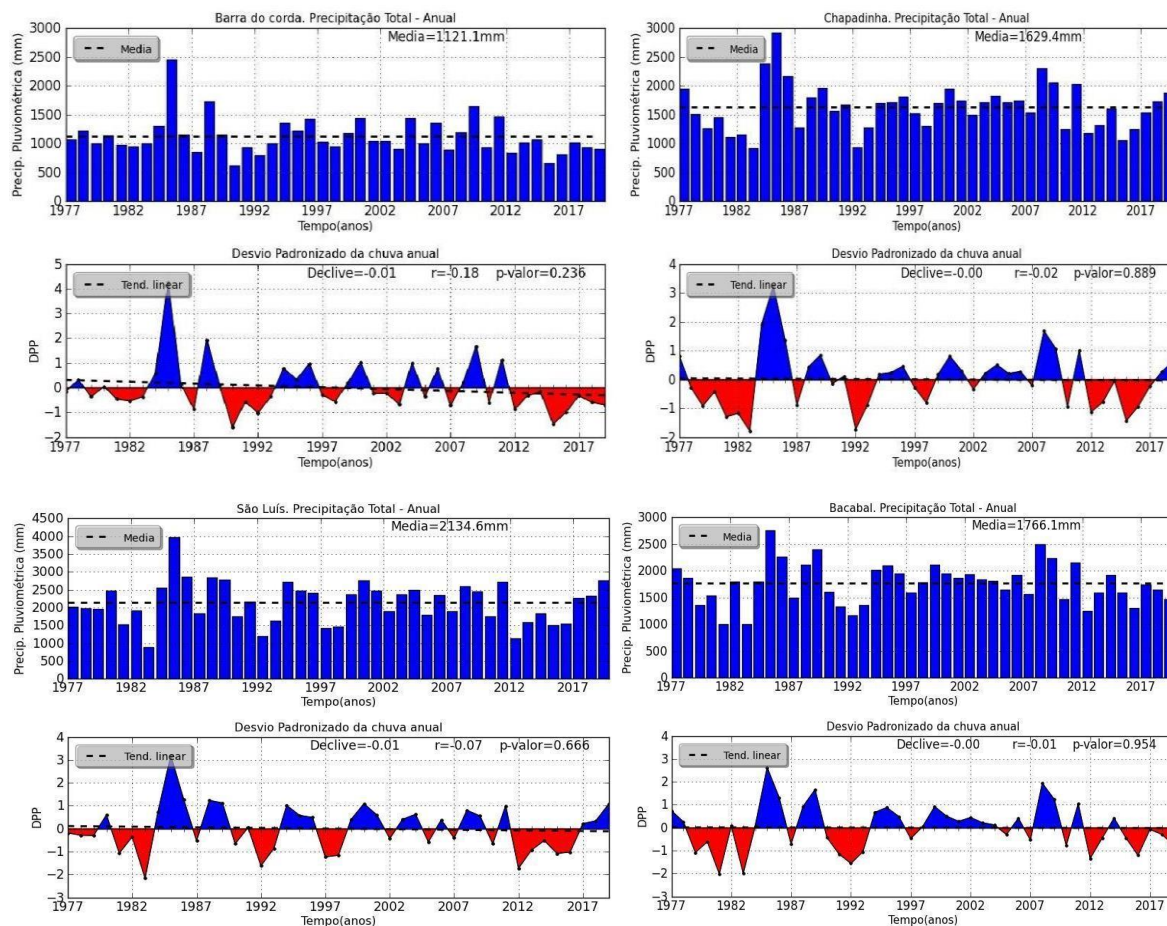
Fonte: Autores, 2024.

Nota-se que há um declive de -0.02, -0.01, -0.05 em três das estações, sendo que o quarto gráfico mostra um declive de 0.00, ou seja, há uma pequena tendência de redução na ocorrência de precipitação. Todavia, esses valores não possuem grande significância, não apontando uma mudança significativa na média de precipitação do período amostral.

Em questão das estatísticas com 99% de confiança, temos respectivamente os valores: -0.01, -0.00, -0.01, -0.00. Apresentando o P-valor superior a 0.5, logo não há uma probabilidade de significância.

Na figura abaixo, se apresenta a precipitação total de 1977 a 2017. No qual somados os dados a média de precipitação pluviométrica anual é de 6651.2 mm.

Figura 5 – precipitação pluviométrica total de 1977 a 2017.

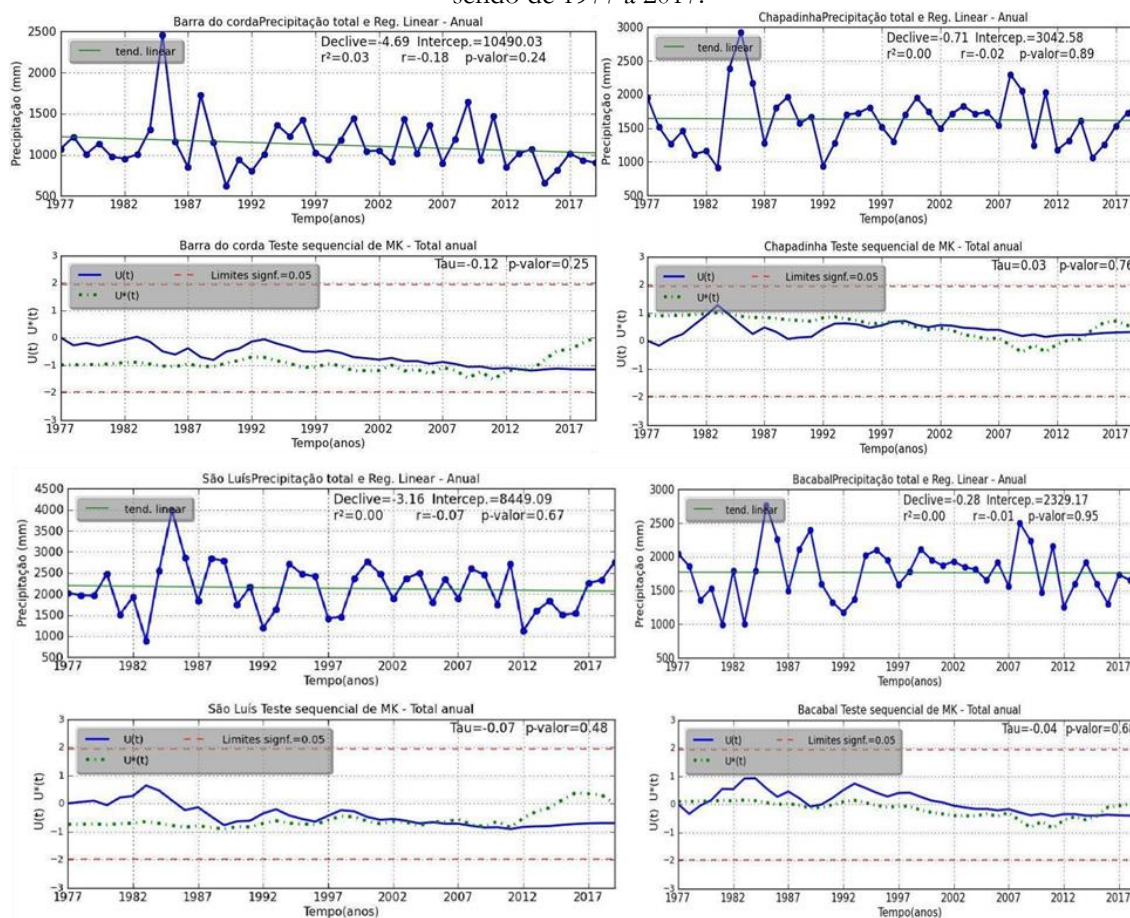


Fonte: Autores, 2024.

Constatou-se que entre os anos de 1982 a 1987, foi registrado uma ocorrência de precipitação acima da média na região, superior às demais. Observou-se também que há anos com um maior nível de precipitação pluviométrica e outros com um menor nível, criando assim uma tendência de variação que depende de fatores externos. Todavia, quanto ao declive da tendência linear observa-se que não há uma tendência de significância.

O teste Sequencial de Mann-Kendall foi proposto inicialmente por Sneyers (1975). É um teste estatístico não paramétrico, no qual, na hipótese da estabilidade de uma série temporal, os valores devem ser independentes e a distribuição de probabilidades deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples). De acordo com Portela *et al.* (2011), o referido teste é relatado por inúmeros autores, que evidenciam resultados bastante consistentes. Chebana *et al.* (2013) acrescentam que é uma ferramenta poderosa para teste de tendências e destacam que o mesmo foi concebido para testar a hipótese nula (H_0), de ausência de tendência. Sendo assim, foi realizada a Regressão Linear e o Teste Sequencial de Mann-Kendall para o período amostral de 40 anos, sendo de 1977 a 2017 (Figura 6).

Figura 6 - Regressão Linear e o Teste Sequencial de Mann-Kendall para o período amostral de 40 anos, sendo de 1977 a 2017.



Fonte: Autores, 2024.

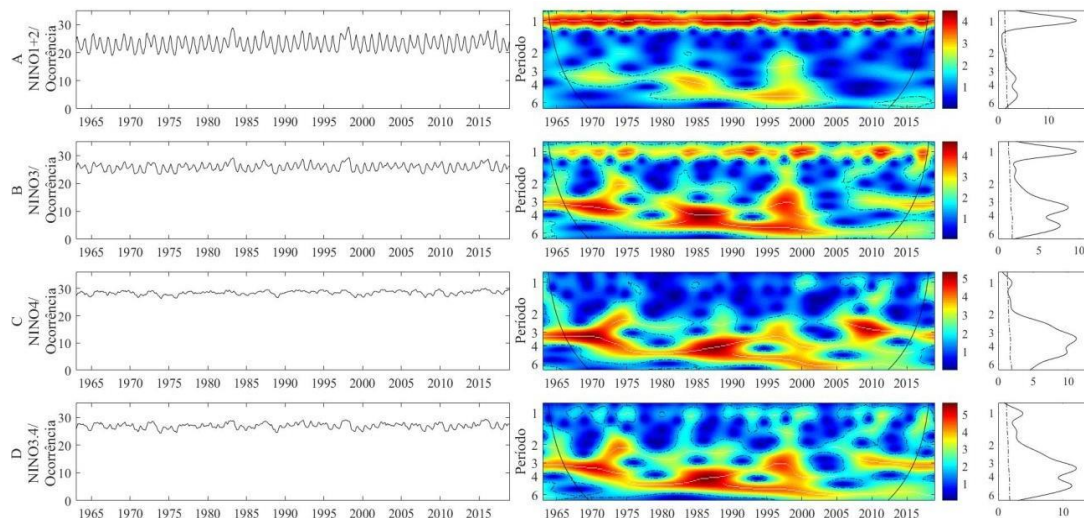
Segundo Gossens e Berger (1986) nesse teste, uma tendência é constatada quando a curva $U(t_n)$, que é o teste aplicado no sentido direto da série temporal, cruza um dos limites de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$). O teste aplicado no sentido inverso da série, representado pela curva $U^*(t_n)$, serve também para detectar uma ruptura na série (alteração pluviométrica), quando esta cruza com $U(t_n)$, dentro do intervalo de confiança (UFGD, 2018). É notável que a curva $U(t)$ cruza a curva $U^*(t)$ em todos os gráficos apresentados, entretanto não ultrapassa e nem se aproxima significativamente do limite de significância (0.05), constatando assim que durante os anos de 1977 a 2017 não houve ocorrência de mudança climática na região.

Os níveis de declive apontam também que não há grande probabilidade de que em um futuro próximo haja uma mudança climática de grande magnitude na região, já que os resultados encontrados podem ser considerados de baixa significância.

Posteriormente foram elaborados os gráficos que correspondem à atuação de diferentes fenômenos climáticos associados às temperaturas oceânicas que podem influenciar no clima maranhense. Segue abaixo as *wavelets* do El Niño, que ocorre no Oceano Pacífico e que pode

causar secas ou chuvas em determinadas regiões do país (Figura 7).

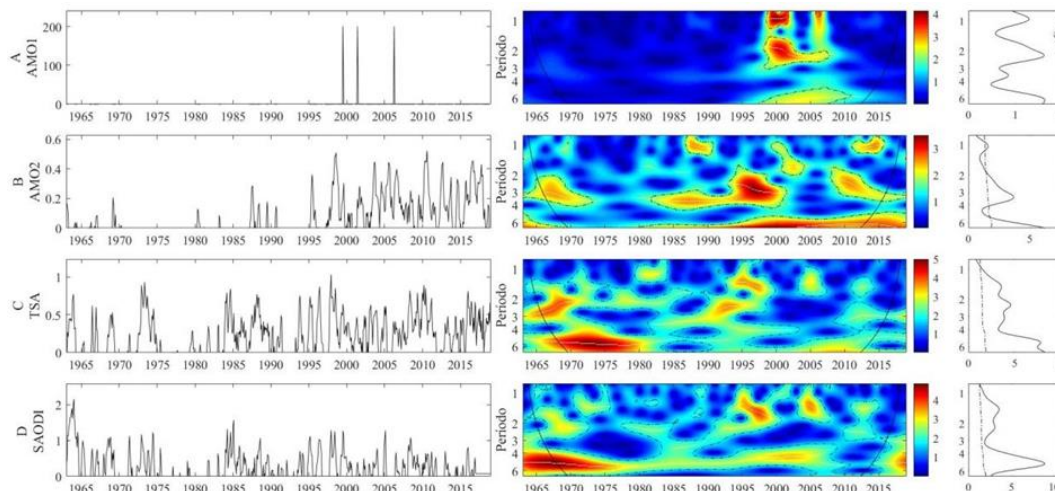
Figura 7 – Ocorrência de El Niño e níveis de intensidade.



Fonte: Autores, 2024.

Através do Matlab foram elaborados os gráficos das temperaturas ao longo das últimas décadas no Oceano Atlântico (Figura 8):

Figura 8 – Diferentes níveis de intensidade na ocorrência de fenômenos climáticos no Oceano Atlântico.



Fonte: Autores, 2024.

4 DISCUSSÃO

Através dos gráficos elaborados com os dados diários de precipitação pluviométrica foi possível observar que os trimestres mais chuvosos na Baixada Maranhense são os de janeiro a março e de fevereiro a abril. Os trimestres que apresentam uma menor média de precipitação pluviométrica são de junho a agosto, agosto a outubro, setembro a novembro e julho a setembro. Sendo assim, concluímos que o período mais chuvoso na região é de janeiro a meados de junho, enquanto o período de estiagem se estende de julho a dezembro.

Elaborou-se gráficos que apresentam estimativas de dias com chuva menores ou iguais que 1 mm (≥ 1 mm), dias com chuvas menores ou iguais que 10 mm (≥ 10 mm) e dias com chuvas menores ou iguais do que 20 mm diários (≥ 20 mm) e pôde-se observar que os dias com chuvas ≥ 20 mm apresentaram queda nas últimas décadas.

Os resultados demonstraram que houve tendência de diminuição da precipitação na Baixada Maranhense, no entanto essa tendência não é estatisticamente significativa. Os níveis de declive apontam também que não há grande probabilidade de que em um futuro próximo haja uma mudança climática de grande magnitude na região, já que os resultados encontrados podem ser considerados de baixa significância.

Os gráficos elaborados no Matlab, com as wavelets, demonstraram que essa diminuição das chuvas pode estar relacionada a uma maior atuação de fenômenos como o El Niño e à temperatura observada em diferentes pontos do Oceano Atlântico.

5 CONCLUSÕES

A microrregião da baixada maranhense apresenta poucas estações meteorológicas, sendo em sua maioria estações automáticas. Para este estudo, onde o principal objetivo é a identificação de mudança climática na Baixada maranhense, os melhores dados para serem analisados são os das estações convencionais, pois para alcançar o objetivo desta pesquisa, seria necessário um período histórico amostral de no mínimo 30 anos.

Por esse motivo, foi-se usado dados de estações convencionais maranhenses próximas à microrregião. Os dados foram processados pelo CLIMAP – VERSÃO 0.3, que é uma ferramenta utilizada para a elaboração de gráficos climatológicos, capaz de calcular os níveis de precipitação pluviométrica mensal, trimestral e anual de distintos intervalos de tempo histórico.

Através dos gráficos, pode-se comprovar estatisticamente que há meses com uma alta precipitação pluviométrica na região, sendo março o mês com a maior pluviosidade chovendo em média 337 mm ao ano, e meses com uma baixa precipitação pluviométrica, indo de Julho a Setembro. Os dados também apontam para uma redução nos níveis de chuva, entretanto os valores são considerados de baixa significância, não trazendo, a primeiro ver, prejuízos para o clima local.

Através do processo de regressão linear e teste sequencial de Mann-Kendall (MK), pode-se verificar através de estatísticas que referenciam o período de tempo estudado – de 1977 a 2017 – não houve a ocorrência de mudança climática na região, uma vez que a curva $U(t)$ não ultrapassou o extremo superior ou inferior (limites signif.), apesar de ter ultrapassado o $U^*(t)$ em alguns momentos do período histórico amostral.

Dessa forma, esta pesquisa teve por importância mostrar os níveis de precipitação pluviométrica da microrregião da baixada maranhense, trazendo dados que comprovam estatisticamente que não houve a ocorrência de mudança climática ao que tange aos 40 anos estudados. Contribuindo assim para as atuais discussões sobre o assunto, uma vez que pôde-se analisar que não há uma tendência significativa que aponte para uma futura alteração no microclima da região, nos próximos anos. No entanto, caso a tendência na diminuição de precipitação continue avançando, há uma probabilidade de que em décadas

Agradecimentos

À agência de fomento que implementou as bolsas necessárias para a pesquisa realizada no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq (PIBIC).

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. **Estudo inédito mapeia mudança de clima no Maranhão**. Projeto vulnerabilidade à mudança do clima. FIOCRUZ, São Luís – MA, 08 de novembro de 2016.
- ATLAS DO MARANHÃO. **Gerência de planejamento e desenvolvimento econômico, laboratório de geoprocessamento** – UEMA São Luís: GEPLAN. 2002. Banco de Dados Meteorológicos de Precipitação – BDMEP, 2022.
- BLANCK, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e suas vítimas. **The context of climate changes and its victims**. Scientific Electronic Library Online (SciELO), 2015
- BUENO, P. **A concentração dos gases do efeito estufa bateu novo recorde**. Tempo.com Meteored, 26 de outubro de 2021.
- CHEBANA, F.; OUARDA, T.B.M.J.; DUONG, T.C. Testing for multivariate trends in hydrologic frequency analysis. **Journal of hydrology**, v. 486, p. 519-530, 2013.
- GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysicae**, v. 4, n. B4, p. 385-400, 1986
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** – IBGE, 2021. INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia** – INMET, 2022.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. **Climate Change and Land**. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. August 2019.
- NOBRE, C. A. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas** / Carlos A. Nobre, Julia Reid, Ana Paula Soares Veiga.–São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE, 2012

NÓBREGA, R. N. **Modelagem de Impactos do Desmatamento nos recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Jamari (RO) Utilizando Dados de Superfície e do TRMM.**

2008. 213p. 2008. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande-PB- UFCG, Campina Grande, 2008.

PINTO, H.S.; ASSAD, E.D.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. **Variabilidade climática.** In: HAMADA, E. (Ed.). Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. cap. I, 1 CD- ROM. Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, Lei nº 12.187/2009.

PORTELA, M.M.; QUINTELA, A.C.; SANTOS, J.F.; VAZ, C; MARTINS, C. **Tendências em séries temporais de variáveis hidrológicas.** Associação Portuguesa de Recursos Hídricos (APRH), v. 32, n. 1, p. 43-60, 2011.

REVADA, N. R.; LIMA, J. R.; SILVA, A. E.; **O que dizem os cientistas sobre as mudanças climáticas?** Segundo relatório do IPCC, o planeta está atingindo temperaturas críticas, que podem afetar desde paisagens naturais a sistemas econômicos e humanos. Reportagem publicada pela Revista Eletrônica de Jornalismo científico – COMCIÊNCIA, 11 de novembro de 2019.

RIBEIRO, Karina da Silva. **Impacto das Mudanças Climáticas sobre alguns aspectos da dinâmica atmosférica e oceânica na região da confluência Brasil – Malvinas frente ao cenário A1FI do IPCC.** Rio de Janeiro, Abril – 2012.

SALVADOR, M. A. CLIMAP – APLICATIVO PARA ANÁLISE DE DADOS CLIMÁTICOS-VERSÃO 3.0. **Revista Brasileira de Climatologia.** Ano 13, v. 20, 2017.

SHIMIZU, M. H. **Simulação do Clima do Último Máximo Glacial:** Um Experimento com um Modelo Estatístico-Dinâmico. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007.

SILVA, A. C. da; MOURA, E. G. de. **Atributos e especificidades de solos de baixada no trópico úmido.** In: MOURA, E.G. de (Coord.). Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semiárido do Brasil. São Luís: UEMA, 2004. p. 133-160.

SILVA, E. R. A. C. et al. Análise da tendência temporal da precipitação pluviométrica interanual e intra- anual no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 22, fev. 2018. ISSN 2237-8642.

SILVA, F. B; SANTOS, J. F. N; FEITOSA, F. E. C. S; SILVA, I. D. C; ARAÚJO, M. L. S; GUTERRES, C. E; SANTOS, J. S; RIBEIRO, C. V. Evidências de Mudanças Climáticas na Região de Transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão, **Revista Brasileira de Meteorologia.** 31(3) jul-sep2016.

TILIONETO, P. D. **Ecopolítica das mudanças climáticas:** o IPCC e o ecologismo dos pobres [online]. Available from SciELO Books. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010.

VITAL, M. H. F. **Aquecimento global:** acordos internacionais, emissões de CO² e o surgimento dos mercados de carbono no mundo. Global warming: International agreements, CO² emissions and The emergence of carbon markets in the world. BNDS, 2018.

WALTHER, G. R; POST, E; CONVEY, P; MENZEL, A; PARMEZAN, C;
TREVOR, J. C; FROMENTIN, J. M; GULDBER, G. H; BAIRLEIN, F. **Ecological
Responses to Recent Climate Change**. Review ÁrticoArtic. 26 May 2014.




