



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

THAYANA CASTRO DA SILVA

**OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS NA DIETA DOS PEIXES DA PRAIA DA
FAZENDINHA, MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL.**

**MACAPÁ
2025**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

THAYANA CASTRO DA SILVA

**OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS NA DIETA DOS PEIXES DA PRAIA DA
FAZENDINHA, MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do curso de Ciências Ambientais da
Universidade Federal do Amapá, como requisito
para obtenção do título de Bacharel em Ciências
Ambientais

Orientador: Pro^a. Dr^a. Cecile de Souza Gama

Coorientador: Prof. Dr. Renato Richard Hilário

**MACAPÁ
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

S586o Silva, Thayana Castro da.

Ocorrência de microplásticos na dieta dos peixes da praia da Fazendinha, Macapá, Amapá, Brasil. / Thayana Castro da Silva. - Macapá, 2025.

1 recurso eletrônico.

60 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Ciências Ambientais, Macapá, 2025.

Orientadora: Cecile de Souza Gama.

Coorientador: Renato Richard Hilário.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Microplásticos. 2. Poluição ambiental. 3. Dieta de peixes. I. Gama, Cecile de Souza, orientadora. II. Hilário, Renato Richard, coorientador. III. Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

CDD 23. ed. – 628.5

SILVA, Thayana Castro da. **Ocorrência de microplásticos na dieta dos peixes da praia da Fazendinha, Macapá, Amapá, Brasil.** Orientadora: Cecile de Souza Gama. Coorientador: Renato Richard Hilário. 2025. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2025.

THAYANA CASTRO DA SILVA

**OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS NA DIETA DOS PEIXES DA PRAIA DA
FAZENDINHA, MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL.**

Prof^ª. Dra. Cecile de Souza Gama
Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá – IEPA
Orientador (a)

Prof. Dr. Renato Richard Hilário
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP
Co-orientador (a)

Prof^ª. Dra. Julieta Bramorski
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP
Avaliador 1

Prof^ª. Dr. Luis Maurício Abdon da Silva
Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá – IEPA
Avaliador 2

**MACAPÁ
2025**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus, por me proporcionar ingressar em uma Universidade Pública, por cuidar de mim durante toda minha vida, me guiando pelo caminho certo e me ajudando a realizar os meus objetivos.

Agradeço à minha cachorrinha, Juliana - a minha Juju, por todo o apoio. Ela foi fundamental em todo o processo da escrita desta monografia, me trazendo mais leveza e felicidade. Em todas as minhas conquistas, você sempre esteve comigo, meu amor. E também, agradeço à sua mamãe, Karina Ramos, que me ajudou nos momentos difíceis e me proporcionou viver esse sonho da graduação. Agradeço pela amizade e incentivo.

Aos meus pais, Rosalina Castro, Paulo Sérgio, Elizângela Castro e Edinei Torres, por todo o apoio e incentivo nos estudos. Principalmente, aos meus pais Paulo e Ednei (In Memoriam), não estão mais entre nós para verem esse sonho se realizar.

Pai Paulo, obrigado por nunca ter desistido de mim e ter me proporcionado o melhor, os ensinamentos e conselhos me fazem, a cada dia, uma pessoa melhor, como você foi.

Eu não poderia esquecer da minha Vózinha Maria da Paz. Sem sua ajuda o caminho seria muito mais difícil de percorrer, você sempre me ajudou para que eu pudesse me formar, você foi muito importante nessa jornada.

Aos meus irmãos, Ana Paula Castro, Karla Castro, Vanderson Sales e Fabrício Sales, e ao meu amigo Woshinton Marques, que não está mais entre nós, obrigado pelo apoio de vocês e pelas conversas importantes que foram necessárias para meu crescimento.

Aos meus amigos dos “Xixas” e os “Biologues”, por todo incentivo e parceria durante todos esses anos. As muitas memórias que compartilhamos foram, sem dúvida, fundamentais para mim.

Aos técnicos do laboratório de Ictiologia, Seu Ivo e Seu Roberto, e aos meus amigos Luan Miranda, Adson Pimentel, Lucenise Silva, Gabriela Jaster e Amanda Arnaud, por me ajudarem em todos os procedimentos metodológicos, toda parceria durante esse projeto e aos melhores momentos da minha vida que foram vividos com vocês.

À minha Orientadora, Profa. Dra. Cecile Gama, pela ajuda e paciência com o projeto e a monografia. Sem ela esse projeto não seria possível. Sou grato por todo o aprendizado, contribuição em minha formação e pelo compartilhamento de toda sua experiência durante esses anos, e por me fazer se apaixonar pela Ictiologia.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Renato Richard Hilário, por toda ajuda e paciência com a escrita e as análises estatísticas desta monografia, por compartilhar suas ideias e experiências comigo, e ajudando em minha formação.

Ao Laboratório de Ictiologia pela realização desse projeto, incentivo, estrutura e muitas experiências compartilhadas durante esses três anos.

Ao Dr. Antônio Carlos Freitas Souza e ao Laboratório de Alimentos do Núcleo de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IEPA pela parceria e por ceder o espaço para realizarmos parte do trabalho.

Ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA, pela estrutura física e incentivo, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa durante o período de estudo e por financiar a pesquisa.

Ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA, pela estrutura física, equipamentos e incentivo, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa durante o período de estudo.

Ao Dr. Luis Maurício Abdon da Silva, pelo auxílio nas análises estatísticas para os relatórios da Iniciação Científica.

Agradeço imensamente a banca examinadora, Profa. Dra. Julieta Bramorski e Prof. Dr. Luis Maurício Abdon da Silva, por aceitarem fazer parte desse momento, avaliando e compartilhando o melhor para minha formação.

À Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, pela estrutura e pelo incentivo. Ao Departamento de Meio Ambiente. Ao Curso de Ciências Ambientais por ter sido minha casa durante esses anos, e aos meus professores por toda ajuda, conselhos, aprendizado e experiências compartilhadas. Por fim, obrigado a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS NA DIETA DOS PEIXES DA PRAIA DA FAZENDINHA, MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL.

Autor: Thayana Castro da Silva

Orientadora: Profa. Dra. Cecile de Souza Gama

Coorientador: Prof. Dr. Renato Richard Hilário

Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais

Macapá, 29 de Setembro de 2025

RESUMO

Os ecossistemas de água doce são os destinos primários de muitos poluentes entregues na bacia hidrográfica e muitos estudos têm demonstrado que os microplásticos podem impactar negativamente organismos expostos a estas partículas, resultando em efeitos a nível populacional e ecossistêmico. Já foram encontrados microplásticos em peixes e a ingestão dessas partículas pode causar diversos problemas, como bloqueio gastrointestinal, inflamações, entre outros, podendo levar à morte. O objetivo principal deste estudo foi identificar a presença de microplásticos no trato gastrointestinal das espécies de peixes da praia da Fazendinha, no rio Amazonas, e determinar os hábitos alimentares desses peixes. As coletas foram realizadas em outubro de 2022 e 2023, e abril de 2023 e 2024. O trato gastrointestinal dos peixes e suas brânquias foram submetidas a uma digestão química por Hidróxido de Potássio (KOH), e analisadas em microscópio estereoscópico em busca da presença de microplásticos. Foram analisadas 368 espécimes de peixes de 38 diferentes espécies. Os resultados encontrados mostraram que 37 espécies examinadas consumiram microplásticos, principalmente fibras, com predominância das cores azul e preta. O consumo dessas partículas está associado ao comprimento e à guilda trófica, mas não ao peso. Além disso, estômagos e intestinos mais cheios continham mais microplásticos, e o maior consumo foi no período de estiagem. Conclui-se que a poluição plástica nas águas do rio Amazonas já está impactando a fauna de peixes presentes na praia da Fazendinha.

