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

# PESQUISAS EM MEIO AMBIENTE E IMPACTOS AMBIENTAIS

VOLUME



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

# PESQUISAS EM MEIO AMBIENTE E IMPACTOS AMBIENTAIS

VOLUME



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

# Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais



©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 alterála 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 Alikaene de Sá - Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Ma. Talita Benedeta 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 Katiuska 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 (UFPI0

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 Morais 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 Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

#### Informações sobre da Wissen Editora

Homepage: <u>www.editorawissen.com.br</u> Teresina - Piauí, Brasil

Teresina - Piaui, 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 Da 9



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 Da 9



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 De 9



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 EBTT de Biologia no IFMA/Campus Alcântara (2015-2017); Professora Substituta EBTT 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 BIBLIOGRÁFIC	
Maricelma Ferreira Coelho	
João Batista Rodrigues Cruz Compagnon 🖸 😉 👂	
Emerson de Medeiros Sousa 🕫 😉 🕒	
DOI: 10.52832/wed.104.614	
CAPÍTULO 2	
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 🕫 🧐	
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	
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 📭 😰 👂	51
Cândida Juliana Albertin Santos 🕫 🛭 🦻	51
Laureen Houllou 🕫 😉 😉	51
Katarina Pinheiro 🕫 😉 👂	
DOI: 10.52832/wed.104.617	51

CAPÍTULO 5	60
ECOLOGIA TRÓFICA E CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICO EM ATHERINELLA BRASILIENSIS (QUOY & GAIMARD, 1825) EM ÁREA MANGUEZAL DO NORDESTE BRASILEIRO	AS DE
Cândida Juliana Albertin Santos 🏮 😉 🦻	60
Guilherme V. B. Ferreira 🕫 🙉 🦻	60
Erik Bussmeyer 👨 😉 🦻	60
Katarina Pinheiro 🕫 😉 🧐	
Mariana Lima 🕫 🗟 🦻	60
Flávia Lucena Fredou ᠪ 🛭 🕒	60
Laureen Michelle Houllou 🕒 😉 😉	60
DOI: 10.52832/wed.104.618	60
CAPÍTULO 6	
RECICLAGEM DO ÓLEO DE COZINHA NA PRODUÇÃO DE SABÃO CO FERRAMENTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM UMA ESCOLA MUNICIPAL EM CAXIAS-MA	ОМО
Samara Beatriz Marinho Lopes 🕒 😉	
Deuzuita dos Santos Freitas Viana 🕒 😉 👂	
CAPÍTULO 7	
LIDAR COMO INSTRUMENTO DE APOIO AO RECONHECIMENTO D ESTRUTURA FLORESTAL	
Sidney Henrique Campelo de Santana 🗅 🗟 🦻	103
Nara Tôrres 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 📭 😉 🕒	
DOI: 10.52832/wed.104.620	103
CAPÍTULO 8	
BAÍA DE SÃO MARCOS, MARANHÃO, BRASIL: INFRAESTRUTURAS INDUSTRIAIS-PORTUÁRIAS NA PRÁXIS DA GLOBALIZAÇÃO DA NATUREZA NA AMAZÔNIA ORIENTAL	117
Pedro Paulo Lima Silva De S	
Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva	
Diego Lima Matos 🗗 🖾 👂	117

	Sidney Henrique Campelo de Santana 🕒 😂 👂	. 117
	Filipe Daniel Dutra de Morais De	. 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
C	APÍTULO 9	.128
	ANÁLISE DA TENDÊNCIA CLIMÁTICANO MUNICÍPIO DE ALCÂNTARA	
	MA	
	Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva 🕫 😉 🕒	
	Rebeca Santos de Jesus De Jesus De Santos de Jesus De Santos de Jesus	
	Tayllaine Ferreira Ramos De S	
	Sidney Henrique Campelo de Santana 🕒 😂 🕒	
	Filipe Daniel Dutra de Morais	
	Diego Lima Matos	
	Pedro Paulo Lima Silva De Silv	
	Mariana Pessôa Coelho	
	Maria das Graças Feitosa Fernandes 🕒 😉 🕒	
	John Wayni Santos Oliveira 🕒 😉 🦻	
	Francisco Jadilson dos Santos Silva 🕒 🗵	.128
	DOI: 10.52832/wed.104.622 <sup>60</sup>	.128
C	APÍTULO 10	.140
	IDENTIFICAÇÃO DE MUDANÇA CLIMÁTICA NA BAIXADA MARANHENS ATRAVÉS DA ELABORAÇÃO DE GRÁFICOS CLIMATOLÓGICOS	
	Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva 🕞 🔊	.140
	Tayllaine Ferreira Ramos Des	.140
	Rebeca Santos de Jesus 6	.140
	Sidney Henrique Campelo de Santana	.140
	Filipe Daniel Dutra de Morais D S	.140
	Diego Lima Matos 🗗 🖾 💆	.140
	Pedro Paulo Lima Silva Da S	.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	
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	
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 <sup>©®®</sup>	201
DOI: 10.52832/wed.104.626 doi: 10.52832/wed.104.6282/wed.	201
CAPÍTULO 14	224
EDUCAÇÃO AMBIENTAL SOBRE PREVENÇÃO DE INCIDENTES COM TUBARÕES E SEGURANÇA AQUÁTICA: RELATO DE EXPERIÊNCIA ESCOLA MUNICIPAL DO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL	EM
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 6 2 2	224
DOI: 10 52822 / d 104 627 di	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 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 D 🖾 💽