CAPÍTULO 11

IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHADOR: DESAFIOS E ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO


IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON WORKER HEALTH AND SAFETY:
CHALLENGES AND ADAPTATION STRATEGIES

Thaís Andréa Cunha   

Especialista em Ergonomia, Acessibilidade e Segurança do Trabalho, Centro Universitário Internacional (UNINTER), Graduação em Administração de Recursos Humanos, Universidade Nove de Julho (UNINOVE), Habilitação Profissional Técnica em Segurança do Trabalho, Etec Takashi Morita, Consultora em Ergonomia, Saúde e Segurança do Trabalho, Salto-SP, Brasil

Fábio Freitas dos Santos   

Doutorando em Ciências Ambientais (Unesp-Sorocaba), Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento (Unesp-Tupã), com Especializações em Pedagogia Empresarial (UNIFACEAR) e em Gestão e Coaching Educacional (FCE) e Licenciaturas em Ciências com Habilitação em Biologia (UNISALESIANO-Lins), em Pedagogia (UNIFIEO) e em Matemática (UNIÍTALO), Técnico em Música com Habilitação em Canto, Piano e Regência pelo Conservatório Musical de Lins, Brasil.

DOI: 10.52832/wed.104.624 

Resumo: O presente estudo investiga os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança dos trabalhadores, com foco nas vulnerabilidades ocupacionais e nas estratégias de adaptação necessárias para mitigar esses riscos. Através de uma revisão abrangente da literatura, foram analisados os efeitos diretos, como o aumento do estresse térmico, e os efeitos indiretos, como a exacerbação de doenças respiratórias devido à poluição atmosférica. Os resultados indicam que setores como agricultura, construção civil e serviços de emergência são os mais afetados, devido à exposição prolongada a condições adversas. Embora as estratégias de adaptação, como a modificação de horários de trabalho e melhorias na infraestrutura, tenham mostrado eficácia, a falta de recursos e a resistência organizacional são barreiras significativas à sua implementação. O estudo também destaca a necessidade de uma abordagem integrada, combinando mitigação das emissões de gases de efeito estufa com a adaptação das práticas de saúde ocupacional, incluindo medidas de apoio psicológico para os trabalhadores. As limitações do estudo incluem a dependência de dados secundários e a heterogeneidade dos estudos revisados. Recomenda-se que futuras pesquisas empíricas validem as estratégias propostas e explorem novos métodos para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Este trabalho contribui para o campo da saúde e segurança ocupacional, oferecendo uma visão integrada que pode orientar o desenvolvimento de políticas e práticas mais eficazes para proteger os trabalhadores em um contexto de mudanças climáticas globais.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas. Saúde Ocupacional. Segurança dos Trabalhadores. Estratégias de Adaptação. Vulnerabilidades Ocupacionais.

Abstract: This study investigates the impacts of climate change on workers' health and safety, focusing on occupational vulnerabilities and the adaptation strategies needed to mitigate these risks. Through a comprehensive literature review, both direct effects, such as increased heat stress, and indirect effects, such as the exacerbation of respiratory diseases due to air pollution, were analyzed. The results indicate that sectors like agriculture, construction, and emergency services are the most affected due to prolonged exposure to adverse conditions. Although adaptation strategies, such as modifying work schedules and improving infrastructure, have proven effective, a lack of resources and organizational resistance are significant barriers to their implementation. The study also highlights the need for an integrated approach that combines mitigation of greenhouse gas emissions with the adaptation of occupational health practices, including psychological support measures for workers. The limitations of the study include reliance on secondary data and the heterogeneity of the reviewed studies. Future empirical research is recommended to validate the proposed strategies and explore new methods to address the challenges posed by climate change. This work contributes to the field of occupational health and safety, offering an integrated perspective that can guide the development of more effective policies and practices to protect workers in a context of global climate change.

Keywords: Climate Change. Occupational Health. Worker Safety. Adaptation Strategies. Occupational Vulnerabilities.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas representam uma das maiores ameaças à saúde e ao bem-estar das populações globais no século XXI. Com o aumento das temperaturas, a intensificação de eventos climáticos extremos e a alteração dos padrões climáticos, os impactos dessas mudanças são vastos

e complexos. Embora a maioria dos estudos tenha se concentrado nos efeitos ambientais e nas implicações para a saúde pública em geral, um aspecto crítico, porém menos explorado, é o impacto direto e indireto das mudanças climáticas na saúde e segurança dos trabalhadores (Levy; Roelofs, 2019). Esse foco é particularmente relevante à medida que o clima se torna mais instável, exacerbando as condições de trabalho já desafiadoras em muitos setores.

Trabalhadores em setores como agricultura, construção civil, transporte e serviços de emergência estão na linha de frente desta crise ambiental. Expostos a condições ambientais cada vez mais severas, esses trabalhadores enfrentam riscos aumentados de estresse térmico, doenças relacionadas ao calor, lesões ocupacionais e doenças transmitidas por vetores (Schulte *et al.*, 2016). A exposição a poluentes e produtos químicos perigosos também pode ser exacerbada pelo aquecimento global, criando um cenário preocupante para a saúde ocupacional. Estes desafios são amplificados em regiões onde os sistemas de saúde e segurança já são frágeis, tornando a adaptação e a mitigação ainda mais críticas (Tang, 2021).

O estresse térmico é uma das consequências mais diretas do aumento das temperaturas. Trabalhadores que operam ao ar livre, como agricultores e operários da construção civil, são particularmente vulneráveis. O estresse térmico pode levar a uma série de problemas de saúde, incluindo exaustão por calor e insolação, que não só afetam a saúde imediata dos trabalhadores, mas também sua produtividade a longo prazo (Adam-Poupart *et al.*, 2013). Estudos têm demonstrado que períodos prolongados de exposição ao calor podem resultar em doenças crônicas, como doenças renais, o que agrava ainda mais a situação dos trabalhadores em regiões quentes (Ferrari *et al.*, 2022).

Além do estresse térmico, os trabalhadores também enfrentam um aumento na exposição a poluentes e produtos químicos perigosos. O aquecimento global pode intensificar a concentração de ozônio ao nível do solo e outros poluentes atmosféricos, que são conhecidos por causar problemas respiratórios e cardiovasculares (Schulte *et al.*, 2016). Para trabalhadores em ambientes industriais, a combinação de calor extremo e exposição a produtos químicos pode ser particularmente perigosa. Estes trabalhadores estão frequentemente expostos a produtos químicos perigosos, cujos efeitos adversos são exacerbados pelas altas temperaturas, aumentando os riscos de intoxicações e doenças ocupacionais.

Eventos climáticos extremos, como tempestades, inundações e incêndios florestais, também apresentam sérios riscos à saúde e segurança dos trabalhadores. Aqueles envolvidos em operações de resgate e recuperação, em particular, enfrentam condições de trabalho perigosas durante e após esses eventos. Além dos riscos físicos, como lesões e exposição a materiais perigosos, esses profissionais também são suscetíveis a problemas de saúde mental devido ao

estresse intenso e à exposição a situações traumáticas (Schulte *et al.*, 2016). O aumento da frequência e intensidade desses eventos climáticos extremos torna a preparação e a resposta uma prioridade para a saúde ocupacional.

As mudanças climáticas também alteram a distribuição geográfica de doenças transmitidas por vetores, como malária, dengue e zika, expondo trabalhadores a novos patógenos. Trabalhadores rurais e aqueles que trabalham ao ar livre são particularmente vulneráveis a essas doenças, que podem ter consequências graves para a saúde e a produtividade (Adam-Poupart *et al.*, 2013; Kiefer *et al.*, 2016). As mudanças nos padrões de precipitação e temperatura criam condições favoráveis para a proliferação de vetores, como mosquitos, aumentando o risco de surtos de doenças em áreas previamente não afetadas. A prevenção e o controle dessas doenças se tornam mais desafiadoras em um clima em mudança.

O impacto psicossocial das mudanças climáticas nos trabalhadores também é significativo. O aumento das temperaturas e a variabilidade climática podem afetar a saúde mental dos trabalhadores, além de aumentar o fardo econômico devido à perda de produtividade e ao aumento dos custos de saúde (Schulte *et al.*, 2016). Trabalhadores que enfrentam estresse térmico crônico e eventos climáticos extremos frequentemente experimentam níveis elevados de ansiedade, depressão e outros problemas de saúde mental. O impacto na saúde mental é exacerbado pela insegurança econômica e pela incerteza sobre o futuro, tornando a necessidade de suporte psicológico uma parte crucial das estratégias de adaptação.

Neste contexto, é essencial implementar medidas de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, adaptação ao clima e melhorias nas medidas de saúde e segurança ocupacional para proteger os trabalhadores dos riscos relacionados às mudanças climáticas. A adaptação envolve uma série de estratégias, desde a modificação dos horários de trabalho para evitar as horas mais quentes do dia até melhorias na infraestrutura de trabalho, como a instalação de sistemas de ventilação e sombreamento (Tang, 2021). Além disso, programas de educação e treinamento são fundamentais para aumentar a conscientização sobre os riscos e ensinar práticas seguras de trabalho em ambientes adversos.

A colaboração entre empregadores, trabalhadores, pesquisadores e formuladores de políticas é essencial para desenvolver e aplicar medidas eficazes de adaptação. Empregadores têm a responsabilidade de fornecer um ambiente de trabalho seguro e saudável, enquanto os trabalhadores precisam estar cientes dos riscos e das estratégias de mitigação. Pesquisadores desempenham um papel crucial na identificação de riscos e na avaliação da eficácia das estratégias de adaptação, enquanto os formuladores de políticas devem criar um quadro regulamentar que

suporte essas iniciativas (Levy; Roelofs, 2019; Schulte; Chun, 2009). A abordagem colaborativa garante que as estratégias de adaptação sejam integradas e eficazes.

A importância desta pesquisa vai além da proteção individual dos trabalhadores; ela aborda questões fundamentais de justiça social e sustentabilidade econômica. Trabalhadores saudáveis e seguros são essenciais para a produtividade e resiliência das economias, especialmente em um contexto de mudanças climáticas. Portanto, entender e enfrentar os desafios impostos pelo clima mutável é crucial não apenas para proteger a força de trabalho atual, mas também para garantir um futuro sustentável para as próximas gerações (Schulte *et al.*, 2016).

Esta pesquisa é de caráter qualitativo e utiliza procedimentos metodológicos para focar a interpretação dos fenômenos, no contexto particular em que ocorrem (Miguel, 2007). A metodologia empregada é uma pesquisa exploratória, que parte de uma pesquisa bibliográfica, sendo o referencial teórico deste estudo foi construído por meio de pesquisa bibliográfica sobre os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança ocupacional. Com as pesquisas foi possível mapear e conhecer os resultados das investigações científicas, bem como os atores e ações envolvidos nesse cenário, construindo parcialmente o estado da arte sobre o tema. Por fim, relata-se as características, as reflexões e constatações acerca das pesquisas realizadas sob o foco da saúde ocupacional e sua importância no contexto das mudanças climáticas.

Este capítulo busca preencher essa lacuna de conhecimento, investigando como as mudanças climáticas afetam a saúde e segurança dos trabalhadores e identificando estratégias eficazes de adaptação para mitigar esses impactos. Através de uma abordagem multidisciplinar que inclui revisão de literatura, pretende-se oferecer uma compreensão abrangente dos desafios enfrentados e das possíveis soluções (Adam-Poupard *et al.*, 2013). A implementação de estratégias baseadas em evidências é essencial para criar ambientes de trabalho resilientes e sustentáveis, protegendo os trabalhadores e promovendo a equidade social em um mundo afetado pelas mudanças climáticas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Mudanças Climáticas e Saúde Pública

Com o aumento do aquecimento global em 1,5°C, os riscos climáticos para a saúde, os meios de subsistência, a segurança alimentar, o abastecimento de água, a segurança humana e o crescimento econômico tendem a se intensificar, sendo o calor um grande risco para a saúde dos trabalhadores em ambientes externos, que pode causar desidratação, exaustão, insolação, perda de consciência e, em circunstâncias extremas, até ataque cardíaco. Esses riscos são amplamente

documentados em estudos que destacam como as variações de temperatura e os eventos climáticos extremos estão diretamente associados a problemas de saúde pública. Como destaca Artaxo (2022), "[...] o aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos tem impactado sobre a manutenção da nossa população, a economia, o funcionamento dos ecossistemas, a produção agrícola, a infraestrutura continental, a disponibilidade de recursos hídricos, entre muitos outros efeitos." Nesse sentido, as mudanças climáticas não apenas ampliam os riscos existentes, mas também intensificam a gravidade das condições de trabalho, afetando diretamente a saúde humana.

Além disso, o monitoramento da temperatura realizado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) demonstra que a temperatura média do Brasil vem aumentando em diversas regiões. Observa-se que ao projetar variações da temperatura média nos próximos anos ocorre um fenômeno de elevação tanto das temperaturas mínimas quanto das máximas. Essa tendência de aquecimento global tem implicações significativas para a saúde pública, especialmente para os trabalhadores expostos a essas condições adversas. Dessa forma, compreender essas mudanças é crucial para antecipar os desafios futuros e desenvolver estratégias de mitigação e adaptação que protejam a saúde das populações mais vulneráveis.

As mudanças climáticas, de forma cada vez mais evidente, têm emergido como uma das maiores ameaças à saúde pública no século XXI, impactando diversas populações ao redor do mundo. A literatura científica tem explorado extensivamente os múltiplos efeitos das variações climáticas sobre a saúde humana, destacando, em particular, a vulnerabilidade de grupos específicos, como os trabalhadores em ambientes externos. Nesse contexto, Ferrari *et al.* (2022) destacam que "[...] a variação da temperatura foi o impacto das mudanças climáticas mais investigado, com foco particular nos riscos ocupacionais em ambientes de trabalho ao ar livre, como a agricultura". Portanto, esses trabalhadores, frequentemente expostos a condições climáticas extremas, como calor intenso e radiação ultravioleta, estão particularmente vulneráveis a uma série de problemas de saúde que podem comprometer sua segurança e produtividade.

Ademais, em países em desenvolvimento, onde grande parte da força de trabalho está engajada em setores informais e fisicamente exigentes, os impactos das mudanças climáticas na saúde ocupacional são ainda mais pronunciados. Como observa Ansah *et al.* (2021), "a revisão mostra uma ligação entre as mudanças climáticas e uma variedade de problemas de saúde ocupacional, incluindo exaustão, estresse psicológico, doenças cardiovasculares e respiratórias, e em casos extremos, a morte". Conseqüentemente, esses efeitos são exacerbados pela falta de infraestrutura adequada, políticas de proteção ao trabalhador e acesso limitado a cuidados de saúde, o que agrava a situação dos trabalhadores nesses contextos. Dessa forma, o calor extremo e outras

condições climáticas adversas não só aumentam os riscos de saúde, mas também afetam a estabilidade econômica e social dessas populações.

Além disso, além dos efeitos diretos das mudanças climáticas, como o aumento da temperatura, há também preocupações significativas relacionadas à poluição do ar e à exposição à radiação ultravioleta, que afetam a saúde dos trabalhadores de forma indireta. Nesse sentido, Schulte e Chun (2009) propuseram um framework preliminar que identifica sete categorias de riscos relacionados ao clima, enfatizando que "[...] as mudanças climáticas podem aumentar a prevalência, distribuição e gravidade de riscos ocupacionais conhecidos, sem excluir a possibilidade de novos riscos emergirem". Assim sendo, essa perspectiva é crucial para a formulação de estratégias de adaptação que visem mitigar os riscos à saúde e segurança dos trabalhadores, especialmente em setores mais expostos às variações climáticas.

De igual importância, a relação entre mudanças climáticas e saúde pública é ainda mais complexa quando se considera a ampla gama de efeitos adversos à saúde relatados em diferentes estudos. Rocque *et al.* (2020) realizaram uma síntese de revisões sistemáticas que abrange várias categorias de impactos climáticos, apontando que "[...] a maioria das revisões sugere um impacto deletério das mudanças climáticas em múltiplos resultados adversos à saúde, embora também apontem para a necessidade de mais pesquisas". Dessa forma, as doenças infecciosas, problemas respiratórios, cardiovasculares e neurológicos são algumas das condições que podem ser exacerbadas pelas mudanças climáticas, afetando de maneira desproporcional as populações mais vulneráveis, incluindo trabalhadores em condições de risco.

Nesse cenário, a adaptação às mudanças climáticas exige uma abordagem multidisciplinar, que inclua a implementação de políticas públicas eficazes, a educação e o treinamento dos trabalhadores e o desenvolvimento de infraestruturas resilientes. Por exemplo, estudos como os de Ferrari *et al.* (2022) e Ansah *et al.* (2021) ressaltam a importância de adotar estratégias que levem em consideração as condições específicas dos ambientes de trabalho e as necessidades dos trabalhadores. Entre essas estratégias, pode-se incluir a modificação de horários de trabalho para evitar as horas mais quentes do dia, a instalação de sistemas de ventilação e sombreamento, e a promoção de programas de conscientização sobre os riscos associados às mudanças climáticas.

Diante de todos esses desafios, as mudanças climáticas configuram-se como um tema central na discussão sobre saúde pública, especialmente devido aos seus impactos diretos e indiretos sobre a segurança e bem-estar dos trabalhadores. A literatura revisada destaca a necessidade urgente de aprofundar as pesquisas para compreender plenamente esses efeitos e desenvolver estratégias de adaptação que sejam verdadeiramente eficazes. Conforme sublinham Rocque *et al.* (2020), "[...] a maioria das revisões sugere um impacto deletério das mudanças

climáticas em múltiplos resultados adversos à saúde", o que enfatiza a importância de ações coordenadas que visem proteger as populações mais vulneráveis. Nesse sentido, é crucial que estratégias de mitigação e adaptação sejam incorporadas de maneira prioritária tanto nas políticas públicas quanto nas práticas ocupacionais, garantindo assim a proteção e o bem-estar dos trabalhadores diante de um cenário climático cada vez mais adverso e imprevisível.

2.2 Saúde e Segurança do Trabalhador

Os eventos climáticos extremos, principalmente aqueles relacionados ao calor e à atividade laboral em ambientes ao ar livre com elevada exposição ao sol, vêm sendo associados por diversas agências e pesquisadores a diferentes doenças ocupacionais. Entre essas doenças, destacam-se a dermatite ocupacional e o câncer de pele, que estão diretamente ligados à exposição prolongada aos raios solares e às altas temperaturas. Dessa forma, é evidente que as mudanças climáticas não só aumentam os riscos para a saúde dos trabalhadores, mas também exigem uma revisão das práticas de segurança ocupacional para mitigar esses impactos (Levy; Roelofs, 2019; Symanzik; John, 2022; Diepgen *et al.*, 2012).

Além disso, as mudanças climáticas já impactam negativamente a saúde de aproximadamente 70% dos trabalhadores em todo o mundo. Relatórios recentes da Organização Internacional do Trabalho (OIT) destacam que cerca de 2,4 bilhões de trabalhadores estão expostos a riscos crescentes, como estresse térmico, doenças cardiovasculares, disfunções renais e lesões físicas, decorrentes das alterações climáticas. Portanto, a adaptação das medidas de segurança e saúde no trabalho enfrenta desafios consideráveis, especialmente diante do aumento das temperaturas globais e da intensificação de eventos climáticos extremos, exigindo uma revisão urgente das políticas e práticas ocupacionais para mitigar esses efeitos adversos (ILO, 2024), (Business Standard, 2024).

Todavia, a saúde do trabalhador em ambientes quentes depende criticamente da capacidade do corpo de dissipar o excesso de calor por meio da transpiração e do aumento do fluxo sanguíneo para a pele; contudo, quando o calor ambiental e o calor gerado pela atividade física são elevados, esses mecanismos naturais de resfriamento podem se tornar insuficientes, colocando os trabalhadores em risco (Occupational Safety and Health Administration - OSHA). Dessa forma, entender esses processos fisiológicos é essencial para a implementação de medidas eficazes que protejam os trabalhadores em ambientes de trabalho desafiadores.

Além disso, entre os sintomas que podem ser associados à exposição ao calor extremo estão a sede, irritabilidade, erupção cutânea, cólicas, exaustão pelo calor e, em casos mais graves, a insolação. Esses sintomas não apenas afetam o bem-estar imediato dos trabalhadores, mas também

podem ter consequências a longo prazo, incluindo a redução da produtividade e o aumento dos acidentes de trabalho. Por essa razão, é imperativo que as estratégias de saúde e segurança ocupacional considerem essas condições e implementem medidas preventivas adequadas para minimizar os riscos associados à exposição ao calor extremo. (Flouris *et al.*, 2018; Ioannou *et al.*, 2021; Venugopal *et al.*, 2015).

Nesse contexto, a saúde e segurança do trabalhador constituem pilares fundamentais para o bem-estar dos indivíduos e a eficiência das organizações, sendo amplamente reconhecidos como direitos humanos primários. Um ambiente de trabalho saudável e seguro é essencial não apenas para proteger o direito à vida, mas também para promover a qualidade, a produtividade e a sustentabilidade no local de trabalho (Hasanhanoglu, 2019). No entanto, a criação e manutenção de uma cultura de segurança no ambiente de trabalho enfrentam diversos desafios, especialmente em contextos onde as mudanças climáticas exacerbam os riscos ocupacionais. Portanto, a implementação de uma cultura de segurança robusta é crucial para garantir a proteção dos trabalhadores frente a essas novas ameaças ambientais.

Ademais, as mudanças climáticas globais têm um impacto direto sobre a segurança e saúde ocupacional, aumentando a prevalência, distribuição e gravidade dos riscos ocupacionais conhecidos. Estudos indicam que essas mudanças não só intensificam os riscos já existentes, mas também introduzem novos desafios à saúde dos trabalhadores (Beyan, 2020). Por exemplo, o aumento das temperaturas globais pode agravar o estresse térmico, enquanto a poluição do ar e a exposição à radiação ultravioleta podem aumentar a incidência de doenças respiratórias e cutâneas. Dessa forma, o entendimento dessas dinâmicas é essencial para desenvolver estratégias eficazes que protejam os trabalhadores em um mundo onde as condições climáticas estão em constante transformação.

Além disso, no contexto ocupacional, os trabalhadores ao ar livre e em ambientes internos quentes estão entre os mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas. Levy e Roelofs (2019) destacam que "as mudanças climáticas aumentam o risco de estresse térmico e outros distúrbios relacionados ao calor, lesões ocupacionais e redução da produtividade no trabalho". Nesse sentido, este cenário é particularmente preocupante em setores como a agricultura, construção civil e serviços de emergência, onde a exposição prolongada a condições adversas pode levar a sérios problemas de saúde. Adicionalmente, a combinação de altas temperaturas e esforço físico intenso aumenta significativamente o risco de acidentes e doenças ocupacionais, reforçando a necessidade de medidas preventivas e adaptativas adequadas.