Palavras-chave: Microplásticos, poluição ambiental, dieta, KOH.

ABSTRACT

Freshwater ecosystems are the primary destinations of many pollutants delivered in the watershed and many studies have shown that microplastics can negatively impact organisms exposed to these particles, resulting in population and ecosystem effects. Microplastics have been found in fish and the ingestion of these particles can cause various problems, such as gastrointestinal blockage, inflammation, among others, and may lead to death. The main objective of this study was to identify the presence of microplastics in the gastrointestinal tract of fish species from the Fazendinha beach, in the Amazon River, and determine the feeding habits of these fish. The collections were carried out in October 2022 and 2023, and April 2023 and 2024. The gastrointestinal tract of fish and their gills were submitted to a chemical digestion by Potassium Hydroxide (KOH), and analyzed in stereo microscope for the presence of microplastics. 368 fish specimens of 38 different species were analyzed. The results showed that 37 species examined consumed microplastics, mainly fibers, with predominance of blue and black colors. The consumption of these particles is associated with length and trophic guild, but not weight. In addition, fuller stomachs and intestines contained more microplastics, and the highest consumption was during the dry season. It is concluded that plastic pollution in the waters of the Amazon River is already impacting the fish fauna present on the beach of Fazendinha.

Keywords: Microplastics, environmental pollution, diet, KOH.

LISTA DE SIGLAS

ANOVA – Análise de Variância

CO₂ – Dióxido de Carbono

GLM.nb – Modelo de Regressão Binomial Negativa

IEPA – Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá

KOH – Hidróxido de Potássio

MPs – Microplásticos

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

ONU – Organização das Nações Unidas

PE – Polietileno

PET – Tereftalato de Polietileno

PP – Polipropileno

PS – Poliestireno

PVC – Cloreto de Polivinila

UNIFAP – Universidade Federal do Amapá

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da praia da Fazendinha onde foram realizadas as coletas.....	23
Figura 2 - Coletas de campo: (A) técnica de arrasto; (B) colocando as malhadeiras; (C) separação dos espécimes.....	24
Figura 3 - Experimento em laboratório: (A) identificação das espécies <i>Satanoperca jurupari</i> , <i>Geophagus altifrons</i> e <i>Colomesus asellus</i> ; (B) comprimento total e padrão; (C) e peso total da espécie <i>Peckoltia brevis</i>	24
Figura 4 - Dissecção e análise antes da digestão da espécie <i>Satanoperca jurupari</i> : (A) Dissecção da espécie; (B) separação das amostras (brânquias, estômagos e intestinos); (C) análise das amostras antes da digestão.....	25
Figura 5 - Preparo da solução e digestão: (A) Hidróxido de Potássio (KOH); (B - C) preparo da solução (KOH 10%); (D - E) órgãos com o KOH, cobertos e armazenados na estufa.....	25
Figura 6 - Filtração e análise das amostras: (A) papéis filtros; (B) filtração; (C) análise.....	26
Figura 7 - Preparo dos espécimes de peixes para serem tombados na Coleção Científica de Ictiologia do IEPA: (A) aplicação de formol; (B) espécimes fixados em formol; (C) Espécies <i>Curimata cyprinoides</i> e <i>Schizodon fasciatus</i> tombadas na Coleção.....	26
Figura 8 - Distribuição da quantidade de microplásticos por cor, em cada amostra de brânquias, estômago e intestino dos peixes.....	32
Figura 9 - Quantidade de microplásticos encontrados nas brânquias, estômagos e intestinos.	32
Figura 10 - Quantidade de microplásticos encontrados nos estômagos em diferentes níveis de repleção.....	33
Figura 11 - Quantidade de microplásticos encontrados nos intestinos em diferentes níveis de repleção.....	33
Figura 12 - Quantidade de microplásticos por guilda.....	34
Figura 13 - Quantidade de microplásticos por coleta.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Quantidade de microplásticos (MP) encontrada nas brânquias e trato gastrointestinal de espécies de peixes por coleta, incluindo o número total de indivíduos amostrados (N) e a contagem de microplásticos.....	29
Tabela 2 - O Modelo de Regressão Binomial Negativa (GLM), utilizando a guilda carnívora como base de comparação, relacionando a quantidade de microplásticos nas brânquias com as variáveis guilda trófica, peso e comprimento.....	30
Tabela 4 - O Modelo de Regressão Binomial Negativa (GLM),utilizando a guilda carnívora como base de comparação, relacionando a quantidade de microplásticos nos intestinos com base nas variáveis (guilda trófica, peso e comprimento).....	31
Tabela 5 - Análise dos microplásticos por guilda, diff = diferença entre médias; lwr/upr = limites do intervalo de confiança 95%; p adj = valor p ajustado.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 Poluição plástica e meio ambiente.....	15
2.2 Microplásticos: Definição e classificação.....	16
2.3 Microplásticos no meio ambiente e em organismos.....	17
2.4 Microplásticos em organismos aquáticos: Ingestão e consequências.....	19
3 OBJETIVO.....	22
3.1 Objetivo geral.....	22
3.2 Objetivos específicos.....	22
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1 Descrição da metodologia.....	23
4.2 Amostragem.....	23
4.3 Procedimentos laboratoriais.....	24
4.4 Análise de dados.....	27
5 RESULTADOS.....	28
5.1 Resultados total das quatro coletas.....	28
6 DISCUSSÃO.....	36
7 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A partir dos dados globais apresentados pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2024), desde 1950, já foram produzidas 9,2 bilhões de toneladas de plástico, com 7 bilhões de toneladas sendo redirecionada para os aterros sanitários que quando mal geridos acabam poluindo o solo, rios, lagos e oceanos.

Os ecossistemas de água doce são os destinos primários de muitos poluentes entregues na bacia hidrográfica, uma vez que os ambientes aquáticos são geralmente situados em vales. O plástico quando descartado incorretamente (por exemplo, estradas, ruas e aterros a céu aberto) são transportados pela chuva para os corpos d'água (Faure *et al.*, 2015; Giarrizzo *et al.*, 2019). Uma vez presentes na água, os plásticos podem ficar presos em estruturas do leito do rio (por exemplo, margens, arbustos, árvores, e falésias), são levados pela corrente para as várzeas, ou ficam aprisionados em sedimentos adjacentes (Azevedo-Santos *et al.*, 2021).

O Relatório Estadual e Municipal da Gestão de Resíduos Sólidos de 2019, mostra que 154.810 toneladas foram destinadas a aterros sanitários, 43.904 para lixões, 2.400 para aterros controlados e apenas 433 (0,29%) foram reciclados (BRASIL, 2019a). Em relação a Macapá, 102.535 toneladas de resíduos foram coletados no ano de 2019, 97% foram coletados regularmente e 3% não foram coletados de forma regular, indicando que podem ter sido descartados de maneira irregular (BRASIL, 2019b).

Nos últimos anos, um outro tipo de poluição plástica têm sido evidente nas pesquisas na comunidade científica, e têm sido observadas em diferentes ecossistemas, principalmente nos ambientes aquáticos (Pompêo *et al.*, 2022). Estas partículas, denominadas “microplásticos”, têm sido foco de diversos tipos de pesquisas ao redor do mundo. E esses estudos, conforme avançam, mostram que os microplásticos podem impactar negativamente organismos expostos a estas partículas, dessa maneira, propiciando efeitos a nível populacional e ecossistêmico (Giarrizzo *et al.*, 2019; Pompêo *et al.*, 2022).