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

# Erik Bussmeyer D 🖾 🕑

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 DE O

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 espetroscopia 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 figado, alterações histomorfológicas adversas ao intestino e ao figado, 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 apresentam 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 enquadrada nos critérios básicos de seleção de espécies bioindicadoras sendo utilizada como tal em estudos de impacto ambiental (Reis-Filho *et al.*, 2014; Mâcedo *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 hábitats, 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% –½ do volume do estômago continha alimento; 50% – aproximadamente metade do volume estomacal apresentava alimento; 75% – ¾ 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 vibra 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 (Vi), e em seguida, o somatório do volume de todos os itens ( $\Sigma$  Vi), 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:  $VR = (Vi/\Sigma i) \times 100$ , onde: Vi é o volume do item i;

 $\Sigma$ Vi é o somatório dos volumes dos itens i; FO= ni/n x 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 (IAi) 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 x Vi /  $\Sigma$  (Fi x 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 caracteriza 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: Heteropera: 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
Estuário do Rio Goiana	Matéria Orgânica não identificada	52	23	25
	Fragmentos de Inseto	30	22	14
	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 levanto 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.

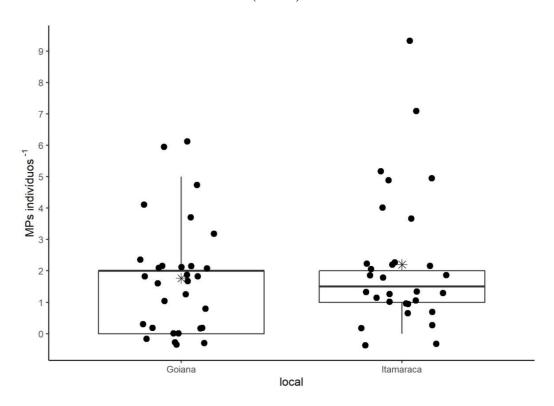
Diante do exposto, esperava-se observar os efeitos dessas mudanças ambientais ocasionados em ambas os estuários estudados na dieta de *A. brasiliensis*, já que essa espécie possui um amplo espectro alimentar, consumindo uma grande variedade de presas (por exemplo, zooplâncton principalmente calanóides, 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.

# 3.2 Contaminação por microplásticos

Foram extraídos microplásticos de um total de 60 estômagos através da digestão química, sendo 30 estômagos de indivíduos do Complexo Estuarino de Santa Cruz onde os peixes estavam contaminados com um total de 66 partículas microplásticas, variando de 01 a 07 partículas/indivíduo, com média de 2,2 partículas/indivíduo (±2,15). Não foram identificadas diferenças significativas em relação aos indivíduos coletados no Estuário do Rio Goiana (p-valor = 0,359), onde também foram analisados 30 estômagos sendo detectados um total de 53 partículas microplásticas, variando de 01 a 04 partículas/indivíduo, com média de 1,77 partículas/indivíduo (±1,77), (Figura 2).

**Figura 2** – Box-Plot das quantidades médias (asterisco) de microplásticos (MP) detectados por indivíduo de *A. brasiliensis* capturados no Complexo Estuarino de Santa Cruz (Itamaracá) e Estuário do Rio Goiana (Goiana).



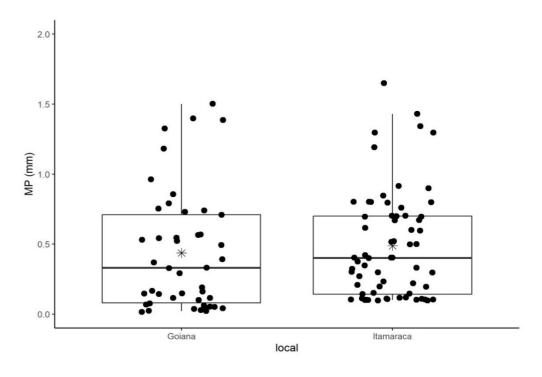
Fonte: Autores, 2024.

No Complexo Estuarino de Santa Cruz os microplásticos estavam presentes em 86,67% dos indivíduos analisados, seguindo a classificação segundo Crawford e Quinn (2016) e Lima, Costa e Barletta (2014) os microplásticos foram classificados como fragmento (51,52%) da cor azul (27,27%), preto (13,64%), vermelho (7,58%) e verde (3,03%) seguidos de fibra (43,94%) de cor

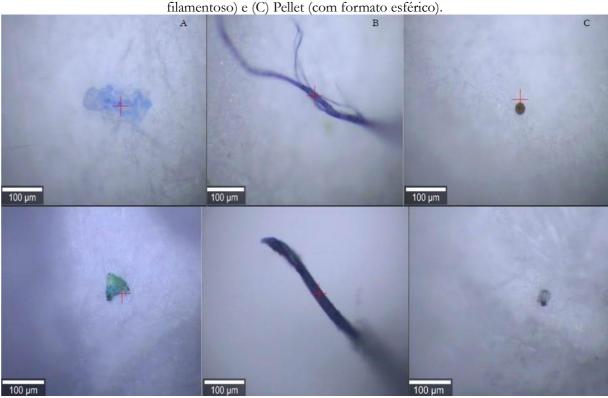
azul (33,33%), transparente (9,09%) e verde (1,52%) e pellets (4,55%) de cor azul (3,03%) e vermelho (1,52%). As partículas microplásticas apresentaram tamanho médio de 0,48 mm/indivíduo (±0,38), onde os fragmentos variaram entre 0,01 a 0,9 mm, as fibras entre 0,01 e 1,65 mm, e pellets com tamanhos de 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 (±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 filementose) e (C) Pollet (gom formato esférice)

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 abundancia 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 Pósdoutorado 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.

ARAUJO, 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: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 peixerei *Atherinella brasiliensis* (QUOY & GAIMARD, 1825)(ATHERINIFORMES, ATHERINOPSIDAE) em uma área rasa da lagoa mirim, sistema estuarino de laguna, SC. Anais

do 29° 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