De fato, a relação entre mudanças climáticas e segurança ocupacional é complexa, envolvendo uma interação entre riscos ambientais, físicos e químicos. Schulte e Chun (2009)

propuseram um framework preliminar que identifica sete categorias de riscos relacionados ao clima, como o aumento da temperatura ambiente, poluição do ar e exposição à radiação ultravioleta. Este framework sugere que "as mudanças climáticas aumentarão a prevalência, distribuição e gravidade dos riscos ocupacionais conhecidos, além de potencialmente introduzir novos riscos" (Schulte; Chun, 2009). Assim sendo, a identificação e categorização desses riscos são fundamentais para estabelecer diretrizes e políticas que possam mitigar os impactos negativos sobre os trabalhadores.

Por outro lado, além dos riscos físicos, é importante considerar os desafios na implementação de uma cultura de segurança eficaz, que se torna ainda mais crítica diante das mudanças climáticas. Hasanhanoğlu (2019) ressalta que a cultura de segurança deve ser uma prioridade nas organizações, pois "um ambiente de trabalho saudável e seguro é tão importante para proteger o direito à vida, que é um dos direitos humanos primários, quanto para a qualidade, produtividade, sustentabilidade e estabelecimento da paz no trabalho". Contudo, a implementação dessa cultura enfrenta barreiras significativas, especialmente em regiões onde a conscientização sobre os riscos climáticos e a infraestrutura necessária para mitigá-los são limitadas.

Em síntese, as mudanças climáticas colocam desafios sem precedentes à saúde e segurança do trabalhador, exigindo uma resposta coordenada que inclua a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, a adaptação ao clima e melhorias nas medidas de saúde e segurança ocupacional. Levy e Roelofs (2019) sugerem uma abordagem tripla para enfrentar esses desafios, combinando esforços para mitigar as mudanças climáticas com estratégias de adaptação que protejam os trabalhadores mais vulneráveis. Assim, é essencial explorar as estratégias de adaptação já implementadas, entendendo como essas medidas podem ser aprimoradas e expandidas para enfrentar os riscos emergentes.

2.3 Abordagens e Medidas de Adaptação ao Clima no Ambiente de Trabalho

As abordagens e medidas de adaptação ao clima no ambiente de trabalho têm se tornado cada vez mais relevantes à medida que os impactos das mudanças climáticas se intensificam, afetando significativamente a saúde e segurança dos trabalhadores. Em primeiro lugar, a integração de estratégias de adaptação e mitigação é essencial para maximizar os benefícios climáticos e proteger os trabalhadores. Jones *et al.* (2007) destacam que "a adaptação melhora a capacidade de um sistema de lidar com mudanças climáticas progressivamente maiores, enquanto a mitigação limita a magnitude dessas mudanças". Com isso em mente, a complementaridade entre adaptação e mitigação deve ser considerada ao planejar e implementar estratégias no ambiente de trabalho, garantindo que as medidas adotadas sejam eficazes tanto no curto quanto no longo prazo.

Além disso, estudos de caso têm mostrado que as abordagens de co-benefícios, que combinam mitigação e adaptação, são altamente eficazes em contextos vulneráveis. Spencer *et al.* (2017) ressalta que "as abordagens de co-benefícios permitem abordar simultaneamente os impactos das mudanças climáticas na saúde humana e na saúde ecológica, maximizando os resultados positivos". Nesse panorama, essas estratégias são particularmente relevantes para países e regiões onde os impactos das mudanças climáticas são mais pronunciados e onde a saúde pública e a integridade dos ecossistemas estão interligadas. Conseqüentemente, as abordagens de co-benefícios podem ser aplicadas em setores como agricultura, construção e transporte, onde a adaptação ao clima e a mitigação dos impactos são igualmente cruciais.

No mesmo sentido, a adaptação da infraestrutura é um componente vital das estratégias de adaptação climática, especialmente em instalações críticas como portos marítimos. Jiang *et al.* (2020) destacam a importância de ajustar a infraestrutura portuária para enfrentar os impactos negativos das mudanças climáticas, afirmando que "tanto a mitigação quanto a adaptação podem aumentar o tráfego de carga de um porto, dependendo das relações de mercado entre os portos". Por isso, o ajuste da infraestrutura em setores-chave, como o transporte, não apenas protege os trabalhadores, mas também garante a continuidade das operações comerciais em um cenário climático em rápida mudança. Desse modo, a adaptação da infraestrutura deve ser vista como uma medida preventiva que contribui para a resiliência geral das operações e da força de trabalho.

Todavia, a implementação eficaz de medidas de adaptação climática exige um planejamento cuidadoso e regulamentações adequadas em nível local e regional. Bedsworth e Hanak (2010) argumentam que "os planejadores locais e regionais podem ajudar a sociedade a se adaptar a um clima em mudança usando a melhor ciência disponível e incentivando a introdução de novos mandatos e diretrizes estaduais". Diante disso, o uso de dados climáticos prospectivos e o desenvolvimento de políticas públicas robustas são fundamentais para garantir que as adaptações sejam eficazes e que os trabalhadores estejam protegidos contra os impactos climáticos. Logo, o planejamento deve ser orientado por dados científicos e deve considerar as especificidades regionais para ser verdadeiramente eficaz.

Ainda mais, os programas de educação e treinamento são componentes cruciais para promover sistemas de trabalho resilientes ao clima. Bikomeye *et al.* (2021) destacam que "as estratégias de mitigação e adaptação climática oferecem benefícios significativos para a saúde pública, especialmente para as populações mais vulneráveis". Nesse contexto, a conscientização dos trabalhadores sobre os riscos climáticos e as práticas seguras de trabalho é essencial para garantir que as adaptações sejam implementadas com sucesso. Assim, os programas de treinamento devem ser integrados às estratégias de adaptação, capacitando os trabalhadores a responder de

maneira eficaz às condições climáticas adversas e contribuindo para a criação de ambientes de trabalho mais seguros e resilientes.

Finalmente, as abordagens e medidas de adaptação ao clima no ambiente de trabalho são diversas e necessitam de uma integração cuidadosa de mitigação, adaptação da infraestrutura, planejamento e educação. Como explorado anteriormente, a combinação dessas estratégias é crucial para garantir a proteção dos trabalhadores e a sustentabilidade das operações em um mundo cada vez mais afetado pelas mudanças climáticas. Portanto, as políticas públicas e as práticas empresariais devem ser orientadas para promover não apenas a adaptação ao clima, mas também para mitigar os impactos das mudanças climáticas, assegurando um ambiente de trabalho seguro e resiliente para todos. Dado esse cenário, a metodologia adotada nesta pesquisa buscará explorar essas estratégias de adaptação, analisando criticamente as abordagens e medidas implementadas nos contextos ocupacionais estudados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A trajetória metodológica desta pesquisa foi delineada para capturar a complexidade e profundidade das interações entre as mudanças climáticas e a saúde e segurança ocupacional dos trabalhadores, com ênfase nas vulnerabilidades específicas e nas estratégias de adaptação necessárias. A abordagem metodológica adotada reflete a necessidade de compreender essas conexões, considerando a diversidade dos setores afetados e as especificidades regionais. O estudo caracteriza-se por sua natureza qualitativa, aplicada, exploratória e descritiva, integrando tanto a pesquisa bibliográfica quanto a análise de conteúdo temática. Cada uma dessas escolhas metodológicas é fundamentada em referências sólidas e amplamente reconhecidas na literatura científica.

A escolha pela pesquisa qualitativa é justificada por sua capacidade de explorar fenômenos complexos em contextos específicos, como os que envolvem os trabalhadores expostos aos efeitos das mudanças climáticas. Segundo Minayo (2010), a pesquisa qualitativa é indispensável para investigar questões dinâmicas e multifacetadas, possibilitando uma compreensão profunda e interpretativa dos dados coletados. Esse enfoque é especialmente adequado para estudar as interações entre fatores climáticos e saúde ocupacional, em que as dimensões físicas, psicológicas e organizacionais estão intrinsecamente conectadas de maneiras muitas vezes sutis. Como destaca Riazi (2016), "os métodos de pesquisa qualitativa são particularmente adequados para explorar a profundidade e a complexidade dos fenômenos sociais, permitindo que os pesquisadores capturem compreensões nuanças que frequentemente são perdidas por abordagens quantitativas" (Riazi, 2016, p. 37).

A natureza aplicada da pesquisa reflete o compromisso com a produção de resultados práticos, que possam ser diretamente aplicados para resolver problemas específicos relacionados à adaptação e mitigação dos impactos das mudanças climáticas no ambiente de trabalho. Severino (2017) salienta que a pesquisa aplicada é direcionada para a solução de problemas práticos, sendo especialmente relevante quando o objetivo é desenvolver soluções tangíveis para questões como a implementação de estratégias de adaptação em contextos ocupacionais. Ungar *et al.* (2020) corroboram essa perspectiva ao afirmar que "a pesquisa aplicada em sistemas socioecológicos foca na solução de problemas práticos, envolvendo as comunidades locais no processo de pesquisa para garantir que os resultados sejam relevantes e acionáveis" (Ungar *et al.*, 2020, s.p.). Essa abordagem assegura que os resultados da pesquisa sejam não apenas teóricos, mas também aplicáveis, gerando impacto real nas políticas de saúde ocupacional.

Além disso, a pesquisa assume um caráter exploratório e descritivo, alinhando-se com o objetivo de investigar áreas pouco exploradas e de documentar minuciosamente as práticas e desafios enfrentados pelos trabalhadores em diferentes setores afetados pelas mudanças climáticas. Gil (2008) observa que a pesquisa exploratória é crucial para investigar temas novos ou pouco conhecidos, enquanto a pesquisa descritiva é essencial para detalhar e registrar as práticas e adaptações adotadas. Essa abordagem é reforçada por Spoon (2014), que afirma: "a pesquisa exploratória é essencial para revelar a rica diversidade de respostas adaptativas, enquanto os métodos descritivos ajudam a documentar e clarificar os detalhes das práticas de saúde e segurança ocupacional" (Spoon, 2014, s.p.). Assim, a pesquisa não só explora novos horizontes teóricos, como também fornece uma documentação detalhada das práticas existentes, contribuindo para a formulação de políticas eficazes.

Os procedimentos metodológicos adotados, que incluem a pesquisa bibliográfica e a análise de conteúdo temática, são cruciais para a construção do referencial teórico e para a compreensão contextual das práticas investigadas. Lakatos e Marconi (2003) sublinham a importância da pesquisa bibliográfica para a compreensão do estado da arte em um campo de estudo, ao reunir e analisar teorias e conceitos já estabelecidos. A análise de conteúdo temática, conforme proposta por Bardin (2011), foi escolhida como o método de análise dos dados coletados. Essa técnica permite identificar, categorizar e interpretar temas recorrentes nos textos analisados, facilitando uma compreensão mais profunda das inter-relações entre mudanças climáticas e saúde ocupacional. Spoon (2014) reforça a eficácia dessa abordagem, afirmando que "a análise de conteúdo temática é uma ferramenta poderosa para identificar e interpretar padrões em dados qualitativos, particularmente em estudos que exploram a interseção entre clima e saúde" (Spoon, 2014, s.p.).

Dessa forma, a trajetória metodológica desta pesquisa, alicerçada em uma combinação de pesquisa qualitativa, aplicada, exploratória e descritiva, juntamente com uma análise rigorosa de conteúdo temática, possibilita uma investigação abrangente e profunda das inter-relações entre mudanças climáticas, saúde ocupacional e estratégias de adaptação. Com isso, a pesquisa não só contribui para o avanço teórico nesses campos, mas também oferece perspectivas que podem ser aplicadas na formulação de políticas públicas e práticas empresariais voltadas para a proteção dos trabalhadores em um mundo cada vez mais impactado pelas mudanças climáticas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudanças climáticas têm se tornado uma preocupação crescente para a saúde e segurança ocupacional, afetando significativamente trabalhadores em setores como agricultura, construção civil, transporte e serviços de emergência. Esses setores são particularmente vulneráveis devido à natureza do trabalho, que frequentemente envolve exposição prolongada ao ambiente externo. A literatura revisada demonstra que as condições de trabalho sob altas temperaturas estão diretamente associadas ao aumento do estresse térmico, que pode levar a uma série de problemas de saúde, incluindo exaustão pelo calor, insolação e, em casos mais graves, falência de órgãos (Schulte; Chun, 2009). A exposição prolongada ao calor também foi identificada como um fator que agrava condições pré-existentes, como doenças cardiovasculares, especialmente em trabalhadores com maior vulnerabilidade física.

Outro aspecto crítico abordado na revisão é a interação entre as mudanças climáticas e a poluição do ar. Estudos apontam que o aumento das temperaturas pode exacerbar a concentração de poluentes atmosféricos, como o ozônio, que tem efeitos adversos na saúde respiratória dos trabalhadores. Schulte e Chun (2009) sugerem que "[...] as mudanças climáticas aumentarão a prevalência, distribuição e gravidade dos riscos ocupacionais conhecidos, além de potencialmente introduzir novos riscos". Além disso, a exposição combinada ao calor extremo e a poluentes aumenta o risco de doenças respiratórias e cardiovasculares, que são causas comuns de absenteísmo e redução da produtividade no trabalho. Essas interações complexas entre clima e poluição exigem estratégias de mitigação integradas que considerem ambos os fatores para proteger a saúde dos trabalhadores.

A revisão da literatura também destaca as dificuldades enfrentadas pelos trabalhadores em economias em desenvolvimento, onde as infraestruturas de saúde e segurança são frequentemente inadequadas. Ansah *et al.* (2021) afirmam que "a revisão mostra uma ligação entre as mudanças climáticas e uma variedade de problemas de saúde ocupacional, incluindo exaustão, estresse psicológico, doenças cardiovasculares e respiratórias, e em casos extremos, a morte". Isso se torna

ainda mais problemático em países onde a informalidade do trabalho é alta, pois esses trabalhadores frequentemente não têm acesso a equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados ou a cuidados de saúde regulares. Portanto, a implementação de estratégias de adaptação eficazes nesses contextos é um desafio significativo, necessitando de intervenções que sejam acessíveis e culturalmente apropriadas.

Ademais, a análise dos estudos de caso incluídos na revisão revela que setores como a agricultura e a construção civil são particularmente suscetíveis aos efeitos das mudanças climáticas. Trabalhadores em regiões tropicais e subtropicais, por exemplo, enfrentam maiores riscos devido às temperaturas já elevadas nessas áreas, combinadas com a alta umidade, o que aumenta o índice de calor percebido. Ferrari *et al.* (2022) observam que "a variação da temperatura foi o impacto das mudanças climáticas mais investigado, com foco particular nos riscos ocupacionais em ambientes de trabalho ao ar livre, como a agricultura". Além disso, a falta de políticas públicas robustas para a proteção desses trabalhadores amplifica a vulnerabilidade, exigindo uma resposta coordenada tanto de governos quanto de empregadores.

Além do estresse térmico e da poluição, outro fator destacado é o impacto das mudanças climáticas nas doenças transmitidas por vetores. Com o aumento das temperaturas globais, a distribuição geográfica de vetores como mosquitos está se expandindo, levando ao surgimento de doenças como dengue, malária e zika em áreas anteriormente não afetadas. Adam-Poupart *et al.* (2013) ressaltam que "as mudanças nos padrões de precipitação e temperatura criam condições favoráveis para a proliferação de vetores, como mosquitos, aumentando o risco de surtos de doenças em áreas previamente não afetadas". Consequentemente, os trabalhadores rurais e aqueles que trabalham ao ar livre são particularmente vulneráveis a esses riscos, o que sublinha a necessidade de programas de vigilância e controle de vetores como parte das estratégias de adaptação.

Outro aspecto importante é a saúde mental dos trabalhadores, que pode ser afetada tanto direta quanto indiretamente pelas mudanças climáticas. Schulte *et al.* (2016) destacam que "o aumento das temperaturas e a variabilidade climática podem afetar a saúde mental dos trabalhadores, além de aumentar o fardo econômico devido à perda de produtividade e ao aumento dos custos de saúde". As condições de trabalho adversas, combinadas com a insegurança econômica e a exposição a eventos climáticos extremos, podem levar a um aumento na incidência de estresse, ansiedade e depressão entre os trabalhadores. Portanto, as estratégias de adaptação devem incluir medidas de apoio psicológico e programas de bem-estar para mitigar esses impactos.

As estratégias de adaptação identificadas na literatura variam de acordo com o setor e a região, mas há um consenso sobre a necessidade de medidas específicas que considerem as

particularidades de cada contexto. Levy e Roelofs (2019) sugerem uma abordagem tripla, que inclui "a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, adaptação ao clima e melhorias nas medidas de saúde e segurança ocupacional". Entre as estratégias implementadas, destacam-se a modificação dos horários de trabalho para evitar as horas mais quentes do dia, a instalação de sistemas de ventilação e sombreamento, e o fornecimento de EPIs adequados para os trabalhadores mais expostos. Além disso, a educação e o treinamento contínuos dos trabalhadores são cruciais para garantir que estejam preparados para lidar com as condições climáticas extremas.

No entanto, a implementação dessas estratégias enfrenta barreiras significativas, como a falta de recursos financeiros, resistência organizacional e lacunas na legislação. Jiang *et al.* (2020) destacam a importância de ajustar a infraestrutura para enfrentar os impactos negativos das mudanças climáticas, especialmente em setores críticos como o transporte e a logística. Esses ajustes são fundamentais para garantir a continuidade das operações comerciais e proteger os trabalhadores, mas exigem um planejamento cuidadoso e investimentos significativos. Por outro lado, a revisão também aponta que, em regiões onde as estratégias de adaptação foram implementadas com sucesso, houve uma redução significativa nos riscos para a saúde dos trabalhadores, o que demonstra a eficácia dessas medidas quando corretamente aplicadas.

Finalmente, a revisão evidencia a necessidade de uma abordagem integrada para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas à saúde e segurança dos trabalhadores. Bikomeye *et al.* (2021) afirmam que "[...] as estratégias de mitigação e adaptação climática oferecem benefícios significativos para a saúde pública, especialmente para as populações mais vulneráveis". Portanto, a colaboração entre governos, empregadores, sindicatos e organizações internacionais é essencial para desenvolver políticas eficazes e sustentáveis. Além disso, a pesquisa contínua é necessária para avaliar a eficácia das estratégias de adaptação e para identificar novas abordagens que possam ser implementadas à medida que as condições climáticas continuam a evoluir.

Quadro 1 – Resultados da Análise de Categorias sobre os Impactos das Mudanças Climáticas na Saúde e Segurança dos Trabalhadores.

Categoria	Resultados
Impactos Diretos das Mudanças Climáticas na Saúde Ocupacional	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento do estresse térmico, levando à exaustão pelo calor, insolação e, em casos graves, falência de órgãos (Schulte; Chun, 2009). - Agravamento de doenças cardiovasculares em trabalhadores expostos ao calor.

<p>Impactos Indiretos das Mudanças Climáticas na Saúde Ocupacional</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exacerbação da poluição do ar, especialmente aumento da concentração de ozônio, afetando a saúde respiratória dos trabalhadores (Schulte; Chun, 2009). - Interação entre calor extremo e poluentes, aumentando o risco de doenças respiratórias e cardiovasculares, resultando em absenteísmo e redução da produtividade.
<p>Vulnerabilidades Ocupacionais</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Trabalhadores em economias em desenvolvimento enfrentam maiores desafios devido à infraestrutura de saúde e segurança inadequada (Ansah <i>et al.</i>, 2021). - Trabalhadores informais frequentemente não têm acesso a EPIs adequados ou cuidados de saúde regulares, aumentando os riscos de exaustão, estresse psicológico e morte.
<p>Impacto das Doenças Transmitidas por Vetores</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A distribuição geográfica de vetores, como mosquitos, está se expandindo, levando ao aumento de doenças como dengue, malária e Zika em áreas anteriormente não afetadas (Adam-Poupart <i>et al.</i>, 2013). - Trabalhadores rurais e aqueles que trabalham ao ar livre são particularmente vulneráveis a esses riscos, necessitando de programas de vigilância e controle de vetores.
<p>Saúde Mental e Bem-Estar dos Trabalhadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> - O aumento das temperaturas e a variabilidade climática têm impacto negativo na saúde mental dos trabalhadores, contribuindo para o aumento do estresse, ansiedade e depressão (Schulte <i>et al.</i>, 2016). - A combinação de condições de trabalho adversas com insegurança econômica intensifica o impacto sobre a saúde mental dos trabalhadores.
<p>Estratégias de Adaptação Implementadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas incluem modificação dos horários de trabalho, instalação de sistemas de ventilação e sombreamento, e fornecimento de EPIs adequados (Levy; Roelofs, 2019). - A educação e o treinamento contínuos dos trabalhadores são cruciais para garantir a eficácia dessas adaptações. - Ajustes na infraestrutura, como os necessários em setores de transporte e logística, são fundamentais para enfrentar os impactos das mudanças climáticas (Jiang <i>et al.</i>, 2020).

Barreiras à Implementação de Medidas de Adaptação	<ul style="list-style-type: none"> - Principais barreiras incluem falta de recursos financeiros, resistência organizacional e lacunas na legislação (Jiang <i>et al.</i>, 2020). - A resistência organizacional dificulta a implementação de mudanças necessárias para mitigar os riscos associados às mudanças climáticas.
--	---

Fonte: Elaborada pelos autores Cunha e Santos (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como principal objetivo investigar os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança dos trabalhadores, com foco nas vulnerabilidades ocupacionais e nas estratégias de adaptação necessárias para mitigar esses riscos. A pesquisa foi guiada pela questão central de como as mudanças climáticas estão afetando as condições de trabalho em setores expostos a riscos climáticos e quais são as medidas mais eficazes para proteger os trabalhadores dessas ameaças. Dessa forma, ao longo do processo, foram analisados diversos estudos que abordam tanto os impactos diretos, como o aumento do estresse térmico, quanto os impactos indiretos, como a exacerbação de doenças respiratórias devido à poluição atmosférica.