Os microplásticos (MPs) são definidos como partículas plásticas com tamanhos variando entre 1 e 5 mm (Pompêo *et al.*, 2022), em uma dimensão (Hartmann *et al.*, 2019) e são classificados de acordo com a sua categoria, sendo os primários como os cosméticos (p.e. shampoo, batom, espuma de barbear, etc.), produtos de limpeza, esfoliantes e remédios de difícil absorção. Já os secundários são os resultados da degradação da micro e macro fragmentação que sofrem pelas forças mecânicas, oxidação e processos fotoquímicos (Mathalon; Hill, 2014).

A crescente produção e o descarte inadequado de diferentes tipos de resíduos, como o plástico, tornou esse material o mais abundante no meio ambiente, gerando grandes preocupações (Organização das Nações Unidas, 2023). Nos últimos anos, estudos têm demonstrado que a poluição por microplásticos afeta as espécies marinhas, com ênfase para os peixes (Sequeira *et al.*, 2020; Markic *et al.*, 2020), além de ser abordada em conjunto com outros compartimentos ambientais em regiões específicas, como o mar Mediterrâneo (Fytianos *et al.*, 2021), o Índico (Shaikh; Shaikh, 2021) e o mar Amarelo na China (Li; Sun, 2020).

Partículas de MPs já foram encontradas não apenas em peixes de água salgada (Bellas *et al.*, 2016; Jovanović, 2017), mas também em tartarugas (Duncan *et al.*, 2019), aves marinhas (Lavers *et al.*, 2019), e mamíferos (Zantis *et al.*, 2021). Quando esses animais ingerem essas partículas pode acontecer o bloqueio do trato gastrointestinal, o acúmulo nas brânquias, no caso dos peixes, mudança na alimentação, dificuldade na reprodução e crescimento (Cole *et al.*, 2015; Nelms *et al.*, 2018; Sussarellu *et al.*, 2016), além de estresse oxidativo, cirrose, entre outras (Brandts *et al.*, 2018).

A contaminação e alteração em organismos primários, como as algas, leva à contaminação da cadeia alimentar. Os peixes, por exemplo, são contaminados por meio de suas guildas tróficas, sejam eles onívoros, herbívoros ou carnívoros (Andrade *et al.*, 2019). Isso ocorre quando os peixes se alimentam de organismos já expostos a microplásticos, como outros peixes, moluscos, zooplânctons, camarões, sedimentos, etc. (Lopes *et al.*, 2020; Cáceres-Farias *et al.*, 2023). Dessa forma, ocorre a bioacumulação, que é o acúmulo de substâncias no corpo de um organismo por meio da ingestão direta (através da água ou sedimento) ou indireta (por meio de organismos contaminados). Esse acúmulo acontece quando a taxa de ingestão ultrapassa a de eliminação. Já a biomagnificação refere-se ao aumento da concentração dessas substâncias à medida que se movem ao longo da cadeia alimentar, representando uma fonte de contaminação para os seres humanos, uma vez que peixes, caranguejos, moluscos e camarões são comumente parte da sua dieta (Miller, Hamann e Kroon, 2020; Cáceres-Farias *et al.*, 2023; Kandeyaya *et al.*, 2023;).

A análise da repleção do trato gastrointestinal de peixes é utilizada para evidenciar a ingestão de microplásticos, uma vez que a principal via de contaminação nesses animais é por meio da alimentação, onde estômagos mais cheios podem ter uma maior possibilidade de contaminação por essas partículas (Bråte *et al.*, 2016; Liboiron *et al.*, 2019).

A partir da via de contaminação por MPs em peixes pela dieta, estudos sobre a alimentação natural de peixes surgem como uma importante ferramenta para evidenciar e

explicar os impactos a qual os ecossistemas aquáticos estão expostos, como represamento de rios, descarga de efluentes e, mais recente, a poluição por microplásticos. Além disso, o período hidrológico também interfere na ingestão de MPs por peixes, já que no período de estiagem os rios ficam mais secos e essas partículas se concentram, tornando-se mais disponíveis no ambiente para os peixes (Wicaksono *et al.*, 2021). As pesquisas mais atuais sobre a dieta de peixes têm sido usadas para detectar a presença dessas partículas e caracterizar a maior suscetibilidade dos grupos tróficos a esse novo tipo de poluição (Bessa *et al.*, 2018; Andrade *et al.*, 2019; Pappoe *et al.*, 2022; Cáceres-Farias *et al.*, 2023). Os peixes são essenciais para manter o equilíbrio ecológico e manutenção da biota aquática. No entanto, a ingestão de microplásticos por peixes pode causar diversos problemas, inclusive a morte, levando ao desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos (Andrade *et al.*, 2019; Khan *et al.*, 2024). Além disso, os peixes são importantes para a população que depende do pescado para alimentação (Justino *et al.*, 2021; Cordeiro *et al.*, 2024).

Em vista da crescente preocupação com a contaminação de microplásticos no meio ambiente, com destaque para os ambientes aquáticos, esta pesquisa investigou como a ocorrência de microplásticos na dieta dos peixes da praia da Fazendinha varia entre as espécies, investigando a sua presença nos tratos gastrointestinais por ingestão e acúmulo nas brânquias, e relacionando essa contaminação às guildas tróficas, porte corporal, níveis de repleção dos estômagos e intestino e período hidrológico. Diante disso, a hipótese deste trabalho é que os peixes que habitam a praia da Fazendinha ingerem acidentalmente microplásticos presentes no ambiente aquático e retêm essas partículas nas brânquias, estômagos e intestinos; a concentração desses contaminantes, tanto em seus tratos gastrointestinais quanto nas brânquias, varia entre as espécies de acordo com suas guildas alimentares, porte corporal e período hidrológico, refletindo diferenças no consumo de presas contaminadas e no potencial de bioacumulação de microplásticos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Poluição plástica e meio ambiente

Os plásticos são polímeros sintéticos derivados do petróleo, objetos importantes para a sociedade. Foi apresentado na Exposição Internacional de Londres, em 1862, como uma inovação revolucionária, capaz de facilitar nossas vidas devido a sua versatilidade, resistência, flexibilidade, durabilidade e baixo custo (Alves *et al.*, 2011; Conceição *et al.*, 2019).

No século XIX, a produção de plástico cresceu bastante, a qual gera uma grande quantidade de resíduos que são frequentemente descartados de forma inadequada, e isso têm contribuído para a poluição do meio ambiente, afetando os seres humanos, a biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas (Carneiro *et al.*, 2021; Conceição *et al.*, 2019). Globalmente estima-se que, até 2015, 8,3 bilhões de toneladas de plásticos primários tenham sido produzidas, desse total, apenas 9% foram reciclados e 79% estão amontoados em aterros sanitários e/ou inseridos na natureza (Geyer, Jambeck e Law, 2017).

Quando não são administrados corretamente, os plásticos contaminam vários ambientes em que são inseridos, incluindo solo, lençóis freáticos, rios, oceanos, etc. (Spinacé e De Paoli, 2005; Dias Filho *et al.*, 2011). Essa poluição causa consequências para o meio ambiente e a saúde humana, afetando os ecossistemas e a qualidade de vida das pessoas, que podem sofrer com a exposição a agentes patógenos, e os animais com a ingestão e emaranhado por plásticos, o que em muitos casos é fatal (Dias Filho *et al.*, 2011).

O descarte incorreto do plástico contribui nas mudanças climáticas, o qual foi responsável por emitir cerca de 1,7 gigatoneladas de emissões de dióxido de carbono (CO₂) em 2015, e essa emissão aumentará para 6,5 gigatoneladas em 2050 (Organizações das Nações Unidas, 2021). Além disso, 85% dos resíduos que chegam nos oceanos são plásticos. Assim, estima-se que até 2040, a quantidade de plásticos que flutuam no mar se triplicará, com uma quantidade de 23 a 37 milhões de toneladas por ano, que equivale a aproximadamente 50 kg de plástico por metro na costa em todo o mundo (Organizações das Nações Unidas, 2021).