Além disso, a síntese dos resultados revela que trabalhadores em setores como agricultura, construção civil e serviços de emergência são os mais afetados pelas mudanças climáticas, devido à exposição prolongada a condições adversas, como altas temperaturas e poluição do ar. Por outro lado, as estratégias de adaptação, como a modificação dos horários de trabalho e melhorias na infraestrutura, têm se mostrado eficazes na mitigação dos riscos. Entretanto, barreiras significativas, como a falta de recursos financeiros, resistência organizacional e lacunas na legislação, continuam a dificultar a implementação dessas estratégias em larga escala. Assim sendo, esses achados ressaltam a necessidade de políticas públicas mais robustas e investimentos direcionados para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas.

Nesse sentido, a interpretação dos resultados sugere que as mudanças climáticas não apenas agravam os riscos ocupacionais existentes, mas também introduzem novos desafios para a saúde e segurança dos trabalhadores. Estes resultados são consistentes com a literatura existente, que aponta para uma crescente vulnerabilidade dos trabalhadores em função das condições climáticas extremas. Ademais, o estudo reforça a importância de uma abordagem integrada que combine a mitigação das emissões de gases de efeito estufa com a adaptação das práticas de saúde ocupacional. Além disso, a inclusão de medidas de apoio psicológico para trabalhadores expostos a condições adversas é essencial, considerando o impacto negativo das mudanças climáticas na saúde mental.

Contudo, é importante reconhecer as limitações deste estudo. Por se tratar de uma revisão de literatura, o estudo se baseia exclusivamente em dados secundários, o que limita a possibilidade de generalização dos resultados. Além disso, a heterogeneidade dos estudos revisados, tanto em termos de metodologia quanto em contextos analisados, pode ter influenciado a consistência das conclusões. Outra limitação é a falta de dados empíricos, que limita a capacidade de avaliar diretamente a eficácia das estratégias de adaptação discutidas. Essas limitações apontam para a necessidade de cautela na aplicação dos resultados e na formulação de recomendações práticas.

Assim, com base nas descobertas e nas limitações identificadas, recomenda-se que futuras pesquisas se concentrem na coleta de dados empíricos que possam validar as estratégias de adaptação propostas e explorar novos métodos para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Estudos longitudinais, que acompanhem a implementação de medidas de adaptação ao longo do tempo, seriam particularmente valiosos para avaliar sua eficácia e identificar possíveis áreas de melhoria. Além disso, investigações sobre os impactos das mudanças climáticas em setores ainda pouco explorados, como o setor de serviços e o comércio, podem oferecer novas perspectivas sobre a extensão dos riscos ocupacionais.

Por fim, as contribuições deste estudo para o campo da saúde e segurança ocupacional são significativas. Ao fornecer uma análise dos impactos das mudanças climáticas e das estratégias de adaptação necessárias para proteger os trabalhadores, o estudo promove uma discussão para o desenvolvimento de políticas públicas e práticas empresariais, tais como a inserção de programas e ações de Educação Ambiental e Climática. As implicações práticas são amplas, sugerindo a necessidade de uma abordagem mais proativa por parte dos empregadores, governos e organizações internacionais na criação de ambientes de trabalho mais seguros e resilientes em face das mudanças climáticas. Adicionalmente, o estudo contribui para a promoção da conscientização e sensibilização sobre a importância de incluir aspectos psicológicos nas estratégias de adaptação, ampliando a compreensão dos riscos envolvidos.

Outrossim, a urgência de ações coordenadas para mitigar os efeitos das mudanças climáticas na saúde e segurança dos trabalhadores é evidente. Portanto, a pesquisa não apenas oferece uma síntese valiosa do conhecimento existente, mas também aponta caminhos claros para o desenvolvimento de políticas e práticas mais eficazes. Dessa maneira, em um mundo cada vez mais impactado pelas mudanças climáticas, a proteção dos trabalhadores se torna uma prioridade inegável. Por isso, este estudo contribui para a construção de um futuro mais seguro e resiliente, onde os trabalhadores possam operar em condições que minimizem os riscos à sua saúde e bem-estar.

Em suma, este trabalho reafirma a gravidade dos desafios impostos pelas mudanças climáticas à saúde ocupacional, sublinhando a necessidade de uma resposta global e coordenada. A integração de estratégias de mitigação e adaptação, combinadas com a conscientização e a ação prática, é essencial para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores em um cenário de mudanças climáticas cada vez mais intensas. Finalmente, este estudo fornece direções claras para futuras pesquisas e políticas, promovendo um ambiente de trabalho que prioriza a proteção dos indivíduos e a sustentabilidade das operações em um mundo em constante transformação.

REFERÊNCIAS

- ADAM-POUPART, A. *et al.* Climate change and occupational health and safety in a temperate climate: potential impacts and research priorities in Quebec, Canada. **Industrial health**, v. 51, n. 1, p. 68-78, 2013.
- ANSAH, E.; ANKOMAH-APPIAH, E.; AMOADU, M.; SARFO, J. Climate change, health and safety of workers in developing economies: A scoping review. **The Journal of Climate Change and Health**, v. 4, p. 100066, 2021.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 4ª ed. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BEDSWORTH, L.; HANAK, E. Adaptation to Climate Change. **Journal of the American Planning Association**, v. 76, n. 4, p. 477-495, 2010.
- BEYAN, A. C. Global Climate Change and Effects on Occupational Health. **Environmental Research**, v. 182, p. 109-118, 2020.
- BIKOMEYE, J. C.; RUBLEE, C.; BEYER, K. Positive externalities of climate change mitigation and adaptation for human health: A review and conceptual framework for public health research. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 9, p. 4484, 2021.
- CELARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. (Org.). **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis: Vozes, 2012.
- DIEPGEN, T. L.; MAHLER, V. The epidemiology of skin cancer. **British Journal of Dermatology**, v. 146, n. 61, p. 1-6, 2012.
- FERRARI, G. N.; LEAL, G. C. L.; THOM DE SOUZA, R. C.; GALDAMEZ, E. V. Impact of climate change on occupational health and safety: A review of methodological approaches. **Work**, v. 71, n. 2, p. 317-327, 2022.
- FLOURIS, A. D. *et al.* Workers' health and productivity under occupational heat strain: a systematic review and meta-analysis. **The Lancet Planetary Health**, v. 2, n. 12, p. 521-531, 2018.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 2008.

HASANHANOĞLU, C. Qualifications and Safety Culture of the OSH Climate Effect of Service of Occupational Health and Safety Services in Turkey, Wavin Pilsa Example. **Journal of Advance Research in Social Science and Humanities**, 2019.

ILO: Climate Change Poses Risks to Health of 2.4 Billion Workers Globally. **Business Standard**, 2024. Disponível em: <https://www.business-standard.com>. Acesso em: 7 jul. 2024.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). **Working on a Warmer Planet: The Impact of Heat Stress on Labour Productivity and Decent Work**. Genebra: ILO, 2024.

IOANNOU, L. G. *et al.* The impacts of occupational heat stress on human health and productivity: A systematic review and meta-analysis. **The Lancet Planetary Health**, v. 5, n. 11, p. e662-e673, 2021.

JIANG, C.; ZHENG, S.; NG, A.; GE, Y.; FU, X. The climate change strategies of seaports: Mitigation vs. adaptation. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 89, 102603, 2020.

JONES, R. N.; DESCHULTE, P. A.; CHUN, H. Climate Change and Occupational Safety and Health: Establishing a Preliminary Framework. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 6, n. 9, p. 542-554, 2009.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEVY, B.; ROELOFS, C. Impacts of Climate Change on Workers' Health and Safety. **Oxford Research Encyclopedia of Global Public Health**, 2019.

MIGUEL, J. L. **Metodologia da Pesquisa Científica**. São Paulo: Atlas, 2007.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: Hucitec, 2010.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHA). **OSHA Technical Manual: Heat Stress**. Washington D.C.: OSHA, 2020.

RIAZI, A. M. **The Routledge Encyclopedia of Research Methods in Applied Linguistics**. New York: Routledge, 2016.

ROCQUE, R. J.; BEAUDOIN, C.; NDJABOUÉ, R.; CAMERON, L.; POIRIER-BERGERON, L.; POULIN-RHEAULT, R.-A.; FALLON, C.; TRICCO, A.; WITTEMAN, H. O. Health effects of climate change: an overview of systematic reviews. **BMJ Open**, v. 11, p. e046333, 2020.

SCHULTE, P.; CHUN, H. Climate Change and Occupational Safety and Health: Establishing a Preliminary Framework. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 6, n. 9, p. 542-554, 2009.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 24ª ed. São Paulo: Cortez, 2017.

SPENCER, B.; LAWLER, J.; LOWE, C.; THOMPSON, L.; HINCKLEY, T.; KIM, S.-H.; BOLTON, S.; MESCHKE, S.; OLDEN, J.; VOSS, J. Case studies in co-benefits approaches to climate change mitigation and adaptation. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 60, n. 4, p. 647-667, 2017.

SPOON, J. Indigenous Knowledge and Sustainability. In: **Earthcare: An Anthology in Environmental Ethics**. New York: Cambridge University Press, 2014.

SYMANZIK, J.; JOHN, S. The Impact of Solar Radiation on Occupational Health: A Case Study on the Construction Industry. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 10, p. 5901, 2022.

TANG, K. Climate change and workers' health: How climate affects occupational health. **Occupational Medicine**, v. 71, n. 1, p. 45-53, 2021.

UNGAR, M.; GHAZINOUR, M.; RICHTER, J. **Resilience and Vulnerability: Adaptation in the Context of Childhood Adversities**. New York: Cambridge University Press, 2020.

VENUGOPAL, V.; CHINNADURAI, J. S.; LUCAS, R. A. I.; KJELLSTROM, T. Heat stress and inadequate sanitary facilities at workplaces: An occupational health concern for women?. **Global Health Action**, v. 8, n. 1, p. 1002610, 2015.




CAPÍTULO 12

ANÁLISE PERCEPTIVA DA DEGRADAÇÃO DA PASTAGEM E SUA INTERAÇÃO COM ATRIBUTOS FÍSICOS E AGREGADOS DO SOLO


PERCEPTUAL ANALYSIS OF PASTURE DEGRADATION AND ITS INTERACTION WITH SOIL'S PHYSICAL ATTRIBUTES AND AGGREGATES

João Gabriel Chaib   

Discente de Doutorado em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), UNESP Sorocaba, Sorocaba-SP, Brasil

Admilson Irio Ribeiro   

Doutor em Engenharia Agrícola Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Professor Assistente Doutor do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), UNESP Sorocaba, Sorocaba-SP, Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.625 

Resumo: As áreas de pastagens são consideradas o principal uso atribuído à ocupação do solo em todo planeta. Observa-se no Brasil extensas áreas em que reservas florestais cedem lugar ao pasto, além de uma abundância de pasto sob manejo inadequado. Tal fato pode comprometer a produtividade do solo em questão, uma vez que esse sistema representa significativa produção de carne no país. A percepção da qualidade das pastagens pode tornar-se uma ferramenta que permite determinar métodos de gestão dessa área visando a proteção de recursos. Este estudo teve como objetivo propor um método expedito de análise de cenário em pastagens degradadas, contrapondo-o com a resposta da análise da estrutura do solo, por meio do diâmetro médio geométrico dos agregados e índices físicos do solo. Utilizou-se como área de estudo o pasto sob um argissolo vermelho-amarelo em propriedade rural particular, localizada no município de Santo Antônio de Posse-SP. Foram determinados os diferentes tratamentos para os cenários da pastagem de estudo, assim como índices físicos e o diâmetro médio geométrico para cada tratamento. Por meio de uma análise da estatística dos resultados, pôde-se observar coerência entre os tratamentos determinados e os valores encontrados para o diâmetro médio geométrico dos agregados. Para os atributos físicos estudados, não foi possível observar diferenças significativas entre os tratamentos de pastagem boa e degradada. O método expedito de avaliação de cenários de pastagens pode ser usado para propor medidas de gestão ambiental no sentido da recuperação de pastagens degradadas.

Palavras-chave: Qualidade da pastagem. Densidade do solo. Porosidade total. Diâmetro Médio Geométrico.

Abstract: Pasture areas are regarded as the primary land use globally. In Brazil, extensive regions where forest reserves give way to pasture are observed, alongside a prevalence of pasture under inadequate management. This situation may compromise the productivity of the soil, as this system represents a significant source of meat production in the country. Perception of pasture quality can become a tool to determine management methods aimed at resource protection. This study aimed to propose a rapid assessment method for degraded pasture scenarios, contrasting it with the response from soil structure analysis through the mean geometric diameter of aggregates and physical soil indices. The study area was a pasture on a red-yellow Argisol located on a private rural property in Santo Antônio de Posse, São Paulo. Different treatments were determined for the pasture scenarios, as well as physical indices and the mean geometric diameter for each treatment. Statistical analysis revealed coherence between the determined treatments and the values obtained for the mean geometric diameter of aggregates. For the physical attributes studied, no significant differences were observed between the treatments for good and degraded pasture. The rapid assessment method for pasture scenarios can be utilized to propose environmental management measures aimed at the recovery of degraded pastures.

Keywords: Pasture quality. Soil density. Total porosity. Mean Geometric Diameter.

1 INTRODUÇÃO

As áreas de pastagem ocupam milhões de quilômetros quadrados ao longo das extensões territoriais do mundo todo, sendo usualmente atribuídas à principal ocupação do solo em todo o planeta. No Brasil, a atribuição se repete, sendo que estas representam, também, a principal fonte de alimento para animais de pastejo e estão relacionadas à grande parte da produção de carne e leite do país.

Com a evolução da tecnologia no campo, em geral, houve aprimoramento na gestão e uso de pastos cultivados, os quais se relacionam diretamente com a produção de carne bovina e laticínios no país, sendo que tal fato corrobora com a expansão desse uso do solo, conseqüentemente. Face ao exposto, pode-se associar um potencial distúrbio das condições de reservas florestais remanescentes em propriedades produtivas, em função da expansão da exploração de áreas para pastagens, bem como para outras produções agrícolas.

Tais distúrbios podem acarretar um desequilíbrio das condições naturais do ecossistema, comprometendo os recursos naturais, a biodiversidade, a capacidade de regeneração natural dos ecossistemas, o clima e outros aspectos relevantes. A degradação de um ecossistema pode ser identificada por alterações significativas da vegetação nativa, eventualmente removida da área, sendo, eventualmente, tais alterações acompanhadas de perdas de camada superficial do solo, bem como dos processos e interações ecológicas (Costa *et al.*, 2016).

A introdução de sistemas agrícolas em lugar às florestas pode causar um desequilíbrio no ecossistema e modificar as propriedades do solo, sendo que sua intensidade varia com as condições de clima, uso e manejo adotados e a natureza do solo. O uso intensivo dos solos acarreta alterações das suas propriedades físicas e estruturação (Loss *et al.*, 2014).

Complementarmente, é possível observar, ainda, extensas áreas no país em que o pasto não recebe cuidados necessários para a proteção do principal recurso em uso: o solo. Isso faz com que o aprofundamento sobre a qualidade da pastagem enquanto pivô do extenso uso e ocupação do solo, associado a relevante produção alimentícia do país, revele-se crucial.

Pastagens de baixa qualidade pode ser ditas pastagens degradadas, sendo estas caracterizadas por apresentarem áreas de solos expostos ou com sinais de erosão, sinais evidentes de deficiência nutricional nas plantas ou presença de invasoras. O solo, nessas condições, pode apresentar baixos teores de matéria orgânica e baixa produtividade (Carvalho, 2018).

Diante da importância que as pastagens desempenham para a maioria dos modelos de produção de alimentos praticados, para a ocupação territorial em substituição a remanescentes naturais restauradores da qualidade ambiental, faz-se fundamental que seu uso esteja condicionado a práticas sustentáveis de manejo e que representem mínimas agressões ao meio ambiente.

De acordo com a Embrapa (2014), o manejo correto do pasto inclui a utilização de fertilizantes adequados para a produção de gramíneas e a lotação animal adequada. Estes são dois dos principais fatores que proporcionam qualidade a uma pastagem. Ambos os fatores, quando aplicados de forma indevida ou ausentes, podem desencadear diversos tipos de degradação no pasto. Tais degradações podem requerer ações adicionais, como o preparo do solo, correção e adubação, uso de leguminosas, controle de pragas, doenças e plantas invasoras, aumentando os esforços e custos relacionados ao manejo.

O mesmo autor indica como o principal desencadeador da redução na qualidade da pastagem a utilização do pasto com quantidades de animais superior a sua capacidade suporte. Ainda, indica os principais efeitos desse fator: esgotamento das plantas forrageiras, baixa ressemeadura natural, compactação do solo, surgimento de plantas invasoras e aumento da erosão, entre outros.

Entende-se, então, que certas práticas de manejo – eventualmente consideradas simples do ponto de vista de manejo agrícola, como adubação e ajuste da taxa de lotação de animais, – potencializam a produtividade da pastagem sem potencialmente comprometer os componentes principais do ecossistema. Também se compreende que tais práticas necessitam de olhares mais simplificados, incluindo-se a promoção do uso das tecnologias para esta finalidade, para que sejam mais amplamente difundidas.

Adicionalmente, é possível afirmar que em solos bem manejados, sob ecossistema de pastagem, podem ser encontrados significativos estoques de carbono, em quantidades semelhantes ao encontrado em solos sob florestas tropicais (Amézquita *et al.*, 2004). Ainda, uma pastagem com oferta de forragem de qualidade pode vir a contribuir para a redução da emissão de gases do efeito estufa, reduzindo, especialmente, o metano emitido por animais ruminantes em pastejo (Cerri, 2009). Ambos os efeitos apresentam potencial de redução ou remoção de gases do efeito estufa, contribuindo para o combate às mudanças climáticas.

É correto afirmar que existem opções que podem ser utilizadas no âmbito da sustentabilidade no manejo de pastagens para a produção animal. O uso adequado das tais práticas de manejo permite, eventualmente, aumentar produtividade de áreas, além de contribuir diante da problemática das mudanças climáticas e de viabilizar a redução da perda de recursos naturais.

Há, entretanto, atualmente, um grande desafio em relação ao desenvolvimento de métodos para avaliação da qualidade do solo e do ambiente sob a interferência do homem. Estudos dos mais variados têm sido desenvolvidos com o intuito de quantificar diferentes atributos do solo que estão relacionados com o tema da sustentabilidade, traduzindo-os na forma de indicadores de qualidade

do solo. Esta tradução ocorre, naturalmente, pois indicadores podem estar representados, por sua vez, por variáveis mensuráveis e reportáveis.

Os indicadores da qualidade do solo podem abranger os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, sendo sugerida a utilização de parâmetros físicos, já que apresentem influência direta sobre a produção de culturas, como a capacidade do solo em fornecer adequada aeração e quantidade de água para o crescimento e expansão do sistema radicular (Singer; Ewing, 2000).

Mais especificamente, Shaheb (2021) descrevem a densidade do solo como principal ferramenta para analisar-se índices como drenagem, porosidade, saturação, entre outros. Os autores demonstraram que quanto maior a densidade do solo, maior a sua compactação, menor a porosidade e mais problemas associados ao crescimento radicular e desenvolvimento de plantas podem aparecer em determinado solo.

Já Neves *et al.* (2006) consideram esses parâmetros como importantes indicadores de qualidade do solo baseando-se no fato de que quanto maior sua agregação e estabilidade, maior a resistência à erosão hídrica.

Estabilidade de agregados, por sua vez, refere-se à habilidade que os agregados de solo têm de resistir à ruptura quando submetidos a forças externas. Entende-se que agregados desejáveis para um solo sem erosão seriam os estáveis contra movimentações de água e incidência de chuvas, enquanto aqueles que se rompem podem ser desfavoráveis em relação à qualidade do solo, por selar sua superfície e obstruir os poros vazios (Pereira, 2020).

Com isso, Neves *et al.* (2006) afirmam que fatores que atuam como agentes estabilizadores do solo são os que proporcionam estabilidade aos agregados, sendo estes: os teores de argilominerais, óxidos de ferro e alumínio, matéria orgânica, atividade de microrganismos, textura e também o manejo do solo.

Face ao exposto, faz-se premente a adoção de métodos práticos e objetivos de avaliação da qualidade das pastagens, visando-se representar a situação em que as mesmas se encontram e conduzi-las à adoção de práticas de manejo que minimizem os impactos ambientais, enquanto contribuem para a preservação dos recursos naturais e, por sua vez, conciliem a larga produção de alimentos com o combate ao aquecimento global.

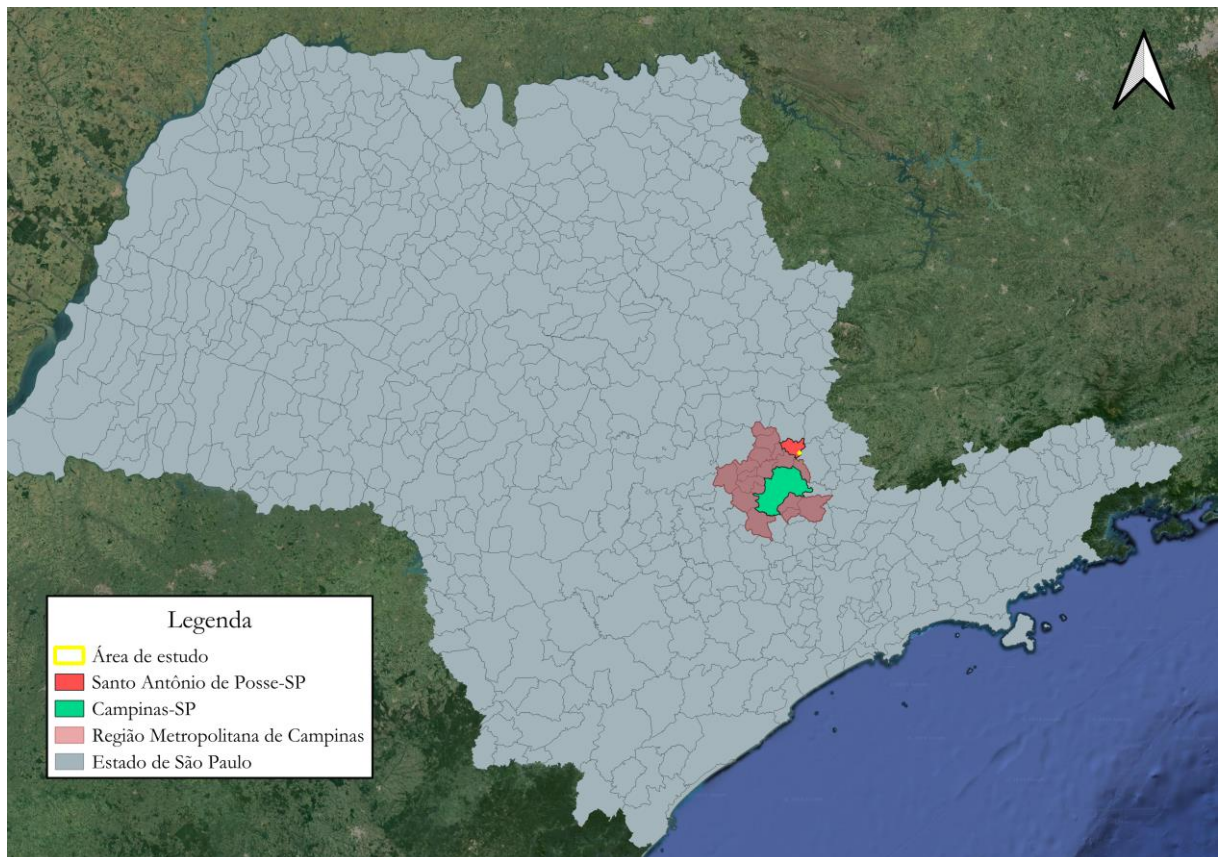
O presente trabalho teve como objetivo propor um método expedito de análise perceptiva de cenários em pastagens degradadas contrapondo a percepção do avaliador com a resposta da análise da qualidade da pastagem por meio do diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG) e índices físicos do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e diagnóstico da área de estudo

A área de estudo pertence a uma propriedade rural particular localizada no município de Santo Antônio de Posse, no estado de São Paulo (SP). A cidade dista aproximadamente 150 quilômetros da capital do Estado, São Paulo, e compõe a Região Metropolitana de Campinas (RMC).

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Fonte: Malha Municipal do IBGE (2022), Estado de São Paulo.

Santo Antônio de Posse apresenta uma população estimada de 23.244 habitantes e uma área total de 154.133 km², segundo dados de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, apresenta clima subtropical úmido (Cwa), também conhecido como subtropical de altitude (o município está a 670 metros de altitude), que predomina na parte central do Estado, caracterizado por estação chuvosa no verão e seca no inverno.

A precipitação anual média da região é de cerca de 116 mm de água com uma máxima média de 274 mm e mínima média de 30 mm (CEPAGRI, 2024). Sua vegetação é caracterizada pelo contato entre Savana e Floresta Estacional, classificada como área antrópica dominante em

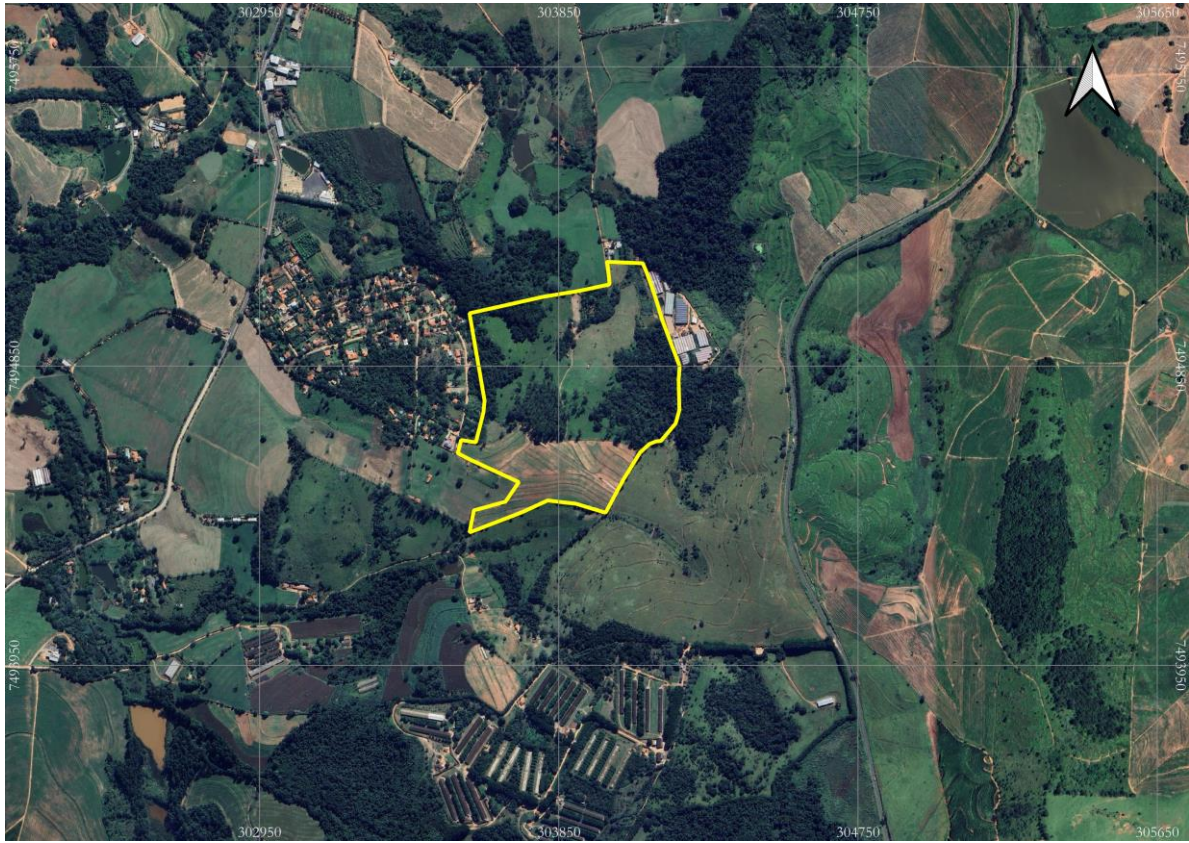
tensão ecológica (IBGE, 2019). O município é cortado pela Rodovia SP-107, sua principal via de acesso.

Segundo o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, disponibilizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) em 2000, o município de Santo Antônio de Posse apresenta 2 tipos de solo: Latossolo vermelho-amarelo e Argissolo vermelho-amarelo. Por meio do mesmo mapa, constata-se que a área de estudo abrange apenas o Argissolo vermelho-amarelo, extrato caracterizado por solos com argila de atividade baixa, geralmente bem drenados, minerais e não hidromórficos, podendo ocorrer em áreas relevo suave e ondulado (EMBRAPA, 2006). Deve-se ressaltar que os teores de matéria orgânica dos solos não são considerados elevados no estado de São Paulo, em geral (IAC, 2000).

Na região há predominância de empreendimentos rurais voltados para agricultura e agropecuária, conforme ilustra a Figura 2, sendo a mancha urbana da cidade significativamente baixa. A propriedade em estudo apresenta ambas as atividades agrícolas citadas, desenvolvida em arrendamento, em uma área total de aproximadamente 34 hectares. Deste total da propriedade, cerca de 15 ha compõem áreas de pastagem. A principal via de acesso à área de estudo é a Avenida José Henrique Maldonado Lopes.

Pode-se aferir um histórico de uso e ocupação do solo expressamente voltado para a produção agrícola, com culturas diversas, como limão, algodão, café, além da pecuária como uso mais recente, de acordo com informação concedida pelo proprietário.

Figura 2 – Ocupação do solo na propriedade em estudo, delimitada em amarelo, e seu entorno.



Fonte: Google Earth Pro, 2024.

2.2 Avaliação do cenário da pastagem e determinação dos tratamentos

Por meio de observação das áreas de pastagem em campo e da revisão da literatura, realizou-se a análise do cenário da área de estudo com o objetivo de determinar níveis perceptivos de degradação da pastagem de maneira a compor os diferentes tratamentos para avaliação dos agregados e atributos físicos do solo. A metodologia utilizada foi adaptada de Riverson *et al.* (1987) que propôs uma avaliação da qualidade das estradas não pavimentadas por meio de cenários. Nesse viés, também foi utilizada adaptações da metodologia utilizada na análise de paisagem proposta por Peche Filho *et al.* (2014).

Após a escolha da área de estudo, determinou-se os fatores visuais de degradação do pasto e, após devidas ponderações, atribuiu-se pesos em função das suas significâncias. Assim, foram definidos diferentes Pontos de Observação (POs) dentre os limites das áreas de pastagem do local.

Posteriormente, atribuiu-se notas para cada PO, em função das observações em campo, que ocorreram em período de estiagem, quanto à severidade de cada fator de degradação. Classificou-se cada ponto de observação em diferentes tratamentos, que por sua vez estiveram relacionados à sua nota final atribuída. Deve-se ressaltar que, para subsidiar as atribuições de notas

para cada aspecto, foram determinadas descrições sucintas e autoexplicativas das situações que as notas representam.

2.3 Determinação da densidade e porosidade total do solo

Foram coletadas amostras indeformadas de solo pelo do método do anel volumétrico, composto pela inserção de anéis de metal em solo a profundidade de 0-10 centímetros, utilizando-se as práticas usuais metodológicas em acordo ao recomendado pela EMBRAPA (1997), para determinação das devidas massas e volumes dos mesmos, que permitirão a determinação dos índices físicos escolhidos neste estudo. Foram determinados os seguintes três: Densidade do solo (D_s), Densidade de partículas (D_p) e Porosidade total (P_t). Os cálculos pertinentes foram realizados por meio das Equações 01 e 02.

- Densidade do solo (D_s): relação entre a massa de solo seca da amostra (m_s) e o volume total (V) da amostra (Equação 01).

$$D_s = m_s/V \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad [1]$$

- Densidade das partículas (D_p): relação entre a massa de solo seco (m_s) e o volume seco (V_s) da amostra. Utilizou-se o método do Picnômetro (HEINRICHS, 2010).
- Porosidade total (P_t): relação entre a densidade do solo (D_s) e a densidade das partículas (D_p) (Equação 02).

$$P_t = (D_s/D_p) \quad [2]$$

2.4 Determinação do diâmetro médio geométrico dos agregados do solo

No método utilizado para determinação do diâmetro médio geométrico (DMG), coletou-se e secou-se, utilizando as práticas comuns recomendadas (EMBRAPA, 1997), amostras indeformadas de solo.

Uma porção de solo coletado foi introduzido em uma sequência de peneiras de malhas decrescentes (6,3 / 4,75 / 2,36 / 1,18 / 0,6 / 0,3 e > 0,30 milímetro) a fim de reter-se diferentes classes de agregados, após devida agitação mecânica, obtendo-se a massa de agregados de cada classe. Por meio da Equação 03, calcula-se o Diâmetro Médio Geométrico dos agregados de cada amostra de solo.

$$DMG = (\exp(\sum_{i=1}^n (w_i \times \log x_i))) / (\sum_{i=1}^n w_i) \quad [3]$$

Sendo x_i o diâmetro médio das classes de agregados; w_i a proporção da massa de agregados de cada classe em relação ao total; w_p a massa de agregados de cada classe.

Figura 3 – Amostras indeformadas em estufa.



Fonte: Arquivos do autor, 2024.

Figura 4 – Agitação do conjunto de peneiras com agregados de solo coletado.



Fonte: Arquivos do autor, 2024.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Solos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS) da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

2.5 Caracterização físico-química e da granulometria do solo

A caracterização dos componentes e da granulometria do solo e foi realizada de acordo com a metodologia de referência para laboratórios de análises de solos com proficiência (IAC, 2001), e têm seus métodos especificados a seguir.

- pH em cloreto de cálcio;
- Acidez Total em tampão SMP (Shoemaker, Mac Lean e Pratt);
- Fósforo com extração em resina trocadora de íons;
- Matéria Orgânica: Walkley Black/Colorimétrico;
- Potássio com extração em resina trocadora de íons;
- Cálcio e Magnésio com extração por cloreto de potássio;
- Alumínio com extração por cloreto de potássio;
- Enxofre em fosfato de cálcio;
- Sódio com extração por cloreto de amônio.

2.6 Métodos estatísticos

O experimento foi analisado por meio de um delineamento inteiramente casualizado, aplicando-se uma análise de variância e posterior teste de médias (Tukey) para cada tratamento estudado. O software de análises estatísticas utilizado foi o ASSISTAT v.7.7 beta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação do cenário da pastagem e determinação dos tratamentos

Conforme a metodologia proposta, temos a definição dos aspectos visuais indicadores de degradação da pastagem de maior significância, conforme revela o Quadro 1. Para cada aspecto, foi atribuído um padrão de notas variando de 1 a 5 e suas respectivas referências descritivas da situação em que ele se encontra para os valores de 1, 3 e 5. Atribuiu-se um peso específico para cada aspecto, determinado de acordo com sua significância na qualidade da pastagem.

Quadro 1 – Quadro referência para avaliação do cenário da pastagem.

Aspecto	Peso	Nota	Situação	Descrição de Referência
Vigor e qualidade da forragem	1	1	Bom	Pasto com bom vigor aparente e cor bem definida
		3	Médio	Pasto com vigor médio e cor moderadamente definida
		5	Baixo	Pasto com baixo vigor e cor fraca
Presença de espécies invasoras, cupins e formigas	2	1	Baixa	Ausência de invasoras, cupins ou formigas
		3	Moderada	Baixa presença de invasoras, cupins e formigas
		5	Alta	Alta presença de invasoras, cupins e formigas
Cobertura do solo	2	1	Boa	Solo bem recoberto pela forragem
		3	Moderada	Solo moderadamente recoberto pela forragem, com poucas faixas expostas
		5	Baixa	Solo visivelmente exposto, com menos forragem
Processos erosivos no solo	3	1	Baixos	Ausência de processos erosivos
		3	Moderados	Presença de indicadores de processos erosivos hídricos
		5	Presentes	Presença de processos erosivos

Fonte: Autores, 2024.

Por meio do padrão de notas estipulado, pôde-se determinar classificação de quatro tipos de tratamentos qualitativos em função da nota total recebida pela parcela analisada, conforme Quadro 2.

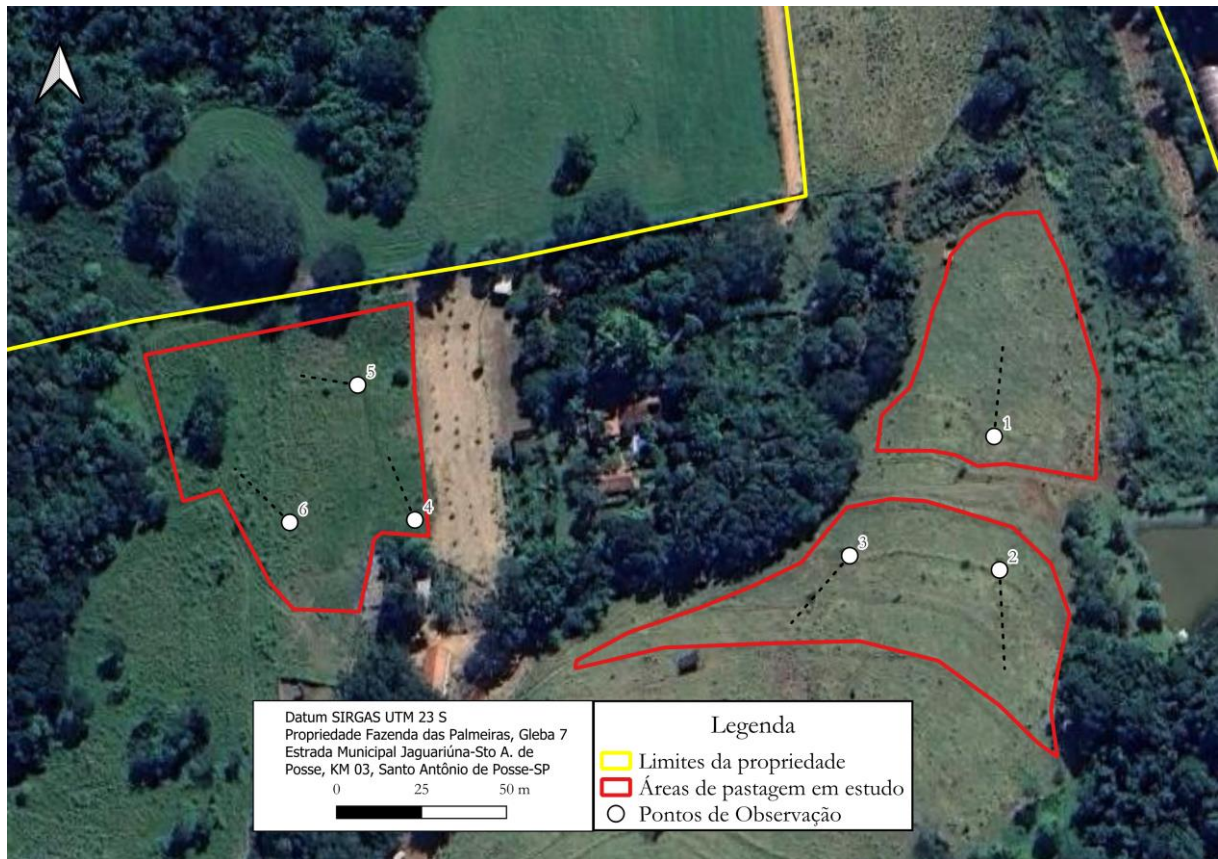
Quadro 2 – Quadro referência para avaliação do cenário da pastagem.

Nota	Tratamento
8-13	Pastagem muito boa (Pmb)
14-21	Pastagem boa (Pb)
22-30	Pastagem mediamente degradada (Pmd)
31-40	Pastagem degradada (Pd)

Fonte: Autores, 2024.

Posteriormente, utilizando-se do conhecimento tácito do proprietário da propriedade e dos autores, foi possível estipular, a princípio, seis Pontos de Observação (POs) dentro dos limites da área de estudo, conforme ilustra a Figura 5, os quais inserem-se em três zonas de pastagem relativamente distintas.

Figura 5 – Localização dos Pontos de Observação das áreas de pastagem do estudo.



Aplicando-se, finalmente, o Quadro 1 resultante dos métodos propostos neste estudo, em conjunto com as devidas classificações do Quadro 2, pôde-se chegar ao resultado da avaliação expedita do cenário da pastagem em estudo, exposto na Tabela 1.

Cabe ressaltar, novamente, que as avaliações são feitas com base na percepção do observador em campo. Algumas das vistas dos POs, representadas pelas Figuras 6 e 7, elucidam as notas atribuídas e, conseqüentemente, os tratamentos designados.

Figura 6 – Vista do Ponto de Observação 1.



Fonte: Arquivos do autor, 2024.

Figura 7 – Vista do Ponto de Observação 5.



Fonte: Arquivos do autor, 2024.

No PO-1, Figura 6, é possível observar ausência de quaisquer processos erosivos, assim como boa cobertura do solo e inexistência de espécies invasoras ou cupins. Nesse caso, a pastagem pode ser considerada “boa”, definição alinhada ao que propôs EMBRAPA (2014) sobre a qualidade das pastagens. Deve-se ressaltar que, em função do vigor aparente e qualidade da forragem, que receberam nota média, a pastagem não foi classificada como “muito boa”.

Já, por exemplo, para o PO-5, Figura 7, diversos fatores de degradação do pasto coexistem e podem ser identificados, como afloramentos rochosos e baixa cobertura do solo.

Por meio da tabela de resultados apresentada, foi possível contabilizar uma área considerada Pb, quatro Pmd e uma Pd, diferenciadas em função dos padrões de qualidade de pastagem estipulados no presente estudo. Não se constatou classificação de área considerada como pastagem “muito boa” (Pmb).

3.1 Atributos físicos e agregados do solo

A mensuração dos atributos físicos e agregados do solo procedeu-se por tratamentos específicos, em função da classificação definida para os POs da área de estudo, a qual deu-se por meio da ponderação da severidade da degradação da pastagem, conforme explicitado anteriormente.

Optou-se pela utilização de três tratamentos, baseados na classificação resultante da seção anterior, representados por: 1-pastagem boa (Pb), uma vez que não se obteve cenário classificado

como pastagem muito boa (Pmb); 2-pastagem degradada (Pd), classificada para um dos POs (n° 5) e 3-remanescentes florestal (Rm), área adjacente aos limites da área de estudo, utilizado como valor de referência de parâmetros ambientais para comparações com os demais tratamentos.

Os remanescentes naturais foram identificados por imagens de satélite e observação em campo, que expuseram determinada região da propriedade em estudo a qual abrigava fisionomias vegetais florestais de relativa baixa ou nenhuma perturbação ao longo dos anos. A Figura 8 apresenta as quatro repetições realizadas de forma aleatória para a coleta de solo em cada tratamento considerado para determinação dos atributos físicos e agregados do solo.

Figura 8 – Tratamentos e pontos de amostragem considerados para a análise dos índices físicos e agregados do solo na área de estudo.



Aplicando-se a metodologia citada para determinação da densidade do solo, porosidade e diâmetro médio geométrico (DMG), obteve-se o resultado exposto na Tabela 2, para a profundidade de 0 – 10 cm.

O raio (r) encontrado para os anéis volumétricos foi de 2,40 cm. A altura (h) foi de 5,17 cm e seu volume (V) calculado foi de 90,55 cm³. O valor da Densidade de partículas (D_p) determinado foi de 2,65 g/cm³, extraído a partir do método do Picnômetro (CETEM, 2010).

Tabela 2 – Resultados dos índices físicos e agregados do solo.

Parâmetros	DMG (mm)				Ds (g/cm ³)				Pt (cm ³ /cm ³)			
	Média	Máx	Mín	CV (%)	Média	Máx	Mín	CV (%)	Média	Máx	Mín	CV (%)
Pb	2,08b	2,17	2	3,26	1,50a	1,54	1,46	2,19	0,43b	0,45	0,42	2,51
Pd	1,48c	1,76	1,14	17,26	1,54a	1,63	1,49	3,36	0,41b	0,44	0,39	4,59
Rn	2,57a	2,77	2,19	8,71	1,32b	1,4	1,23	5,45	0,50a	0,54	0,47	5,69

Nota: Pb - Pastagem boa; Pd - Pastagem degradada; Rn - Remanescente natural; DMG - Diâmetro Médio Geométrico; Ds - Densidade do solo; Pt - Porosidade total; As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado Teste de Tukey significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autores, 2024.

Analisando-se os resultados do DMG, nota-se diferenças dos diâmetros médios geométricos dos agregados entre os três tratamentos. O remanescente natural apresentou média superior a pastagem boa, que, por sua vez, superou o valor da média da pastagem degradada, sendo todos considerados diferentes estatisticamente segundo teste de médias.