Diversos animais marinhos, como tartarugas, baleias, peixes e aves, foram encontrados enrolados em redes de pesca abandonadas (pesca fantasma) e sacos plásticos descartados. Além disso, plásticos foram identificados no conteúdo estomacal desses animais

(Costa *et al.*, 2015). Esses polímeros também já foram encontrados no proventrículo e na moela de aves marinhas, podendo reduzir a comida na moela desses animais (Barbieri, 2009). Além disso, estes plásticos obstruem o intestino, possivelmente causando a morte dessas aves.

2.2 Microplásticos: Definição e classificação

Em 2004, Thompson e outros introduziram o termo "microplásticos" (MPs) na literatura científica, sendo partículas com tamanho menor que 20 μm . Embora a definição do tamanho dos microplásticos tenha variado ao longo dos anos, a National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) estabeleceu uma definição padrão em 2009, considerando microplásticos como partículas menores que 5 mm (Arthur *et al.*, 2009).

Os microplásticos não se restringem a uma única forma e tamanho. Essas partículas podem ser filmes, pellets, linhas ou fibras, espumas, fragmentos, etc. Quanto ao tamanho, a classificação é mais abrangente, e são divididas conforme a sua categoria, como os nanoplásticos ($<1 \mu\text{m}$), os próprios microplásticos ($> 1 \mu\text{m}$ e $< 5\text{mm}$), e também os mesoplásticos (5 - 25mm), macropelásticos (25 - 1000mm) e megaplásticos ($> 1 \text{m}$) (Souza *et al.*, 2024; Frias; Nash, 2019; Liu *et al.*, 2020).

Os microplásticos são classificados em duas categorias principais, os primários e secundários (Souza *et al.*, 2024; Frias; Nash, 2019). Os MPs de origem primária são provenientes partículas menores, como as microesferas presentes em produtos de limpeza, esfoliantes, maquiagem e até glitter, e os pellets que são utilizados como matéria-prima para fabricar plásticos maiores, que também se enquadram nessa categoria (Liu *et al.*, 2020; Jain *et al.*, 2023; Veiga *et al.*, 2016). Já os MPs secundários resultam da degradação dos plásticos maiores que já estão no ambiente. Isso inclui vários itens comuns no cotidiano, como garrafas, sacolas, resíduos, fibras de roupas sintéticas, cordas, entre outros. (Thompson *et al.*, 2004; Souza *et al.*, 2024; Jain *et al.*, 2023; Veiga *et al.*, 2016).

Além disso, alguns MPs podem ser caracterizados como monômeros (Liu *et al.*, 2020). Os monômeros são a composição básica de polímeros, (Pompêo *et al.*, 2022), e esses polímeros sintéticos compõem os plásticos (Boucher; Friot, 2017). Quando sofrem a degradação por meio de processos como abrasão mecânica, físico-química e biológica, os plásticos se transformam em fragmentos em maior número e partículas de menor tamanho, assim formando os microplásticos (Souza *et al.*, 2024; Andrady, 2011; Sobral *et al.*, 2011).

No ambiente aquático, as partículas de plástico encontradas são predominantemente fragmentos, fibras, e pellets (Veiga *et al.*, 2016; Anjos, 2022).

Os impactos ambientais estão diretamente ligados com as atividades humanas que produzem resíduos plásticos. As principais fontes de microplásticos, sendo primários ou secundários, são as diversas atividades, como o descarte em lixões e aterros, descarte incorreto, desgaste de pneus e uso de cosméticos (Montagner *et al.*, 2021). Com isso, é evidente que a poluição plástica gera grandes problemas ambientais e à saúde dos seres humanos, destacando-se a formação de microplásticos como uma das principais consequências.

2.3 Microplásticos no meio ambiente e em organismos

A presença de microplásticos tem se tornado uma grande preocupação ao meio ambiente pelos seus impactos negativos, uma vez que foram detectados em diversos ambientes aquáticos, terrestre, ar atmosférico, solo, e em organismos, incluindo o meio vegetal, a saúde humana e animais que os ingerem, confundindo-os com alimento (Mercês *et al.*, 2021; Santos, 2024; Duarte, 2019), ou de forma passiva e involuntária.

As evidências relacionadas à poluição por microplásticos têm deixado a comunidade científica preocupada, pois ainda existe pouco conhecimento sobre os efeitos dessas partículas em animais e, principalmente, nos seres humanos (Teixeira; Teixeira, 2019).

Essas partículas já são uma realidade preocupante na vida dos animais. Um estudo em Bangladesh, pesquisadores encontraram 195 partículas de MPs no gastrointestinal de 90% dos 27 sapos de 9 espécies estudadas (Shetu *et al.*, 2023). Na Turquia, 87 indivíduos de 146 sapos estavam contaminados por 276 partículas de MPs (Dursun *et al.*, 2023). Outro trabalho, realizado no lago Selleries Pond, área montanhosa, localizada no município de Rouce, Itália, encontrou fibras de MPs em cinco rãs adultas (Pastorino *et al.*, 2022).

Uma pesquisa com mamíferos, realizada na Reserva Natural Torre Flavia wetland, na região de Lazio, Itália, encontrou microplásticos (fibras, fragmentos e esferas) em 30 amostras de fezes do rato-do-banhado (Gallitelli *et al.*, 2022). Nos camundongos, essas partículas se acumularam em rins, estômagos e intestinos, causando estresse oxidativo, alteração nos bioindicadores do sangue, além de distúrbio no metabolismo lipídico e energético (Deng *et al.*, 2017). Além disso, esses polímeros também foram detectadas em 96,3% de 81 espécimes de morcegos em várias localidades do estado do Pará (Correia *et al.*, 2023).

A zona entre marés no Porto de Halifax, no Canadá, pesquisadores encontraram MPs em sedimentos de três praias (MacCormacks Beach e no lado exposto e posterior de

Rainbow Haven), além de moldes fecais de poliquetas (Mathalon; Hill, 2014). No lago Durusu, na Turquia, também foram detectados MPs em 11 amostras de sedimentos (Mülayim *et al.*, 2022). No Brasil, um estudo realizado no Rio Xingu, em Porto de Moz, município do Pará, identificou quatro tipos de MPs (fibras, fragmentos, feixes de fibras e esferas) em amostras de sedimentos (Cardoso Neto *et al.*, 2023). Em outro trabalho, essas partículas também foram encontradas em sedimentos da Praia Grande, São Paulo (Maia *et al.*, 2023).

Além das áreas aquáticas, os microplásticos também estão sendo identificados no solo, no qual um estudo realizado no México, minhocas ingerem microplásticos presentes no solo, e as galinhas também se contaminam através da cadeia alimentar. Os resultados mostraram que o solo, fezes das minhocas e galinhas, e a moela das galinhas continham MPs, sendo 303 partículas em 5 galinhas, o que é um problema, já que em alguns países, as pessoas se alimentam das moelas das galinhas, e mesmo que limpas, não há certeza de que estariam livres dos MPs (Lwanga *et al.*, 2017).

Ademais, essas partículas foram encontradas em diversos tipos de solos nas montanhas Qilian, na China, com maior ocorrência nos solos de área arbustiva, seguindo pela floresta esparsa, deserto, pastagem e floresta densa (Kang *et al.*, 2024).

Filtros de ar condicionado e computador são capazes de acumular partículas com tamanhos entre 73 - 88.000 mm por filtro em apenas um semestre, evidenciando a grande quantidade de microplásticos no ar, e a exposição a qual os seres humanos estão expostos (Fang *et al.*, 2024). Além disso, MPs também foram encontrados em filtros e placas de Petri expostos em ambientes internos e externos de uma universidade e em uma casa, ambos em Nova Jersey. Sendo encontrados fibras, filmes, fragmentos de cloreto de polivinila (PVC), tereftalato de polietileno (PET), polietileno (PE), polipropileno (PP) e poliestireno (PS) (Yao *et al.*, 2022).