Já os valores de densidade do solo e porosidade total apresentaram maior proximidade entre as médias das pastagens, sendo a boa ligeiramente inferior à degradada para a densidade e superior para porosidade total. Suas médias não variaram estatisticamente, segundo teste de médias aplicado.

A superioridade do DMG médio do remanescente natural em relação às pastagens está associada à quantidade de matéria orgânica presente no solo, uma vez que a mesma se situa em porções rasas do solo, utilizadas, por sua vez, para análise dos agregados nesse estudo. Isso pôde ser constatado pois, como observado na literatura, os decompositores desse material geram produtos, como as hifas, que contribuem para a união dos agregados, aumentando, em geral, a estabilidade dos agregados (Melo, 2009).

Torres (2012) afirma que o pisoteio dos animais de pastejo é capaz de provocar alterações na estrutura do solo e suas propriedades, influenciando negativamente para a agregação saudável do solo. Lima *et al.* (2009) obtiveram resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo para um solo sob pastagem, sendo o DMG médio de 2,12 mm em camadas superiores do solo. O primeiro autor sugere, ainda, que numa pastagem degradada, a agregação é reduzida pela pouca cobertura do solo, relacionada à incidência de ciclos de umedecimento e secagem e falta de proteção para processos erosivos hídricos, os quais desestabilizam os agregados da camada superior.

Nesse sentido, considerando-se que o pisoteio por parte dos animais numa área de pastagem pode vincular-se à sua compactação (TORRES, 2012), pode-se extrair as implicações

relativas aos seus atributos físicos, uma vez que esta também contribui para o aumento da densidade do solo e redução da porosidade (Shaheb, 2021).

Desta forma, Bergamin *et al.* (2002) apresentaram resultados elevados de porosidade total para vegetações nativas, que representam que o sistema esteja em equilíbrio, possuindo elevada cobertura do solo e matéria orgânica e sem nenhuma atividade antrópica que cause significativas alterações físicas no solo.

Já Lima *et al.* (2009) encontraram valores próximos aos estipulados para esse estudo, para camadas superficiais de solo, sendo a densidade da pastagem de $1,56 \text{ g/cm}^3$ e a do remanescente de vegetação secundária de $1,42 \text{ g/cm}^3$. Os mesmos autores também encontraram, para tais condições, os valores de $0,46$ e $0,40 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ de porosidade total para pastagens e remanescentes naturais, respectivamente.

Ao observar as porcentagens dos coeficientes de variação (CV) para os resultados obtidos, extrai-se valor de $17,26\%$ para o DMG do tratamento “Pastagem degradada”, sendo considerado índice “médio” para esse coeficiente, segundo Warrick & Nielson (1980). Todos os outros valores se mantiveram abaixo de 10% , sendo considerados índices “baixos” segundo os mesmos autores, indicando maior homogeneidade e representatividade dos conjuntos de dados amostrados. Pode-se dizer que, de forma geral, os coeficientes de variação apresentaram bons resultados para a representatividade dos dados estudados neste trabalho.

Os valores encontrados para o diâmetro médio geométrico, a densidade e a porosidade total do solo aproximam-se dos valores encontrados na literatura para as mesmas condições de solo e profundidade. Os valores do DMG das pastagens degradadas e boas apresentaram diferenças estatísticas entre suas médias, fato que pode ser explicado em função da maior presença de aspectos de degradação do solo que, por sua vez, apresenta maior densidade e menor porosidade total, podendo indicar maior compactação.

A proximidade dos valores encontrados neste estudo com aqueles estudados na literatura indica que os parâmetros estudados representam bons indicadores das condições em que o solo de pastagem se encontra, induzindo a observações e conclusões que aproximam os dados encontrados da realidade de tratamento da área em estudo.

Como cada tratamento foi definido por meio de uma análise expedita do cenário da pastagem da propriedade em estudo, é possível afirmar que os mesmos apresentaram boa representatividade em função dos resultados das análises dos índices físicos e agregados dos solos. O método utilizado para a análise do cenário atingiu as expectativas de definição de cada porção de área, aproximando as condições perceptivas dos aspectos de degradação de maior significância

numa pastagem com seus aspectos físicos determinados por meio do DMG, densidade e porosidade total do solo.

Acredita-se que, caso fossem comparados solos de pastagem classificada como “muito boa” com área de pasto classificada como “degradada”, as diferenças nos valores físicos estudados seriam ainda maiores, resultando em dados ainda mais conclusivos que os encontrados neste trabalho.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da metodologia aplicada e dos resultados obtidos, foi possível determinar um método expedito de avaliação do cenário da pastagem da área de estudo em função dos aspectos perceptivos de degradação, o qual mostrou-se objetivo quanto a diferenciação de tratamentos de qualidade da pastagem.

A análise do diâmetro médio geométrico dos agregados do solo (DMG) mostrou-se coerente com os cenários estabelecidos pela metodologia expedita de avaliação perceptiva proposta.

Por sua vez, os atributos físicos, representados pela densidade e porosidade total do solo divergiram do resultado da avaliação dos cenários de qualidade da pastagem. As áreas de pastagem classificadas como “boa” e “degradada” não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Mesmo assim, os valores dos atributos físicos se aproximaram, em geral, de valores referenciados para as classificações propostas.

A proposta metodológica apresentada encontra-se alinhada à adoção de métodos práticos e objetivos de avaliação da qualidade das pastagens, no âmbito da gestão de áreas degradadas. Tal método permite que as áreas sob análise possam ser conduzidas à adoção de práticas de manejo que minimizem os impactos ambientais, contribuindo para a preservação dos recursos naturais, conciliando a produção de alimentos com o combate ao aquecimento global.

REFERÊNCIAS

AMÉZQUITA, M. C.; IBRAHIM, M.; LLANDERAL, T.; BUURMAN, P.; AMÉZQUITA, E. Carbon sequestration in pastures, silvo-pastoral systems and forests in four regions of the Latin American tropics. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 21, n. 1, p. 31–49, 2004. DOI: 10.1300/J091v21n01_02.

BERGAMIN, E. M. *et al.* **Alterações causadas pela pastagem e sistema agroflorestal na densidade do solo e porosidade total em Argissolo Vermelho distrófico na Amazônia.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. Anais. Cuiabá: Universidade Federal de Cuiabá, 2002.

CARVALHO, M. O papel da pastagem na recuperação do solo no montado. **Pastagens e Forragens**, v. 35/38, p. 1–21, 2018.

CEPAGRI. **Centro de Pesquisas Meteorológicas e Cimáticas Aplicadas a Agricultura. Clima dos Municípios Paulistas**. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_539.html. Acesso em: 12 de maio, 2024.

CERRI, C. C. *et al.* Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 6, p. 831–843, 2009.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL. Densidade do solo. *In*: LIMA, J. R. (Org.). Capítulo 2: Densidade Final. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br:8080/bitstream/cetem/1019/1/Cap%20%20Densidade%20Final.pdf>. Acesso em: 12 de maio, 2024.

COSTA, C.; SOUZA, R. F.; SILVA, M. A.; PEREIRA, J. Efeitos da degradação ambiental sobre a biodiversidade. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 24, n. 3, p. 317–325, 2016. DOI: 10.1590/S0103-90162016000300002.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>. Acesso em: 2 de maio, 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. DIAS-FILHO, M. B. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p.

IAC. Instituto Agronômico de Campinas. Informações técnicas. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. 2000. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/mapa.pdf>. Acesso em: 20 de maio, 2024.

IAC. Instituto Agronômico de Campinas. **Ensaio de proficiência para laboratórios de análise**. 2001. Disponível em: <http://lab.iac.sp.gov.br/>. Acesso em: 29 de maio, 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cartas 1:250.000 - Vegetação. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/22453-cartas-1-250-000.html?=&t=downloads>. Acesso em: 2 de maio, 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Infográfico e dados gerais do município. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=354800&search=|santo-antonio-de-posse>. Acesso em: 15 de maio, 2024.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. dos. Impactos do manejo do solo na estrutura e dinâmica da água em sistemas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1198–1210, 2014. DOI: 10.1590/S0100-06832014000400022.

MELO, F. V. *et al.* A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. Boletim Informativo da SBCS, jan.-abr. 2009.

NEVES, C. S. V. J. Efeito do manejo do solo e da matéria orgânica solúvel em água quente na estabilidade de agregados de um latossolo argiloso. *Ciência Rural*, v. 36, n. 5, p. 1410–1415, set. 2006.

PECHE FILHO, A. *et al.* Metodologia IAC para análise de paisagem. In: XI CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS. Anais. Poços de Caldas, MG, 2014.

PEREIRA, M. G. *et al.* Práticas de morfologia e física do solo. Seropédica: Editora da UFRRJ, 2020. p. 82.

RIVERSON, J. D.; SINHA, K. C.; SCHOELER, C. F. Evaluation of subject rating of unpaved country roads in Indiana. *Transportation Research Record*, n. 1128, p. 53–61, 1987.

SHAHEB, Md Rayhan. A review on the effect of soil compaction and its management for sustainable crop production. *Journal of Biosystems Engineering*, v. 46, n. 3, p. 1–20, nov. 2021. DOI: 10.1007/s42853-021-00117-7.

SINGER, M.; EWING, S. Soil quality. In: SUMNER, M. E. (Ed.). *Handbook of soil science*. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 271–298.

TORRES, J. L. R.; RODRIGUES JÚNIOR, D. J.; SENE, G. A.; JAIME, D. G.; VIEIRA, D. M. S. Resistência à penetração em área de pastagem de capim-tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. *Bioscience Journal*, v. 28, n. 1, p. 232–239, 2012.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of some physical properties of the soil. In: HILLEL, D. (Ed.). *Applications of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. cap. 13, p. 319–344.




CAPÍTULO 13

CRESCIMENTO URBANO E OCUPAÇÃO DESORDENADA: ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CAXIAS-MA

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN THE MUNICIPALITY OF CAXIAS-MA, A CONSEQUENCE OF URBAN GROWTH

Edimar dos Santos Fontes   


Graduado em Ciências, Habilitação em Biologia e Especialista em Ensino de Genética, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Campus Caxias, Caxias/MA, Brasil

Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira   

Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, Brasil

Elmary da Costa Fraga   

Doutor em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Pará (UFPA), Docente do Departamento de Química e Biologia, Campus Caxias, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Caxias-MA, Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.626 

Resumo: Este trabalho foi realizado entre os meses de fevereiro a julho de 2019, com o propósito de observar e divulgar os problemas ambientais que interferiram no meio ambiente de Caxias/MA, após o crescimento urbano da cidade, com a construção de novos residenciais e surgimento de invasões de terrenos para moradias. Esse crescimento acelerado da zona urbana e a construção de moradias irregulares nas invasões traz como consequências problemas ambientais, tais como, o desmatamento da vegetação das margens de riachos ocasionando erosão e assoreamento desses riachos, poluição ambiental em terrenos e riachos com descarte irregular de lixo doméstico. Também foi incluso no roteiro das observações a pavimentação asfáltica da rodovia MA-127 que liga o município de Caxias ao município de São João do Sóter, no trecho que passa pela área de proteção ambiental do município a APA Municipal do Inhamum. Após as observações e feitos os registros fotográficos, foram realizadas visitas ao SAAE e à Secretaria de Meio Ambiente do município de Caxias/MA. Nos residenciais e nas invasões o principal problema encontrado foi o lixo descartado inadequadamente que é levado para as galerias e córregos pelas enxurradas durante as chuvas, o qual é carregado pelas correntezas diretamente para os mananciais próximos a essas moradias. Verificou-se também erosão pluvial em terrenos desmatados sem nenhuma utilização, fato que leva ao assoreamento dos riachos locais. Nas invasões em especial, foram verificados desmatamentos de mata nativa em nascentes e nas margens de riachos importantes para nossa biodiversidade. Na Área de Preservação Ambiental Municipal do Inhamum muito importante para o Município de Caxias/MA pela sua vasta área florestal e pela nascente de um dos mananciais que é o riacho Ponte, foi verificado um desmatamento desnecessário às margens da rodovia estadual MA-127, e devido esse desmatamento, as enxurradas causadas pelas chuvas têm arrastado material do solo provocando erosão e depósitos de materiais no leito do riacho reduzindo as condições de vida aquática.

Palavras-Chaves: Natureza, Moradias Populares, Pavimentação Asfáltica, Biodiversidade.

Abstract: This work was carried out between February and July 2019, with the purpose of observing and disseminating the environmental problems that interfered in the environment of Caxias/MA, after the urban growth of the city, with the construction of new residential and Emergence of land invasions for dwellings. This accelerated growth of the urban area and the construction of irregular dwellings in the invasions have environmental consequences, such as the deforestation of stream banks causing erosion and siltation of these streams, environmental pollution in lands and streams with irregular waste disposal domestic. It was also included in the script of observations the asphalt paving of the highway MA-127 that connects the municipality of Caxias to the municipality of São João do Sóter, in the passage that passes through the environmental protection area of the municipality to APA Municipal of Inhamum. After the observations and the photographic records, visits were made to the SAAE and to the Department of Environment of the city of Caxias / MA. In residential and invasion areas, the main problem encountered was improperly discarded garbage that is taken to the galleries and streams by the runoff during the rains, which is carried by the currents directly to the springs near these dwellings. Rainfall erosion was also observed in deforested lands without any use, which leads to the silting of the local streams. In the particular invasions, deforestation of native forest was observed in springs and the banks of streams important for our biodiversity. In the Municipal Environmental Preservation Area of Inhamum very important for the municipality of Caxias/MA for its vast forest area and the source of one of the springs that is the “Ponte” Creek, was verified an unnecessary deforestation on the banks of the state highway MA-127, and due to this Deforestation, the floods caused by the rains have dragged soil material causing erosion and deposits of materials in the creek bed reducing aquatic life conditions.

Keywords: Nature, Popular Dwellings, Asphalt Paving, Biodiversity.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é detentor de riqueza ambiental advinda dos seus vários ecossistemas, refletida na sua flora e fauna, fato que torna o Brasil a principal nação entre os países de maior importância para o planeta em relação aos recursos naturais, com sua vasta biodiversidade animal e vegetal (Ministério do Meio Ambiente). Por isso, essa riqueza merece toda a atenção e cuidados importantes, para que possa ser utilizada de modo sustentável, a fim de evitar um esgotamento dos recursos naturais, que diminui a cada dia por conta de ação humana. Assim, é considerado impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 01/1986).

No que tange o município de Caxias, que já foi o mais importante do estado do Maranhão não é diferente. Este teve seu território diminuído inúmeras vezes por conta da divisão para a criação de outros municípios, sendo que a última divisão foi com a emancipação do município de São João do Sóter, acerca de vinte e dois anos atrás. Com essas divisões, Caxias perdeu grande parte de sua mata nativa, assim como parte da bacia do rio Itapecuru, mas próximo à zona urbana existe ainda uma reserva ambiental denominada Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum, que preserva a nascente e grande parte do curso de um importante riacho, o Riacho Ponte (Fontes, 2016). Essa reserva fica nos limites da zona urbana de Caxias, na saída da cidade em direção ao município de São João do Sóter/MA, cortada pela MA-127 (Barros et al, 2012). Essa área vem passando também por diversas agressões, causadas principalmente pelo asfaltamento da rodovia, que originou o desmatamento das suas margens no momento da pavimentação, a erosão pluvial em áreas desmatadas às margens da rodovia, e o assoreamento do riacho por conta da progressiva erosão pluvial (comunicação pessoal).

Em Caxias, como a maioria dos municípios brasileiros, houve um crescimento desordenado, pois nos últimos dez anos já foram construídos conjuntos residenciais e veem acontecendo algumas invasões para construção de moradias irregulares (Secretaria de Municipal do Meio Ambiente, 2014). Alguma dessas invasões ocorreram em áreas de nascentes e brejos, da mesma forma nas margens de riachos importantes para o município. O desmatamento desordenado provocado pelo crescimento urbano, e o lixo descartado inadequadamente pelos moradores dos residenciais e das invasões prejudicam diretamente o solo nessas áreas habitacionais

invadidas e, também afetam o meio ambiente como um todo, causando prejuízo à fauna e a flora do município (Fontes, 2016). Vislumbrando um melhor controle dessas mudanças ambientais, foram criadas diversas Leis que tentam regulamentar o uso de recursos naturais concomitantemente com o desenvolvimento.

Desde 1988, com a Constituição Federal, os Municípios tornaram importantes protagonistas do controle das questões ambientais locais, criando Leis Orgânicas Municipais, Planos Diretores, novas legislações municipais, dentre outros, implementando medidas que favoreçam o desenvolvimento das cidades com o mínimo possível de agressão ao meio ambiente (Santos et al, 2019). A degradação ambiental segundo Louzada (2013) é compreendida como sendo as alterações e os desequilíbrios originados no meio ambiente que acabam por prejudicar os seres vivos, impedindo dessa forma, os processos vitais existentes antes dessas alterações.

O município de Caxias está situado na Região Leste do Maranhão, também conhecida por Região dos cocais, por possuir uma concentração da maior biodiversidade de coco babaçu do planeta (www.ipea.gov.br). Atualmente tem como principais atividades econômicas a indústria de transformação (Fabricação de Cervejas e Chopes), Construção Civil, Administração Pública, Comércio, Manutenção e Reparação de Veículos Automotores e Motocicletas, Atividades Imobiliárias e Alugueis, mas, este vem caindo a cada ano os seus rendimentos (PIB, 2015).

O processo de estruturação das cidades, comumente impulsionado por objetivos econômicos em busca da maximização da rentabilidade mediante a valorização do preço da terra, tende a provocar diversos impasses no que concerne à manutenção da qualidade do meio ambiente urbano. Os impactos ambientais urbanos devem ser analisados como mudanças de relações ecológicas e sociais, que se referem a um estágio de um processo de transformação contínuo. Desse modo, a problemática dos impactos ambientais urbanos deve ser encarada de uma perspectiva de metamorfose entre o fato natural e o fato político e social (Silva, 2006).

Todo esse crescimento e desenvolvimento da zona urbana e da pavimentação asfáltica da rodovia MA-127, tem acontecido em áreas de nascentes de mananciais, e às margens de riachos importantes para o município de Caxias/MA. O processo de urbanização pode provocar alterações sensíveis no ciclo hidrológico diminuindo a evapotranspiração, aumento no escoamento superficial e assoreamento do solo, aumento de doenças veiculadas por ingestão de água, doenças de contato com a pele. Por fim este processo agrava também o lençol freático pelas práticas de não tratamento dos dejetos e efluentes industriais, fossas sépticas. (Velooso, 2015).

É imensurável a importância da natureza para nosso planeta e para nossa própria existência. A sua importância está intimamente relacionada ao equilíbrio ecológico natural, principalmente quando se trata das cadeias e teias alimentares. A flora, além de sua importância como produtora

de alimento, tem sua função de redução do CO₂ na natureza. Outra grande importância da biodiversidade é na produção de medicamentos. Por isso, preservar a biodiversidade é primordial para a boa relação humana com o meio em que vive, pois, evitam-se grandes impactos naturais que são as causas de grandes perdas, tanto da biodiversidade quanto da própria vida humana em diversos desastres ambientais (comunicação pessoal).

Esse trabalho tem como objetivo geral analisar a degradação ambiental de algumas áreas de vegetação e mananciais da cidade de Caxias/MA após crescimento urbano, e como objetivos específicos, destaca-se: localizar e observar as áreas de crescimento na cidade de Caxias/MA, fazer registros fotográficos das áreas degradadas nas áreas de crescimento em Caxias/MA, realizar pesquisa junto SAAE a respeito do sistema de esgoto dos novos residenciais de Caxias/MA, realizar pesquisa junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Caxias/MA a respeito da degradação ambiental nos novos residenciais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Este estudo será realizado no município de Caxias/MA, com área de unidade territorial corresponde a 5.196,771 km², localizada na parte centro leste do estado entre as coordenadas 04°53'30" S e 43°24'53" W, às margens da BR-316. O clima é do tipo subúmido a semiárido, com pluviosidade anual entre 1.300 e 1.500 mm. A população da cidade é estimada em 160.291 habitantes (IBGE, 2014).

O município de Caxias/MA é banhado pelo rio Itapecuru e possui inúmeros riachos afluentes, tanto na zona rural, quanto na zona urbana. Esses riachos possuem importância relevante para o município, bem como para o abastecimento de água potável para a população, fornecimento de água em irrigação de hortas, criação de animais (bovinos, suínos, frango, etc.), alguns são frequentados por banhistas para aliviar o calor nos dias mais quentes, e outros passam por chácaras onde proprietários usam a água para vários fins. Porém, alguns desses riachos estão sendo poluídos e tendo suas margens danificadas por desmatamentos, ocasionados por empreendimentos e habitações, tanto legais como ilegais. O ser humano como agente modificador da paisagem natural possui responsabilidade pelos impactos causados no espaço ambiental. A questão dos impactos originados pela degradação ambiental é complexa e exige conhecimentos multidisciplinares por parte dos atuantes no manejo do solo ou de outros elementos naturais bem como daqueles que atuam nas políticas públicas (Pinto *et al.*, 2019).

Os locais que foram visitados no presente estudos: a ponte da rodovia MA-127 (Fig. 3) sobre o riacho da APA Municipal do Inhamum localizada na zona rural da cidade, o balneário

Maria do Rosário (Fig. 4), a piscina pública do bairro Ponte (Fig. 5). Serão verificadas também as regiões habitacionais surgidas mais recentemente na cidade como: invasão da Mariinha no bairro Campo de Belém às margens do riacho Ponte (Fig. 11); a invasão do bairro Pai Geraldo na nascente do riacho São José (Fig. 7); o loteamento Vale do Sol, na saída de Caxias para Timon (Fig. 6); o Residencial da Vila Paraíso às margens do riacho Itapecuruzinho (Fig. 8); o Residencial Santa Teresinha (Fig. 10) situado no bairro Pirajá às margens da Rodovia BR-316 e o Residencial Eugênio Coutinho (Fig. 9) no bairro Antenor Viana, todos localizados em regiões periféricas do município de Caxias, MA. Também serão procurados o diretor do SAAE para que o mesmo forneça dados sobre o esgoto em Caxias e o Secretário Municipal de Meio Ambiente de Caxias para que este forneça dados sobre o desmatamento na zona urbana de Caxias, MA.

2.2 Da obtenção dos dados

Para realização de uma pesquisa dessa amplitude, foram necessárias fazer visitas aos locais designados, banhos públicos, construção dos residenciais, e das invasões para constatar as agressões ao meio ambiente, fazendo registros fotográficos e conversando com moradores das habitações próximas dos locais que serão estudados. Foi necessária também uma pesquisa junto ao diretor do SAAE e ao Secretário de Meio Ambiente do município (Figura 1). Os dados obtidos serão analisados e discutidos para gerar-se um panorama geral das condições iniciais e atuais dos locais investigados, e detectar a problemática da degradação ambiental nos locais alvos deste estudo (Figura 2).

Figura 1 - Mapa de Caxias/MA.



Fonte: www.cidade-brasil.com.br.

Figura 2 - Vista de Caxias/MA pelo satélite.

Fonte: www.cidade-brasil.com.br

O município de Caxias/MA é banhado pelo rio Itapecuru e possui inúmeros riachos afluentes, tanto na zona rural, quanto na sede do município. Esses riachos possuem importância relevante para o município, bem como para o abastecimento de água potável para a população, fornecimento de água em irrigação de hortas, criação de animais (bovinos, suínos, frango, etc.). Nessa perspectiva, Oliveira, Santos e Boeira (2012) explica que os recursos hídricos são muito importantes para a manutenção da vida, e que a degradação desses, por meio de poluição e contaminantes químicos podem prejudicar a população que as utiliza.

Os locais que visitados no presente estudos foram: a ponte da rodovia MA-127 (Figura 3-11) sobre o riacho da Área de Preservação Ambiental (APA) Municipal do Inhamum localizada na zona rural da cidade, o balneário Maria do Rosário, a piscina pública do bairro Ponte. Foram verificadas também habitações importantes surgidas recentemente na cidade como: invasão da Mariinha no bairro Campo de Belém às margens do riacho Ponte; a invasão do bairro Pai Geraldo na nascente do riacho São José; o loteamento Vale do Sol, na saída de Caxias para Timon; o Residencial da Vila Paraíso às margens do riacho Itapecuruzinho; o Residencial Eugênio Coutinho no bairro Antenor Viana; e o Residencial Santa Teresinha, situado no bairro DNER, todos localizados em regiões periféricas do município de Caxias, MA. Também foram procurados o diretor do SAAE para que o mesmo forneça dados sobre o esgoto em Caxias e o Secretário Municipal de Meio Ambiente de Caxias para que este forneça dados sobre o desmatamento na zona urbana de Caxias, MA.

Figura 3 – Ponte da Rodovia MA-127 sobre o Riacho Inhamum.



Fonte: Arquivo pessoal. 2020.

Figura 4 – Balneário Maria do Rosário.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 5 – Piscina Pública do bairro Ponte



Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

Figura 6 – Loteamento Vale do Sol

Fonte: www.google.com.br/maps

Figura 7 – Invasão do bairro Pai Geraldo

Fonte: www.google.com.br/maps

Figura 8 – Residencial da Vila Paraíso.



Fonte: www.google.com.br/maps

Figura 9 – Residencial Eugenio Coutinho.



Fonte: www.google.com.br/maps

Figura 10 – Residencial Santa Teresinha.

Fonte: www.google.com.br/maps

Figura 11 – Invasão da Mariinha no Campo de Belém.

Fonte: www.google.com.br/maps

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as visitas aos locais, foram feitas as observações e os registros fotográficos nos locais que apresentam alterações ambientais com grandes efeitos sobre o meio ambiente, os quais podem causar sérios problemas em um futuro próximo ao município de Caxias/MA. A inexistência de publicações acerca dessa preocupação com a natureza que está sendo afetada com o crescimento

da zona urbana do município de Caxias/MA, faz dessa pesquisa pioneira nesta questão. As visitas de campo aos locais de estudo foram realizadas entre os meses de março e abril de 2019, sendo observados e fotografados os problemas de ordem ambiental, que afetam o meio ambiente, detectados em todos os locais definidos no projeto.

3.1 Residencial Eugênio Coutinho

Situado no bairro Teso Duro, que possui 2000 (duas mil) unidades residenciais populares, foi construído nas proximidades do riacho Lamêgo. Na área que foi desmatada para a construção deste residencial era captada muita água de chuva que infiltrava pela terra coberta de vegetação e servia para abastecer a nascente de um afluente do riacho Lamêgo. Hoje a água que cai no conjunto, vira enxurrada e desce pela galeria indo direto para o riacho e lançada no rio Itapecuru.

O relevo cheio de altos e baixos faz com que a água da chuva ganhe força pelas ruas do conjunto, e mesmo tendo coleta periódica de lixo doméstico, alguns moradores descartam lixo inadequadamente pelas ruas e por áreas sem construção nos arredores do conjunto (Figura 12), a correnteza formada pela água da chuva leva o lixo diretamente para a galeria e lança o lixo no leito do riacho, que por sua vez lança no lixo no rio Itapecuru. Nesse sentido, Salles (2009); Carneiro e Miguez (2011), explicam que os maiores impactos da degradação ambiental causadas pelo crescimento urbano desordenada pode ser observado no agravamento das cheias, na diminuição da capacidade de infiltração de água no solo, na redução das vazões de estiagem dos cursos de água urbanos e periurbanos, e na deterioração da qualidade da água pluvial.

Figura 12 – Lixo na avenida 15 de Novembro, Residencial Eugênio Coutinho, Caxias/MA.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Isso prejudica diretamente o recurso hídrico em seu entorno, diminuindo as condições de vida aquática no manancial do riacho Lamêgo e o rio Itapecuru na região de Caxias/MA. Andando pelos arredores do conjunto, encontramos um antigo açude que hoje recebe a água do sistema de drenagem e o lixo que desce da galeria do conjunto, formando um depósito de água suja cheia de lixo doméstico, propiciando um local para a reprodução de mosquitos transmissores de viroses (Figura 13). Com o desmatamento da área, aves e animais terrestres semeadores de sementes se afastam mais ainda procurando abrigo em áreas mais distantes, onde encontram condições de habitat natural para viverem.

Figura 13 – Açude abandonado, Av. Duque de Caxias, Eugênio Coutinho.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

4.2 Invasão do Pai Geraldo e Residencial Vale do Sol

Na entrada da cidade no sentido Timon/MA – Caxias/MA, entre a BR-316 e a Avenida Central, foi feito um desmatamento para a construção do residencial Vale do Sol. Em uma parte do desmatamento está uma das nascentes do riacho São José. Com o desmatamento e devido à condição do relevo irregular do terreno, o período chuvoso nos primeiros meses de cada ano tem provocado erosões devidas as enxurradas formadas pela água das chuvas levando muito material (barro, areia e piçarra) soterrando a área de uma das nascentes do riacho São José (Figura 14). Como se não bastasse o problema provocado pelas obras do futuro residencial Vale do Sol, os moradores da invasão do bairro Pai Geraldo que está localizada próximo do residencial, também estão degradando o manancial do riacho São José. Os moradores tiraram muita vegetação nativa que servia de proteção para as nascentes do riacho e construíram casas na área que captava água da

chuva para fortalecer a nascente do riacho, com isso, além da diminuição da mata nativa, houve uma redução significativa do leito do riacho, diminuindo também as condições de vida aquática (Figura 15). Outro problema encontrado na invasão do Pai Geraldo é o descarte de lixo doméstico nos arredores do conjunto, uma vez que aquela comunidade não dispõe de coleta de lixo doméstico, isso causa poluição ambiental afetando diretamente o solo, portanto o meio ambiente à sua volta como um todo (Figura 16).

Figura 14 – Desmatamento e erosão no Residencial Vale do Sol.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Figura 15 – Construção de casas e riacho São José na invasão do Pai Geraldo.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Figura 16 – Lixo descartado na área da nascente do riacho São José na invasão do Pai Geraldo.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

4.3 Residencial Vila Paraíso

O residencial da Vila Paraíso (Figura 8), maior conjunto da história de Caxias, possui 3000 (três mil) casas populares, é o mais recente conjunto habitacional entregue aos moradores da cidade (www.amorimcoutinho.com.br) e está situado entre a BR-316 e o riacho Itapecuruzinho. Para chegarmos ao conjunto, passamos por um dos afluentes do Itapecuruzinho, estando o conjunto construído na cabeceira de outro afluente. Construído entre morros, o conjunto possui um sistema de drenagem feito com bueiros que captam água da chuva e a despeja dentro de um afluente do Itapecuruzinho, porém o conjunto é muito extenso e o volume de água captado durante uma chuva é muito grande. Logo nas primeiras chuvas do ano de 2016 a água da chuva que saiu do sistema de drenagem e foi lançada no afluente, causou grande erosão e derrubada de árvores nativas, como foi constatado com a destruição de palmeiras de buriti, além disso, a enxurrada levou material do solo diretamente para o leito do riacho Itapecuruzinho os quais seguiram posteriormente para o rio Itapecuru (Figura 17). Esse fato ocorreu no início do mês de março de 2016 onde uma forte chuva também carregou lixo doméstico e barro das encostas entupindo a entrada de água de uma galeria e formou uma correnteza no conjunto inundando ruas e casas. Além de destruir parte da mata nativa, a enxurrada também leva muito material da erosão causando assoreamento dos riachos reduzindo assim as condições de vida nesses mananciais, prejudicando diretamente o habitat aquático.

Figura 17 – Sistema de drenagem e erosão no residencial Vila Paraíso.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

4.4 Invasão da Mariinha

A invasão da Mariinha está situada nas duas margens do riacho Ponte na Rua da Mariinha (Figura 11), sendo uma parte na margem direita no bairro Ponte e a outra parte na margem esquerda no bairro Campo de Belém. A ocupação aconteceu de forma desordenada, e isso é constatado através das ruas sem estruturas e construções irregulares, pois os moradores fizeram casas muito próximas do riacho, prejudicando suas margens, principalmente a margem esquerda. As ruas sem pavimentação estão propícias à erosão a cada chuva, sendo que o barro junto com areia desce direto das ruas para o leito do riacho, pois a vegetação nativa que servia de barreira natural na margem esquerda foi quase completamente retirada pelos moradores (Fig. 18). Segundo Silva e Felfili (2005), o principal fator que causa o processo erosivo é a ação humana. Isso pode ocorrer tanto na zona urbano, quanto na rural, pois a ocupação desordenada é constante, assim causando muito desequilíbrio nos processos naturais.

Isto vem causando aterramento do leito tornando este manancial sem condições vida para a fauna, flora e algas. Além do soterramento causado pela erosão, tem o problema do lixo descartado inadequadamente por moradores da invasão, já a comunidade não dispõe de coleta de lixo doméstico e assim por comodismo alguns moradores descartam lixo dentro do riacho sem terem noções dos problemas futuros destes atos de destruição dos recursos naturais. O poder público (prefeitura) teve iniciativa de colocar um contêiner para coleta de lixo na rua principal da invasão, mas mesmo assim os moradores jogam lixo fora do contêiner, este lixo descartado inadequadamente é levado pelas chuvas direto para o riacho. A atual gestão retirou o contêiner que recolhia o lixo da Invasão da Mariinha (Figura 19).

Figura 18 – Desmatamento e erosão na invasão da Mariinha.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Figura 19 – Lixo na Invasão da Mariinha.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

4.5 Residencial Santa Teresinha

O residencial Santa Teresinha (Figura 10), com apenas 700 casas, está localizado no bairro Pirajá às margens da BR-316. Mesmo sendo um pequeno conjunto tem seus problemas estruturais. Por ser construído em local de relevo com altos e baixos, a água da chuva forma corredeiras pelas ruas, sendo que no final onde a água deixa o conjunto e entra na vegetação, está ocorrendo grande

erosão formando um canal que está arrastando areia e barro dos locais que foram desmatados desnecessariamente. Além da erosão pluvial, os moradores também descartam lixo em terrenos baldios, sendo que parte do lixo é levada pela enxurrada para dentro dos córregos e nascentes situadas logo abaixo do conjunto (Figura 20). Para Sanches (2006) essa degradação acaba por fazer com que os recursos naturais percam sua qualidade ambiental.

Figura 20 – Lixo e erosão no residencial Santa Teresinha.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

4.6 APA Municipal do Inhamum

Esta área de preservação florestal está situada às margens da MA-127, logo após o limite da zona urbana do município de Caxias/MA na saída para o vizinho município de São João do Sóter. Na APA do Inhamum está a nascente de um dos principais e importante manancial de Caxias, o riacho Ponte, que abastece com água potável vários bairros da margem esquerda do rio Itapecuru através da ETA (Estação de Tratamento de Água) Maria do Rosário. Ao longo dos anos o riacho Ponte, ainda na área da nascente, vem sofrendo agressões devido à construção da rodovia MA-127. Nos últimos anos, construtoras fizeram a pavimentação asfáltica e retiraram a grande parte da vegetação às margens da rodovia nas proximidades do riacho. Sem essa vegetação que servia de barreira de contenção, conseqüentemente a água da chuva forma corredeira e leva junto o aterro das margens da rodovia direto para o leito do riacho (Figura 21). Essa erosão causa prejuízo ao manancial promovendo assoreamento deixando o riacho mais raso o que afeta diretamente a vida aquática de peixes, insetos, e outros animais que ali vivem, além disso, destrói algas e a vegetação aquática em geral. Este riacho por sua vez tem grande importância, pois serve como

fonte de abastecimento de água para a estação de tratamento de água Maria do Rosário que fornece água potável para a maioria dos bairros situados na margem esquerda do rio Itapecuru em Caxias/MA.

Figura 21 – Erosão e assoreamento na APA do Inhamum.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

4.7 Visitas à Secretaria de Meio Ambiente e ao SAAE

Durante uma visita à Secretaria Municipal de Meio Ambiente conversamos com o secretário, o Geógrafo Pedro Marinho, que nos relatou sobre vários problemas ambientais devido descarte inadequado de lixo doméstico pelos habitantes em terrenos baldios, principalmente em locais próximos a córregos temporários (períodos chuvosos) e riachos perenes que são muitos na cidade de Caxias. Alguns riachos têm nascentes em matas nos arredores da sede do município, porém desembocam no rio Itapecuru na zona urbana passando por bairros onde recebem grande quantidade de esgoto doméstico e resíduos sólidos domésticos descartados inadequadamente e de forma irregular pelos moradores. Dessa forma todos os córregos temporários e riachos perenes, que possuem parte do trajeto na zona urbana, sofrem agressões tendo seus leitos poluídos e levam essa poluição para o rio Itapecuru, que tem grande importância para o Estado do Maranhão.

Em visita ao SAAE, conversamos com o diretor, o engenheiro Arnaldo Arruda, que nos fez vários esclarecimentos. Arnaldo disse-nos que a obra do Residencial Vila Paraíso foi executada pelo Banco do Brasil (BB) e pela Caixa Econômica Federal (CEF), sendo que o BB financiou 1000 (mil) casas e a CEF financiou 2000 (duas mil) casas. As casas construídas sob a responsabilidade do Banco do Brasil o sistema de esgoto é feito por fossa séptica com sumidouro, enquanto as

unidades construídas com a supervisão da CEF, possuem uma rede de coleta de esgoto e tratamento com filtro biológico aerado (Figura 22), sendo que depois de tratado o esgoto é lançado ao meio ambiente sem provocar grandes agressões à natureza. Os residenciais Santa Teresinha e Eugênio Coutinho possuem o sistema de fossa séptica com sumidouro, o mesmo ocorre nas poucas casas já existentes no loteamento Vale do Sol.

Todos os residenciais são assistidos pela coleta de resíduos domésticos. Porém nas invasões com moradias irregulares o lixo é descartado em terrenos baldios, sendo que alguns moradores queimam parte do lixo em seus quintais.

Figura 22 – Estação de tratamento de esgoto Vila Paraíso e filtro biológico



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

4 CONCLUSÃO

Através deste trabalho conseguimos observar que os residenciais populares construídos nos últimos anos em Caxias/MA, foram erguidos em locais que mereciam mais atenção antes da realização de qualquer projeto dessa magnitude, por se tratar de locais muito próximos de nascentes de mananciais. Além de causarem grande impacto na natureza, devido ao desmatamento para a construção de casas, enfrenta-se a questão do lixo que moradores descartam de forma inadequada na natureza nos arredores dos residenciais. Outro fato que merece atenção das autoridades é a consequente erosão pluvial nas partes mais baixas que recebem toda água das chuvas que acumulam pelas ruas e avenidas dos residenciais e viram enxurradas descendo para as partes mais baixas destes residenciais causando grandes erosões na parte natural nos arredores dos conjuntos. As invasões por sua vez também merecem atenção, pois não são assistidas pelo serviço de coleta de resíduos domésticos, e os moradores precisam ser conscientizados da importância da natureza, evitando o

descarte inadequado do lixo doméstico e desmatamentos em áreas que deveriam ser preservadas as quais são partes essenciais para o equilíbrio e manutenção das nascentes e mananciais dos seus entornos. A Área de Preservação Ambiental do Inhamum tem grande importância para o município de Caxias – MA, uma vez que nessa reserva ecológica está a nascente de um dos principais mananciais da cidade, o riacho Ponte, que além da importância ecológica, o riacho fornece água para ETA (estação de tratamento de água) do bairro Ponte que abastece a maioria dos bairros situados à margem esquerda do rio Itapecuru.

REFERÊNCIAS

- BARROS, M. C. **Biodiversidade na área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum**. São Luís: UEMA, 2012. 142 p.
- BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Publicado no Diário Oficial da União, 17 de fev. 1986.
- CARNEIRO, P. R. F.; MIGUEZ, M. G. **Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas**. São Paulo: Annablume. v. 1, 2011, 330 p.
- Cidade Brasil. **Vista de satélite de Caxias/MA**. Disponível em: <http://www.cidade-brasil.com.br/vista-satelite-caxias.html>. Acesso em: 10/03/2019.
- FONTES, E. S. **Análise e divulgação através de fotografias, de como se encontra a biodiversidade do município de Caxias/MA após crescimento urbano**. – Caxias, 2016.
- Google Maps. Mapa do Município (2019). Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-4.8424934,-43.9059578,9z>. Acesso em: 10/03/2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 06/09/2017.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 10/04/2019.
- LOUZADA, A. **Gestão ambiental, conceitos e definições**. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/gestao-ambiental-conceitos-e-definicoes/4743140/>. Acesso em: fev.2022.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). Biodiversidade Brasileira. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira>. Acesso em: 05/04/2019.
- OLIVEIRA, J. P. W.; SANTOS, R. N. D.; BOEIRA, J. M. Genotoxicidade e Análises Físico-Químicas das Águas do Rio Sinos (RS) usando *Allium cepa* e *Eichhornia crassipes* como bioindicadores. **BBR Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 1, n. 1, p. 15-22, 2012.
- PINTO, N. G. M.; CORONEL, D. A. A degradação ambiental no Brasil: uma análise das evidências empíricas. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, n. 188, 2013.
- Portal Educação. Disponível em: <http://www.portaleducacao.com.br/>. Acesso em: 01/12/2020.
- Prefeitura Municipal de Caxias. Disponível em: <http://caxias.ma.gov.br/>. Acesso em: 25/03/2019.

SALLES, V. **Facilitação de reuniões, seminários e grupos de trabalho - manual prático**. Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Lideranças, 2006.

SANCHEZ, L. H. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceito e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANTOS, F. O.; RILDO, A. C. **Crescimento urbano e degradação ambiental: um diagnóstico do município de Itumbiara (GO)**. Acesso em 01 jul. 2019.

SILVA, G. C. **Impactos ambientais urbanos: o processo de ocupação da Barra da Tijuca, no município do Rio de Janeiro**. **Oculum Ensaios**, n. 4, p. 34-45, 2005.




SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, cap. 7, p. 141-154, 2005.

VELOSO, E. **Crescimento urbano e degradação ambiental na cidade de Araguaína: o caso da nascente do córrego Cimba**. **Revista Tocantinense de Geografia. Araguaína**, v. 4, n. 6, 2015.




CAPÍTULO 14

EDUCAÇÃO AMBIENTAL SOBRE PREVENÇÃO DE INCIDENTES COM TUBARÕES E SEGURANÇA AQUÁTICA: RELATO DE EXPERIÊNCIA EM ESCOLA MUNICIPAL DO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL

ENVIRONMENTAL EDUCATION ON SHARK INCIDENT PREVENTION AND WATER SAFETY: EXPERIENCE REPORT IN A MUNICIPAL SCHOOL IN THE STATE OF PERNAMBUCO, BRAZIL

Ana Beatriz Ferreira Pimentel   

Bacharel em Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco (UPE), Recife-PE, Brasil

Mayara Alves Campos   

Bacharel em Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco (UPE), Recife-PE, Brasil

Paola Tavares Pierotti   

Estudante de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco (UPE), Recife-PE, Brasil

Pedro Lira Filho   

Bacharel em Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco (UPE), Recife-PE, Brasil

Bruna Eduarda Gomes Ramos Carvalho   

Estudante de Graduação em Ciências Sociais, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE, Brasil

Jaqueline da Silva Bernardo   

Licenciatura em Pedagogia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife-PE, Brasil

Eliane Santos Xavier das Neves   


Licenciatura em Pedagogia, Universidade de Pernambuco (UPE), Recife-PE, Brasil

Maurício Cosme de Lima   

Mestre em Desenvolvimento Local Sustentável, Instituição (UPE), Recife-PE, Brasil

Simone Ferreira Teixeira   

Doutora em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Docente Adjunta do Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco (ICB-UPE) Recife-PE, Brasil

DOI: 10.52832/wed.104.627 

Resumo: A Educação Ambiental (EA) é uma ferramenta utilizada para a promoção da consciência socioambiental e deve ser tratada de forma transversal nas escolas. Com a iniciativa do Projeto Escola Azul, o tema tubarões foi utilizado em ações de conservação dos oceanos. Considerando que o estado de Pernambuco registrou incidentes com tubarões no ano de 2023, o “Prosa nas Escolas” visou interagir com as crianças a respeito dos incidentes e de medidas que garantam um banho seguro na praia. Para tal, a equipe visitou a Escola Municipal Padre João Collignon, no município de São Lourenço da Mata – PE, utilizando um brinquedo para demonstrar a rede trófica dos tubarões, com o apoio de um roteiro semiestruturado, para sistematizar posteriormente as informações. Foram atendidos 47 alunos dos três primeiros anos do Ensino Fundamental I. A dinâmica utilizada pela equipe permitiu observar que todas as crianças do 1º ano citaram que o tubarão comia “gente”, enquanto que, no 2º e 3º ano, apenas três crianças por turma, citaram isso. Também foi observado que haviam práticas de banho seguro realizadas pelas famílias, com relação às crianças. O uso do roteiro se mostrou eficaz para conduzir o diálogo de maneira a desmistificar o tubarão e trabalhar outros aspectos de segurança na praia, e este trabalho pode contribuir para a formação de cidadãos socioambientalmente conscientes.