Pesquisas indicam que os microplásticos são transportados pelo ar atmosférico para áreas de difícil acesso ou sem presença humana, como evidenciado em um estudo realizado no lago do Parque Nacional de Sagarmatha, nas montanhas do Himalaia, onde foram identificadas 467 partículas de MPs em 25 amostras de água (Han *et al.*, 2024). A chuva também é um importante carreador de MPs, pois retira os MPs da atmosfera causando o fenômeno conhecido como “chuva plástica” (Brahney *et al.*, 2021), e transportando os MPs tanto atmosférico quanto o MPs das superfícies até os corpos d'água.

Essa poluição não se limita apenas ao meio ambiente. Os seres humanos também estão sendo expostos aos microplásticos, com partículas detectadas em placentas (Ragusa *et al.*, 2021), e pulmões, sugerindo que esse órgão é um local de acúmulo dessas partículas

(Amato-Lourenço *et al.*, 2021). Além disso, essas partículas já foram identificadas nos rins, fígado e cérebro de pessoas falecidas, destacando que as partículas encontradas nas amostras de cérebro apresentaram tamanhos maiores em comparação com as encontradas nos rins e fígados (Nihart *et al.*, 2025).

Essas partículas podem ser incorporadas ao corpo humano de diversas maneiras, como por biotransferência, quando o ser humano ingere alimentos contendo MPs, além da água, comidas enlatadas, etc. Também já foram encontrados MPs em placenta de grávidas, pulmão, fezes, intestino, e outros, mostrando assim, o grande nível de contaminação a que os seres humanos estão expostos (Batista; Oliveira, 2023).

Além disso, os microplásticos estão associados a doenças cardíacas, uma vez que o acúmulo de partículas nos vasos sanguíneos aumenta significativamente o risco de problemas graves, como ataque cardíaco, derrame cerebral e até mesmo morte (Marfella *et al.*, 2024).

A maioria dessas partículas possuem elementos químicos nocivos, incluindo corantes e aditivos que afetam o meio ambiente e os seres humanos que inalam ou ingerem os MPs (Lima; Perfatti, 2024; Cruz; Almeida, 2023).

2.4 Microplásticos em organismos aquáticos: Ingestão e consequências

Diversos estudos sobre a alimentação de peixes mostram a contaminação por microplásticos em diferentes regiões do mundo (Dehaut *et al.*, 2016; Urbanski *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2020; Parker *et al.*, 2021; Pappoe *et al.*, 2022;), evidenciando o grau de poluição a qual os organismos aquáticos estão expostos. Entre os anos de 2004 a 2014, as publicações relacionadas a microplásticos no ambiente marinho aumentaram (Barboza; Gimenez, 2015), considerando a preocupação dos impactos dessa poluição na biota aquática.

A detecção de microplásticos em amostras de tecidos de mamíferos coletados no Alasca e na Carolina do Norte, nos Estados Unidos, revelou a presença de partículas em tecidos em baleias cinzentas, foca-barbuda e golfinho-nariz-de-garrafa, em tecidos como gorduras (Merrill *et al.*, 2023). Com isso, a presença de MPs não está somente no trato gastrointestinal dos animais, mas também pode ocorrer por outras vias, alcançando outros órgãos.

Em pepino-do-mar, um estudo realizado em Karachi, Paquistão, foi observada a presença de MPs em intestinos, árvore respiratória e tentáculos de todos os 40 indivíduos analisados, bem como nas 40 amostras de sedimentos (Ahmed *et al.*, 2023).

Em crustáceos da Estação Ecológica de Taiamã, Mato Grosso, foram encontradas

partículas em espécies de caranguejos (Viana *et al.*, 2023). De forma semelhante, em estudo realizado no lado Durusu, Turquia, foram analisados e encontrados 138 microplásticos nas brânquias e 197 nos estômagos de 88 lagostins (Mülayim *et al.*, 2022).

Mexilhões do Porto de Halifax também apresentaram microplásticos (Mathalon; Hill, 2014). No litoral do Paraná, encontraram 83 partículas de MPs em mexilhões (Machado *et al.*, 2021).

Os microplásticos têm efeitos negativos sobre as algas. A exposição a essas partículas afetam os lipídios, incluindo os ácidos graxos que compõem as membranas celulares das algas, e também os galactolipídios de cloroplasto, essenciais na fotossíntese (Guschina *et al.*, 2020). Em uma alga verde de água doce, o aumento das partículas de cloreto de polivinila (PVC), reduz a clorofila e interferem no seu crescimento (Wang *et al.*, 2020). Na alga clorela que é usada como suplemento alimentício e cianobactéria de água doce, os MPs de polipropileno (PP) e cloreto de polivinila (PVC), afetam o seu crescimento, a produção de fotossíntese e, a conforme a concentração de MPs, maior a taxa de inibição (Wu *et al.*, 2019). Já na alga clorela, os MPs reduzem sua eficiência fotossintética e o conteúdo de proteína solúvel total quando expostos a MPs de polietileno (PE). Além disso, a exposição a poliestireno (PS) diminui consideravelmente a formação de colônias e os conteúdos de pigmentos fotossintéticos (Wang *et al.*, 2023).

Além disso, a presença de MPs também foi registrada no rio Amazonas, em Itacoatiara, no estado do Amazonas, onde foram detectados MPs em cinco espécies de macrófitas: *Paspalum repens*, *Pontederia rotundifolia*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Limno-bium laevigatum* (Guimarães *et al.*, 2024).

Através da cadeia alimentar, os organismos se contaminam por meio da guilda trófica ao se alimentarem de outros organismos contaminados, sendo algas, crustáceos, poliquetas, sedimentos, etc. (Dantas *et al.*, 2024). Com destaque para os peixes, sendo eles carnívoros, herbívoros, onívoros, etc. Exemplos incluem *Hoplias malabaricus*, *Serrasalmus rhombeus*, *Pristobrycon eigenmanni*, *Myloplus rubripinnis* e *Acnodon normani*, que apresentaram microplásticos em seus tratos gastrointestinais (Andrade *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2024). Assim, ocorre bioacumulação e biomagnificação ao longo da teia alimentar (Cáceres-Farias *et al.*, 2023; Kandeyaya *et al.*, 2023).

Diversos estudos têm evidenciado a presença de microplástico em peixes no mundo. No Paquistão, 74,4% dos espécimes de 6 espécies de peixes da família Scombridae, incluindo os atuns comercialmente importantes, continham microplásticos (Yousuf *et al.*, 2022). Já na Indonésia, 4 espécies, atum gaiado (*Katsuwonus pelamis*), atum fragata (*Auxis*

thazard), dourada japonesa (*Nemipterus japonicus*) corvina em grande escala (*Johnius heterolepis*), de 80 espécimes, 78 continham 3.651 MPs, uma média de $45,60 \pm 44,31$ por indivíduo (Suwartiningsih, Setyowati e Astuti, 2020).

Em outra espécie, a Anchova hepsetus, que também possui uma grande importância comercial, apresentou contaminação por essas partículas, de acordo com o estudo realizado em Veracruz, no México (García-Jaramillo *et al.*, 2023). Da mesma forma, outras quatro espécies do estuário do rio Meghna, Bangladesh, o peixe-fio-do-paraíso (*Polynemus paradiseus*), tainha-corsula (*Rhinomugil corsula*), sillago-gordo (*Sillaginopsis panijus*) e gobyel-rei (*Taenioides sandwip*), que são comercializados no mercado, apresentaram grande ocorrência e abundância de microplásticos (Hossain *et al.*, 2025). Além disso, os MPs estavam presentes no trato gastrointestinal de tubarões, que são predadores de topo essenciais para o equilíbrio da cadeia alimentar, em um estudo realizado no Atlântico Nordeste, no Reino Unido (Pardon *et al.*, 2020).

No complexo Estuarino do Canal de Santa Cruz, localizado na costa nordestina brasileira, espécies de peixes demersais como *Gobionellus stomatus*, *Bairdiella ronchus* e *Centropomus undecimalis*, essenciais para a subsistência de ribeirinhos, apresentaram um total de 176 partículas de MPs em 82 indivíduos, sendo a maioria fibras, seguido de fragmentos e pellets (Justino *et al.*, 2021).

Em outro estudo, em uma comparação entre 15 indivíduos coletados no Rio do Peixe e 8 indivíduos do Rio Tietê, foi avaliada a contaminação de MPs na espécie *Prochilodus lineatus*. Foram identificadas 49 partículas nos peixes do Rio do Peixe e 75 no Rio Tietê, evidenciando a alta contaminação, com aproximadamente 3 vezes maior no Tietê, com média de 9 partículas por indivíduos (Urbanski *et al.*, 2020).

Além disso, essas partículas, por sua vez, causam efeitos negativos nos peixes, como obstrução do trato gastrointestinal, levando-os a sentir saciados, além de apresentarem a toxicidade, assim como afetam as células e o sistema nervoso, também causam danos nas brânquias, intestinos, rins, fígados, estresse oxidativo, diminuição da frequência cardíaca, velocidade do nado, etc, prejudicado seu desenvolvimento, sobrevivência e podendo causar a morte (Dimitriadi *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2021a; Hollerova *et al.*, 2023; Khan *et al.*, 2024).

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste estudo é analisar a ocorrência de microplásticos nos peixes da Praia da Fazendinha, identificando sua presença nos tratos gastrointestinais e nas brânquias dos indivíduos, relacionando essa ocorrência com as características dos indivíduos (nível de repleção dos estômagos e intestino, guildas tróficas, comprimento e peso corporal) e com o período hidrológico.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar a dieta das espécies de peixes coletadas e classificar suas guildas alimentares;
- Registrar a ocorrência e caracterizar os microplásticos nas brânquias e tratos gastrointestinais das espécies de peixes analisadas quanto à sua abundância, forma tamanho e cor;
- Analisar a relação entre a quantidade de microplásticos nas brânquias e tratos gastrointestinais e as variáveis biológicas (guildas alimentares, repleção, peso e comprimento) das espécies de peixes;
- Avaliar a influência do período hidrológico na ocorrência e concentração de microplásticos nas espécies de peixes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da metodologia

Esse estudo aconteceu na área que compreende o balneário da Fazendinha (Figura 1), localizado na orla fluvial no Distrito da Fazendinha, distante 16 km de Macapá, em áreas próximas aos locais onde são recebidos banhistas ao longo de todo ano, mas com maior visitação nos meses de verão. A área de estudo encontra-se entre as coordenadas 00°03' 21 " S 51°07' 00" W, possui fundo arenoso e é fortemente influenciada pelo regime de marés. A área possui vegetação marginal nas bordas da área delimitada para estudo.

4.2 Amostragem

As coletas de peixes foram realizadas em outubro de 2022 e 2023, e abril de 2023 e 2024, correspondendo ao período de estiagem (outubro) e enchente (abril). Foram utilizadas redes de emalhar (malhadeiras) com malhas variadas de 15, 20, 25, 30, 45 e 60 mm que ficaram submersas na água durante os períodos de enchente de maré diurna e foram retiradas durante a vazante, além de tarrafas e redes de arrasto. Após coletados, os peixes foram mantidos em caixas térmicas com gelo e depois congelados para posterior identificação e análises no laboratório de Ictiologia do IEPA (Figura 2 A a C).

Figura 1 - Localização da praia da Fazendinha onde foram realizadas as coletas



Fonte: Adaptado por SOUZA, A. L. M. (2024), com base em IBGE (2020) e Google Earth (2024).

Figura 2 - Coletas de campo: (A) técnica de arrasto; (B) colocando as malhadeiras; (C) separação dos espécimes.



Fonte: Autoria própria (2024).

4.3 Procedimentos laboratoriais

No laboratório de Ictiologia do IEPA os peixes foram descongelados por 30 minutos em temperatura ambiente e então foram identificados pela Orientadora Dra. Cecile de Souza Gama, e tomadas as medidas de comprimento total e padrão, e o peso corporal (Figura 3 A a C).

Figura 3 - Experimento em laboratório: (A) identificação das espécies *Satanoperca jurupari*, *Geophagus altifrons* e *Colomesus asellus*; (B) comprimento total e padrão; (C) e peso total da espécie *Peckoltia brevis*.

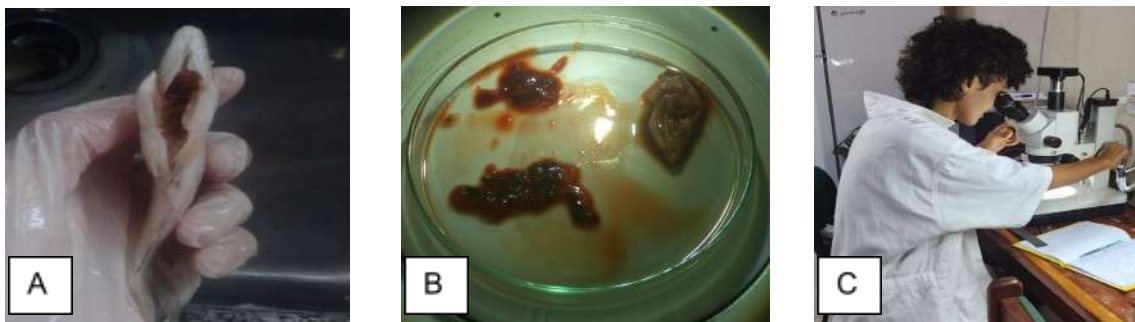


Fonte: Autoria própria (2024).

Cada peixe, após identificado, foi dissecado para a retirada de seu trato gastrointestinal a partir do início do esôfago até o ânus e para a retirada de suas brânquias. Todo o conteúdo foi transferido para recipientes de vidro. O conteúdo estomacal foi previamente analisado com observação sob microscópio estereoscópico para a identificação de cada item ao menor nível taxonômico possível para a determinação da guilda trófica das espécies. E o conteúdo intestinal e as brânquias também passaram por observação sob microscópio estereoscópico para a inspeção prévia da ocorrência de microplásticos. O nível de repleção de cada estômago e intestino estimado visualmente conforme Hahn, Loureiro e Delariva (1999), sendo classificados os níveis 0= vazio; 1 (parcialmente vazio) = de 01 a

25%; 2 (parcialmente cheio) = de 25 a 75%; 3 (completamente cheio) = de 75 a 100% (Figura 4 A a C).

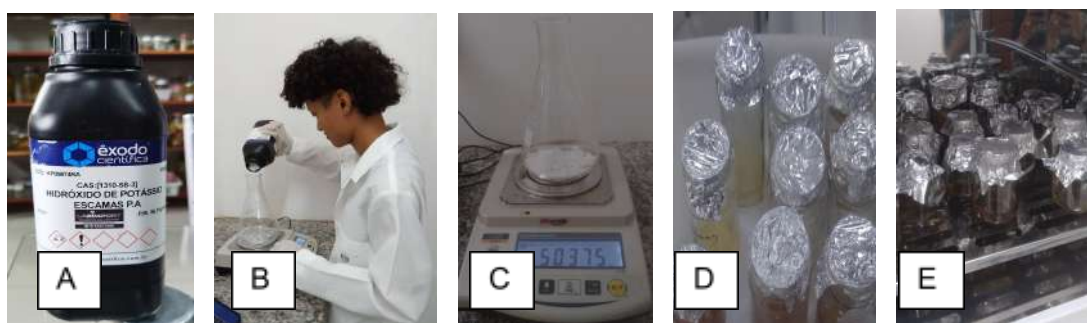
Figura 4 - Dissecção e análise antes da digestão da espécie *Satanoperca jurupari*: (A) Dissecção da espécie; (B) separação das amostras (brânquias, estômagos e intestinos); (C) análise das amostras antes da digestão.