Palavras-chave: Educomunicação. Escola Azul. Ensino Fundamental I. Elasmobrânquios. Banho seguro.

Abstract: Environmental Education (EE) is crucial for fostering socio-environmental awareness and should be integrated across school curricula. The Escola Azul Project utilized shark-themed activities to promote ocean conservation. In response to shark incidents in Pernambuco in 2023, the "Prosa nas Escolas" initiative aimed to engage children in the incidents and safe beach practices. The team visited Escola Municipal Padre João Collignon in São Lourenço da Mata-PE, employing a toy to demonstrate the shark food chain and a semi-structured script to gather information systematically. Forty-seven students from the first three years of Elementary School I participated. The team's dynamic approach revealed that all first-graders perceived sharks as man-eaters, while only three children per class in the second and third grades held this belief. Safe beach practices were observed among families with children. The script effectively guided the dialogue to demystify sharks and address other beach safety aspects. This project can contribute to the formation of environmentally conscious citizens.

Keywords: Educommunication. Blue School Project. Elementary School I. Elasmobranchs. Safe Beach Practices.

1 INTRODUÇÃO

Educação ambiental é um processo que visa promover a interação entre as pessoas e o meio ambiente, através do levantamento de reflexões que geram aumento da responsabilidade no uso de recursos naturais (Brasil, 1999; Velasco, 2002). No Brasil, é regulamentada pela Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que estabelece princípios, diretrizes e objetivos que promovam a conscientização e ações para a preservação do meio ambiente, o uso sustentável dos recursos naturais e o desenvolvimento de uma sociedade mais responsável e comprometida com as questões socioambientais (Brasil, 1999).

Ainda conforme a PNEA, a Educação Ambiental (EA) deve ser articulada em todos os níveis de ensino e em modalidades de caráter formal e não-formal, isso porque a EA trata-se de um mecanismo que visa a construção de uma consciência socioambiental (Velasco, 2002). O ambiente escolar oferece espaço para que o aluno desenvolva os processos de socialização iniciados pelos pais, além de garantir o ensino de comportamentos ambientalmente corretos desde os anos iniciais (Pontalti, 2005; Narcizo, 2009).

Desenvolvida pelo Ministério do Mar de Portugal, a iniciativa “Escola Azul” consiste em uma resposta à preocupação global frente aos desafios ambientais dos ecossistemas marinhos e, reconhecendo a importância das escolas na formação do cidadão, incentiva esses espaços a desenvolverem atividades e projetos relacionados ao oceano, suas riquezas, desafios e conservação (Costa et al., 2021). A Escola Azul chegou ao Brasil através de parcerias internacionais, sendo adaptada para o contexto brasileiro, atualmente 295 escolas de 20 estados do país, integram o projeto, incluindo Pernambuco que participa com 17 instituições em seu território (Escola Azul Brasil, 2024).

É uma iniciativa alinhada à Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), mais especificamente, a Década do Oceano e ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14, que são cruciais para garantir que a temática sobre a saúde e sustentabilidade dos oceanos estejam presentes na agenda internacional do mundo (UNESCO, 2021; ONU, 2015).

Tendo em vista a temática oceano, nas atividades desenvolvidas pelo projeto Escola Azul, o tubarão é um tema bastante explorado devido ao grande interesse dos alunos e dos professores. Tubarões são peixes da Classe Chondrichthyes, que inclui exclusivamente os peixes cartilagosos, pertencendo a Subclasse Elasmobranchii. A maioria dos elasmobrânquios vivem no ambiente marinho, no entanto, algumas espécies conseguem suportar ambientes de água doce ou estuarinos, que possuem águas salobras. Além disso, a integridade das populações desses animais é crucial para a saúde e o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. No Brasil, são encontradas 82 espécies de tubarões, nos ambientes marinho e estuarino; geralmente, possuem um corpo hidrodinâmico de formato fusiforme; e, nadadeiras peitorais e pélvicas, uma ou duas nadadeiras dorsais medianas, uma nadadeira anal mediana e nadadeira caudal assimétrica (Aguilar; Valentin, 2010; Rosa; Gadig, 2014; Hickman et al., 2016).

Os tubarões são animais bem adaptados para a vida predatória, utilizam uma sequência ordenada de sentidos extremamente sensíveis para localizar suas presas. Inicialmente, eles podem detectar presas a mais de 1 km de distância, devido aos seus órgãos olfativos, as presas também podem ser localizadas a longas distâncias pelos tubarões, através da percepção de vibrações de baixa frequência. Apesar da reputação amedrontadora, promovida por filmes e reportagens, os

tubarões são, na maioria, animais cautelosos por natureza e com pouca exposição em águas costeiras rasas (Hickman *et al.*, 2016; Pernambuco, 2023).

Considerando as características topográficas e oceanográficas e a presença de espécies de tubarões consideradas agressivas, na costa do estado de Pernambuco, há o risco de incidentes com tubarões (Hazin; Wanderley-Júnior; Mattos, 2000). Segundo o CEMIT (2023), foram registrados 79 incidentes envolvendo tubarões entre 1992 e 2023. Esses incidentes ocorreram em seis municípios: Jaboatão dos Guararapes (28), Recife (28), Cabo de Santo Agostinho (6), Olinda (5), Goiânia (1), Paulista (1), além do arquipélago de Fernando de Noronha (10).

Observa-se uma variabilidade na frequência anual de incidentes, com picos em 1994 e 2002 (10 e 6 incidentes, respectivamente), enquanto alguns anos, como 2000, 2005, 2007, 2010, 2014 e 2017, não houve registro de nenhum incidente (CEMIT, 2023).

Dos 79 casos registrados, 64,6% das vítimas sobreviveram, 32,9% faleceram e, em 2,5% dos casos, as consequências do acidente são desconhecidas. Em relação à faixa etária, 59,5% dos incidentes ocorreram com pessoas de 14 a 25 anos, 29,1% com indivíduos de 26 a 59 anos e 11,4% dos casos não tiveram a idade identificada. Quanto ao sexo das vítimas, 84,8% dos incidentes envolveram homens, 7,6% mulheres e, em 7,6% dos casos, o sexo não foi identificado (CEMIT, 2023).

Apesar dos incidentes com os seres humanos e da consequente má fama que persegue a espécie, a conservação de tubarões é uma questão crítica devido à sobrepesca, perda de habitat, mudanças climáticas e poluição, que representam ameaças significativas às populações globais desses animais. Compreender a biologia, ecologia e pesca de tubarões é crucial para sua conservação, especialmente devido à vulnerabilidade desses animais à exploração e ao declínio populacional causado por práticas de pesca não seletivas e degradação do habitat (Bradai; Enajjar; Saidi, 2023; Bustamante, 2023; Pacoureau *et al.*, 2023).

Uma abordagem que pode contribuir para o aumento do alcance de informações cientificamente corretas para a população e, assim contribuir para a conservação da espécie, são as práticas extensionistas. O PROSA (Programa de Sensibilização Ambiental) é um projeto de extensão da Universidade de Pernambuco (UPE), que atua desde de 2007, com o objetivo de sensibilizar a população sobre a importância da preservação ambiental e promover formas de reutilização de materiais recicláveis. Suas atividades incluem palestras sobre questões ambientais para a população de diversas faixas etárias, atividades lúdicas relacionadas ao meio ambiente para crianças, oficinas e dinâmicas de grupo, além de debates sobre problemas ambientais. Dentre essas atividades temos o “Prosa nas Escolas”, que visa levar essas ações de sensibilização ambiental para dentro das salas de aula.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi relatar a ação ambiental em escola municipal do estado de Pernambuco, visando promover a prevenção de incidentes com tubarões e a conservação da espécie e partilhar medidas de segurança aquática.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A Escola Municipal Padre João Collignon (Figura 1) fica localizada na Rua Nova Esperança-A, Pixete, 54730-100, em São Lourenço da Mata, Pernambuco. Acolhem turmas de Ensino Fundamental I, nos turnos matutino e vespertino, e de Educação de Jovens e Adultos (EJA), no período noturno.

Figura 1 – Equipe do PROSA em frente a Escola Municipal Padre João Collignon.

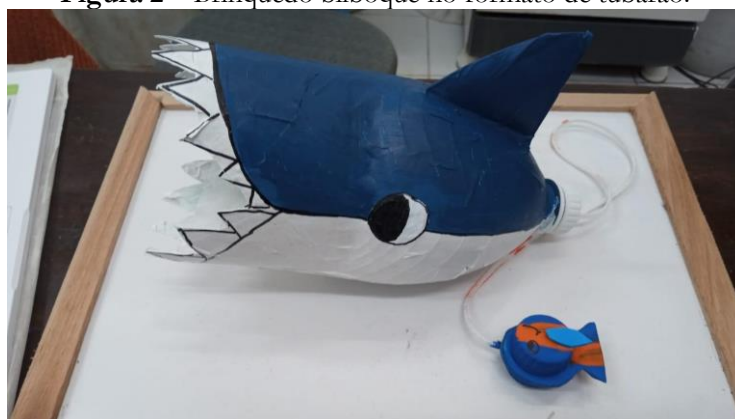


Fonte: Banco de Imagens do PROSA (2024)

2.2 Metodologia da pesquisa

A equipe do PROSA foi dividida em duplas, para atender as salas do Ensino Fundamental I, e, com a autorização prévia das professoras, adentramos nas salas de aula para dialogar com as crianças sobre (1) o hábito alimentar dos tubarões, com ênfase na informação de que os seres humanos não fazem parte da teia alimentar dessas espécies; (2) cuidados na praia visando à prevenção de incidentes com tubarão; e, (3) segurança aquática. Utilizamos como artifício lúdico o protótipo de brinquedo chamado bilboquê, confeccionado pelos autores, que nesse projeto consiste em um tubarão tentando abocanhar peixes e tartarugas, para demonstrar a cadeia alimentar dos tubarões, deixando claro que seres humanos não são alimento para eles (Figura 2).

Figura 2 – Brinquedo bilboquê no formato de tubarão.



Fonte: Banco de Imagens do PROSA (2024).

Passada essa primeira interação, os alunos participam dialogando sobre as experiências deles nas praias, para que pudéssemos explorar sobre medidas de segurança para um banho seguro.

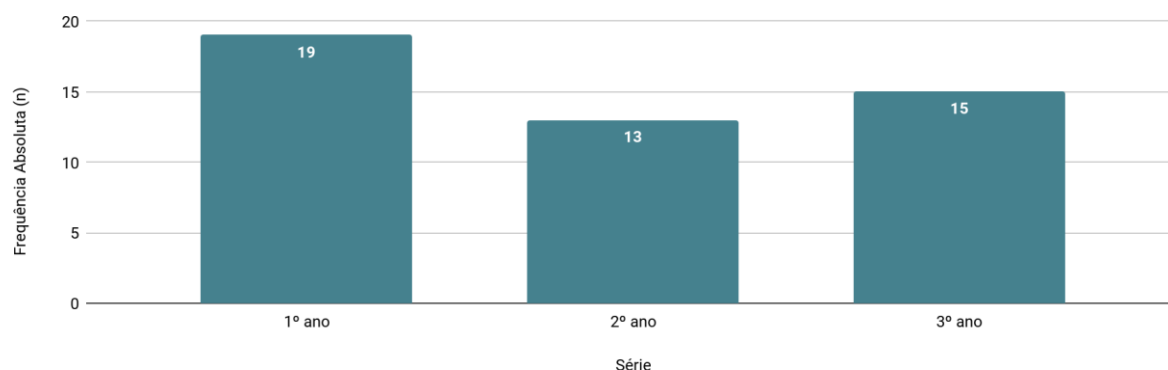
Na Escola Municipal Padre João Collignon foram realizadas duas visitas, a primeira no dia 08 de março de 2024, para conversar com os alunos que estudavam no período da tarde. Após essa primeira interação foi observado a necessidade da utilização de um roteiro para estruturar o diálogo e reunir informações, gerando dados qualitativos e quantitativos para análise. Visando atender essas necessidades foi elaborado um roteiro piloto semiestruturado para ser usado na segunda visita.

A visita às salas é feita por no mínimo uma dupla de integrantes do PROSA, pois é necessária uma pessoa para o preenchimento do roteiro, que é feito através da observação direta, enquanto a outra fica responsável pela interação com os estudantes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A segunda visita foi realizada no dia 17 de maio de 2024, no período da manhã e foram atendidas 47 crianças do Ensino Fundamental I, sendo 22 do sexo feminino e 25 do masculino, na Escola Municipal Padre João Collignon, integrante do projeto Escola Azul e parceira do PROSA.

Neste dia estavam presentes as crianças de três turmas, 1º, 2º e 3º anos, no período da manhã. Durante a nossa visita, contabilizamos, 19 alunos, do 1º ano; 13 alunos, do 2º ano; e, 15 alunos, do 3º ano (Figura 3).

Figura 3 – Nível de ensino e quantidade de alunos presentes por turma.

Fonte: Autores, 2024.

A equipe foi bem recebida pelos alunos e pelos professores, iniciamos a conversa buscando nos conectar com as crianças e contextualizar o assunto que seria abordado. Então primeiramente indagamos sobre idas à praia, estimulando as crianças a falarem sobre o que gostavam de fazer, a frequência com que iam a esses locais, com quem costumavam ir e sobre animais marinhos, para introduzirmos o tubarão na conversa (Figura 4).

Figura 4 – Integrante do PROSA explicando como o tubarão abocanha a presa para os alunos do Ensino Fundamental I.

Fonte: Banco de Imagens do PROSA (2024).

Quando o tubarão era abordado por alguma criança, estimulamos a turma a falar sobre potenciais presas. Com isso observamos que todos os alunos do primeiro ano citaram que o tubarão se alimentava de “pessoas”, enquanto que os alunos do segundo e terceiro ano, apenas três, por turma, citaram “gente” como uma presa potencial do tubarão.

A opinião pública sobre os tubarões, geralmente, está associada com as informações dispostas pela mídia (Neves; McGinnis; Giger, 2022). Ao observar a construção do pensamento infantil, o filósofo Matthew Lipman concluiu que as crianças, muitas vezes, absorvem e replicam as visões e valores dos adultos ao seu redor, incluindo seus pais (Pereira; Paiva, 2020). Então, provavelmente, as crianças estão reverberando o pensamento dos pais a respeito da alimentação dos tubarões.

Após esta primeira parte da ação, dialogamos sobre o cuidado que devemos ter na praia para evitar os incidentes com tubarões, reduzir o risco de afogamento e a não se perder dos pais. Com isso ouvimos relatos das crianças sobre “irem quando a maré está bem baixinha”, “ficar no rasiño”, “só ir para o fundo quando está com alguém mais velho”, “brincar na areia”, “usar boia” e “ficar perto das pedras”, essas pedras se referem aos recifes de arenito ou de corais. As afirmações citadas pelas crianças estão dentre as medidas preventivas previstas no Plano de Educação Ambiental para Segurança Aquática e Prevenção de Incidentes de Tubarão em Pernambuco (PEAST-PE), publicado pelo Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões (CEMIT), em novembro de 2023, indicando que as crianças detem um conhecimento corroborado cientificamente.

Outras medidas citadas no PEAST- PE e que não foram faladas pelas crianças referem-se a evitar o banho de mar nos seguintes casos: (1) em regiões com placas de advertências; (2) ao amanhecer e ao cair da tarde; (3) períodos de chuvas e água turva; e, (4) com algum tipo de sangramento. Estas informações desconhecidas pelas crianças foram informadas pela equipe do PROSA, com o intuito de tornar as mesmas o mais clara e acessíveis para as crianças. Para concluir a ação nas salas, deixamos as crianças brincando com o bilboquê por um tempo antes de passarmos para outras turmas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ações de educação ambiental realizadas pelo PROSA/UPE, na Escola Municipal Padre João Collignon, em São Lourenço da Mata/PE, nos indicaram que o objetivo das ações foi atingido, pois conseguimos passar as informações que visavam promover a prevenção de incidentes com tubarões e partilhar medidas de segurança aquática, ressaltando que ao final da ação todos compreenderam que “gente” não é comida de tubarão.

O uso do roteiro semi estruturado facilitou a organização da equipe na condução do diálogo com os alunos, além de ter gerado dados sobre a quantidade de crianças atendidas e as noções de segurança na praia passadas para elas.

Também foi possível reforçar medidas de segurança em local de praia, incluindo medidas previstas pelo documento oficial do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões e outras que diminuam o risco de afogamento.

A ação de comunicação ambiental realizada pelo PROSA mostrou-se efetiva na desmistificação do tubarão, o que contribuiu para a conservação do animal, além de ser uma atividade alinhada com o ODS 14 em prol da sustentabilidade, conservação e saúde dos oceanos.

Agradecimentos e Financiamento

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro, processo APQ-0098-7.08/23, vinculado ao Edital FACEPE 02/2023 - Prevenção e Mitigação de Incidentes com tubarões e de Invasões do Peixe Leão em Pernambuco.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de EXP-C, de ABFP (nº 37503/2024-4) e MAC (nº 370340/2024-8).

Um especial agradecimento as professoras da Escola Municipal Padre João Collignon pela receptividade da equipe do PROSA.

Aos alunos e voluntários do Programa de Sensibilização Ambiental (PROSA/UPE) que participaram efetivamente na criação e divulgação das artes, e das ações promovidas pelo programa.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. A.; VALENTIN, J. L. Biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios (Chondrichthyes: Elasmobranchii): uma revisão dos métodos e do estado da arte no Brasil. *Oecologia Australis*, V. 14, n. 2, p. 464-489, 2010.

BRADAI, M. N.; ENAJJAR, S.; SAIDI, B. **Sharks - Past, Present and Future**. 2023. Ed. IntechOpen. DOI:10.5772/intechopen.102161.

BRASIL. **Política Nacional de Educação Ambiental**. Lei no 9.795, de 27 de Abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: Lei da Educação Ambiental | Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999 (jusbrasil.com.br) . Acesso em: 21 jun. 2024.

BUSTAMANTE, R. S. Beyond Protection: Recognizing Nature's Rights to Conserve Sharks. 2023. *Sustainability*, 15(9):7056-7056. <https://doi.org/10.3390/su15097056> Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/9/7056>. Acesso em: 24 jun. 2024.

CEMIT. **Estatísticas de Incidentes com Tubarões**. Disponível em: <https://semas.pe.gov.br/cemit/>. Acesso em: 21 jun. 2024.

COSTA, R. L. , MATA, B., SILVA, F., CONCEIÇÃO, P., GUIMARÃES, L. Promover Gerações Alfabetizadas no Oceano: A Escola Azul Portuguesa. 2021. In: Koutsopoulos, KC,

Stel, JH (eds) **Alfabetização Oceânica: Compreendendo o Oceano**. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70155-0_10. Acesso em: 19 jun. 2024.

ESCOLA AZUL BRASIL. **Escola Azul Brasil**. Disponível em: <https://escolazul.maredeciencia.eco.br/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

HAZIN, F. H. V., WANDERLEY JÚNIOR, J. A. M. e MATTOS, S. M. G. Distribuição e abundância relativa de tubarões no litoral do estado de Pernambuco, Brasil. 2000. **Arquivos de Ciências do Mar**. v. 33, p. 33-42. Disponível em: <https://labomar.ufc.br/wp-content/uploads/2017/01/acm-2000-33-04.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2024.

HICKMAN, C. P. et al. **Princípios Integrados de Zoologia**. 16. ed. - Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 2016. ISBN 978-85-277-2960-4 .

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Disponível em: **MCTI apoia Programa Escola Azul, que dissemina a cultura oceânica no País** — Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (www.gov.br) . Acesso em: 21 jun. 2024.

NARCIZO, K. R. S. Uma análise sobre a importância de trabalhar educação ambiental nas escolas. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 22, 2009.

NEVES, J., MCGINNIS, T. & GIGER, J. Changing trends: Beliefs and attitudes toward sharks and implications for conservation. **Ethnobiology and conservation**. 2022, v. 11. Disponível em: <https://ethnobiococonservation.com/index.php/ebc/article/view/630/347>. Acesso em: 20 jun. 2024.

ONU (Organização das Nações Unidas). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS 14**. 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals/goal14>. Acesso em: 27 jun. 2024.

PACOUREAU, N. ET AL. Conservation successes and challenges for wide-ranging sharks and rays. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 120, n. 55, e2216891120, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2216891120> Acesso em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2216891120>. Acesso em: 24 jun. 2024.

PEREIRA, D. B.; PAIVA, W. A. Lipman e filosofia para crianças: cultiva “do” pensamento ou de “um” pensamento?. **Childhood & philosophy**. 2020, vol. 16. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5120/512062978022/html>. Acesso em: 20 jun. 2024.

PERNAMBUCO. PEAST-PE. **Plano de Educação Ambiental para Segurança Aquática e Prevenção de Incidentes com Tubarões em Pernambuco** (2023) 1. ed. Governo do Estado de Pernambuco: Semas, 2023.. Disponível em: <https://semas.pe.gov.br/peast-pe/> Acesso em: 27 Jun. 2024.

PNEA. **Política Nacional de Educação Ambiental**. Disponível em: PNEA — Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (www.gov.br). Acesso em: 21 jun. 2024.

PONTALTI, E. S. **Projeto de Educação Ambiental: Parque Cinturão Verde de Cianorte**. 2005.

ROSA, R. S., GADIG, O. B. F. Conhecimento da diversidade dos Chondrichthyes marinhos no Brasil: a contribuição de José Lima de Figueiredo. **Arquivos de Zoologia**, 45(esp.), p. 89-104, 2014.

UNESCO. **Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável**. 2021. Disponível em: <https://oceandecade.org/>. Acesso em: 27 jun. 2024.

VELASCO, S. L. Perfil da lei de política nacional de educação ambiental. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 2, 2000.

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva
Fábio Freitas dos Santos
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Organizadores

PESQUISAS EM MEIO AMBIENTE E IMPACTOS AMBIENTAIS

VOLUME I

Wissen Editora

Homepage: www.editorawissen.com.br

E-mails: contato@wisseneditora.com.br
wisseneditora@gmail.com

Siga nossas redes sociais: [@wisseneditora](https://www.instagram.com/wisseneditora)
Teresina - PI, 2024



 Wissen
editora