Fonte: Autoria própria (2024).

Após a análise macroscópica, cada amostra foi levada para o Laboratório de Alimentos do Núcleo de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IEPA. As amostras foram tratadas com uma solução de 10% de hidróxido de potássio (KOH) segundo Bessa *et al.* (2018), e em seguida colocadas em béqueres que foram cobertos com papel alumínio para evitar a evaporação durante o aquecimento que aconteceu a uma temperatura de 60°C por 24 horas (Suwartiningsih, 2020), sendo este, o protocolo mais eficaz para a digestão da matéria orgânica e preservação das características dos plásticos (Duflos *et al.* 2017 - Figura 5 A a E).

Figura 5 - Preparo da solução e digestão: (A) Hidróxido de Potássio (KOH); (B - C) preparo da solução (KOH 10%); (D - E) órgãos com o KOH, cobertos e armazenados na estufa.

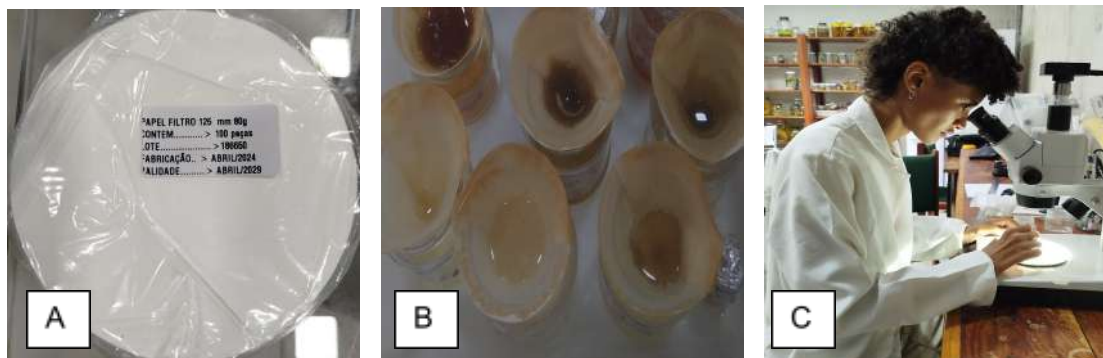


Fonte: Autoria própria (2024).

Após a digestão, cada solução foi levada para o Laboratório de Ictiologia para filtragem em papel filtro qualitativo (80g, 125mm). O material filtrado foi transferido para uma placa de Petri para análise sob estereomicroscópio para a verificação da ocorrência de microplásticos. Os microplásticos encontrados foram classificados de acordo com seu tipo (fibra, fragmento, pellet, entre outros) e cor, e foi feita a medição do tamanho de cada

partículas de microplástico na lupa usando uma régua (Figura 6 A a C).

Figura 6 - Filtração e análise das amostras: (A) papéis filtros; (B) filtração; (C) análise.



Fonte: Autoria própria (2024).

Para evitar possíveis contaminações ambientais nas amostras, precauções foram necessárias para evitar contaminação da amostra transportada pelo ar durante todo o processo de coleta de amostras e análise laboratorial. Para todos os procedimentos feitos foram utilizadas luvas e jalecos brancos de algodão. Os instrumentos eram constantemente lavados com água destilada e realizados os procedimentos brancos a cada análise para atestar a ausência de contaminação externa.

Ao menos um exemplar de cada espécie analisada foi mantido como testemunho para sua correta classificação científica (Figura 7). Os peixes testemunho foram fixados em formol 10% e depois tombados no acervo de peixes da Coleção Científica Fauna do Amapá.

Figura 7 - Preparo dos espécimes de peixes para serem tombados na Coleção Científica de Ictiologia do IEPA: (A) aplicação de formol; (B) espécimes fixados em formol; (C) Espécies *Curimata cyprinoides* e *Schizodon fasciatus* tombadas na Coleção.

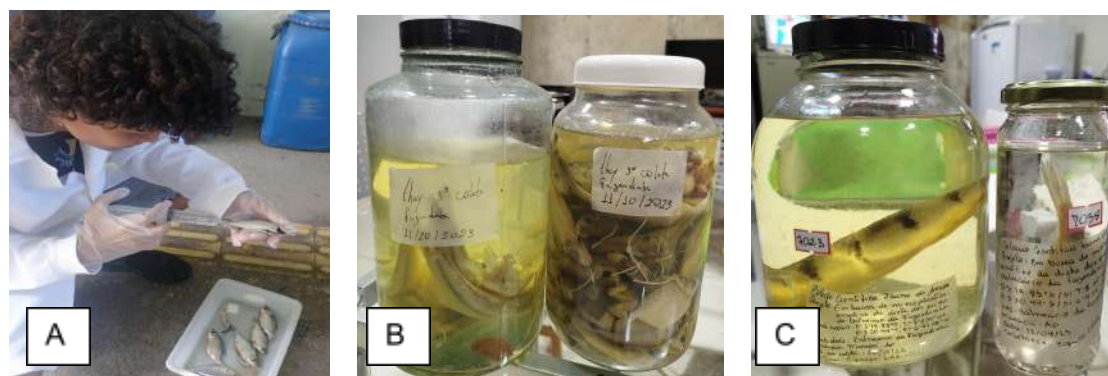


Figura: Autoria própria (2024).

4.4 Análise de dados

Os dados foram tabulados na planilha do Microsoft Excel e separados por espécies, guildas, período hidrológico, coletas, quantidade e características dos microplásticos como o tamanho e cor.

O Modelo de Regressão Binomial Negativa (GLM.nb), foi utilizado para investigar a influência das variáveis (guilda, peso e comprimento) na quantidade de microplásticos nas brânquias, estômagos e intestinos (Paduani; Ross; Odom, 2024).

O Teste Qui-quadrado de Pearson foi utilizado para avaliar se há diferença das cores dos microplásticos entre as brânquias, estômagos e intestinos (Hossain *et al.*, 2025).

Para a comparação da quantidade de microplásticos entre brânquias, estômagos e intestinos, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) e teste de comparações múltiplas de Tukey. Esses testes também foram utilizados para comparar a quantidade de microplásticos por nível de repleção dos estômagos e intestinos, quantidade de microplásticos por guilda, por coleta e por período hidrológico (Kılıç; Yücel, 2022). Todos esses foram feitos utilizando o software R.

5 RESULTADOS

5.1 Resultados total das quatro coletas

Nas quatro coletas, foram analisados 368 espécimes de peixes, distribuídos em 38 espécies (Tabela 1). Das 38 espécies, apenas uma espécie com um indivíduo não continha microplástico. Desses espécimes 294 (79,9%) apresentavam microplásticos em pelo menos uma das amostras (brânquias, estômago ou intestino) e 74 (20,1%) dos espécimes não continham nada. De todas as amostras analisadas (1.104), 529 continham microplástico e 575 não continham microplásticos.

Foram encontrados cinco tipos de microplásticos, sendo um total de 1.211 partículas de microplásticos. A maior frequência foi de fibras, com 1.185 (97,9%), seguidas por 19 pellets (1,6%), e 0,5%, divididos em 4 espumas, 2 filmes e 1 fragmento.

Os indivíduos que não apresentaram ingestão de MPs foram classificados como *Curimata cyprinoides* (36), *Astyanax bimaculatus* (13), *Peckoltia brevis* (7), *Plagioscion* sp. (5), *Colomesus asellus* (3), *Geophagus altifrons* (2), *Hypostomus* sp. (2), *Chaetobranchius flavescens* (1), *Ilisha amazonica* (1), *Platynemichthys notatus* (1), *Pterengraulis atherinoides* (1), *Sternopygus* sp. (1) e *Triportheus auritus* (1).

Foram encontradas 7 guildas tróficas, sendo carnívoro, detritívoro, herbívoro, insetívoro, invertívoro, onívoro e zooplantívoro (Tabela 1). No entanto, para as análises estatísticas algumas foram agrupadas devido ao número reduzido de espécimes ou espécies, resultando em um total de quatro guildas, sendo os carnívoros, detritívoros, invertívoros e onívoros (Tabela 5).

Não houve diferença na quantidade de microplásticos encontrados nas brânquias entre as guildas e com relação ao peso do peixe, porém houve diferença em relação ao comprimento total, indicando que peixes maiores (de maior comprimento) tendem a apresentar uma maior quantidade de microplásticos nas brânquias (Tabela 2).

Utilizando a guilda carnívora como base de comparação, observou-se que a guilda mostrou diferença na quantidade de microplásticos nos estômagos entre as guildas detritívora ($p = 0,00393$) apresentou significativamente menos MPs, enquanto a guilda onívora ($p = 0,00109$), apresentaram significativamente mais microplásticos no estômago, mas não houve diferença em relação a guilda invertívora ($p = 0,72205$), peso ($p = 0,58424$) e comprimento ($p = 0,60840$; Tabela 3).

Tabela 1- Quantidade de microplásticos (MP) encontrada nas brânquias e trato gastrointestinal de espécies de peixes por coleta, incluindo o número total de indivíduos amostrados (N) e a contagem de microplásticos.

Espécies	Guilda trófica	Microplásticos											
		Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3			Coleta 4		
		N	Contami nados	MP	N	Contami nados	MP	N	Contami nados	MP	N	Contami nados	MP
<i>Curimata cyprinoides</i>	Detritívoro	64	51	353	1	1	4	19	18	51	38	16	22
<i>Astyanax bimaculatus</i>	Onívoro	10	8	29	-	-	-	21	16	42	21	15	22
<i>Peckoltia brevis</i>	Onívoro	-	-	-	4	3	8	10	9	36	21	16	31
<i>Pterengraulis atherinoides</i>	Carnívoro	4	4	27	10	10	96	9	9	44	3	2	4
<i>Plagioscion sp.</i>	Carnívoro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	16	42
<i>Colomesus asselus</i>	Carnívoro	-	-	-	4	3	19	4	3	8	7	6	10
<i>Platynemateichthys notatus</i>	Carnívoro	3	2	35	7	7	26	1	1	2	-	-	-
<i>Geophagus altifrons</i>	Onívoro	1	1	3	1	1	6	6	4	11	-	-	-
<i>Hypostomus sp.</i>	Detritívoro	-	-	-	-	-	-	4	3	14	3	2	2
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Carnívoro	2	2	6	5	5	17	-	-	-	-	-	-
<i>Plagioscion sp.</i>	Carnívoro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	6	17
<i>Pristigaster whiteheadi</i>		1	1	4	5	5	20	-	-	-	-	-	-
<i>Oligoplites saliens</i>	Zooplactívoro	-	-	-	5	5	15	-	-	-	-	-	-
<i>Triportheus auritus</i>	Onívoro	2	1	4	1	1	7	1	1	3	1	1	1
<i>Ilisha amazônica</i>	Carnívoro	1	1	1	-	-	-	-	-	-	3	2	3
<i>Pimelodus sp.</i>	Onívoro	-	-	-	4	4	24	-	-	-	-	-	-
<i>Loricaria sp.</i>	Detritívoro	-	-	-	-	-	-	3	3	18	-	-	-
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Carnívoro	-	-	-	-	-	-	3	3	23	-	-	-
<i>Satanoperca juripari</i>	Onívoro	-	-	-	-	-	-	1	1	2	2	2	4
<i>Anchovia surinamensis</i>	Zooplactívoro	1	1	7	-	-	-	-	-	-	1	1	1
<i>Chaetobranchius flavescens</i>	Zooplactívoro	2	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Crenicichla strigata</i>	Carnívoro	-	-	-	-	-	-	2	2	12	-	-	-
<i>Hoplosternum littorale</i>	Onívoro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	7
<i>Leporinus friderici</i>	Onívoro	-	-	-	-	-	-	1	1	6	1	1	3
<i>Panaqolus sp.</i>	Detritívoro	-	-	-	-	-	-	2	2	3	-	-	-

<i>Ageneiosus ucayalensis</i>	Carnívoro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
<i>Ancistrus sp.</i>	Detritívoro	-	-	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-
<i>Citharichthys spilopterus</i>	Carnívoro	-	-	-	1	1	9	-	-	-	-	-	-
<i>Eignmannia sp.</i>	Insetívoro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
<i>Eleotris pisone</i>	Carnívoro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	6
<i>Farlowella nattereri</i>	Detritívoro	-	-	-	1	1	4	-	-	-	-	-	-
<i>Pachypops fourcroyi</i>	Invertívoro	1	1	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pachyurus schomburgkii</i>	Carnívoro	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Potamorrhaphis guianensis</i>	Carnívoro	-	-	-	1	1	3	-	-	-	-	-	-
<i>Potamotrygon orbignyi</i>	Insetívoro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
<i>Schizodon fasciatus</i>	Herbívoro	1	1	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sternarchogiton nattereri</i>	Invertívoro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
<i>Sternopygus sp.</i>	Invertívoro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0
Total: 368		93	75	500	51	49	259	88	71	277	136	93	175

Fonte: Autor própria (2025).

Tabela 2 - O Modelo de Regressão Binomial Negativa (GLM), utilizando a guilda carnívora como base de comparação, relacionando a quantidade de microplásticos nas brânquias com as variáveis guilda trófica, peso e comprimento.

	Coefficiente	Error padrão	P
(Intercepto)	-0,760414	0,361661	0,03550
Guilda detritívoro	0,029686	0,197263	0,88038
Guilda invertívoro	-0,246850	0,441219	0,57584
Guilda onívoro	-0,246373	0,217204	0,25667
peso	-0,003968	0,006005	0,50873
comprimento total	0,094467	0,029252	0,00124

Fonte: Autor própria (2025).

Tabela 3 - O Modelo de Regressão Binomial Negativa (GLM), utilizando a guilda carnívora como base de comparação, relacionando a quantidade de microplásticos nos estômagos com base nas variáveis (guilda trófica, peso e comprimento).

	Coeficiente	Error padrão	P
(Intercepto)	-0,018791	0,337468	0,95560
Guilda detritívoro	-0,538141	0,186623	0,00393
Guilda invertívoro	-0,137408	0,386274	0,72205
Guilda onívoro	0,665159	0,203601	0,00109
peso	0,003037	0,005550	0,58424
comprimento total	0,014466	0,028235	0,60840

Fonte: Autor própria (2025).

Não houve diferença significativa na quantidade de microplásticos nos intestinos em relação a todas as variáveis analisadas: as guildas, peso e comprimento (Tabela 4).

Tabela 4 - O Modelo de Regressão Binomial Negativa (GLM), utilizando a guilda carnívora como base de comparação, relacionando a quantidade de microplásticos nos intestinos com base nas variáveis (guilda trófica, peso e comprimento).

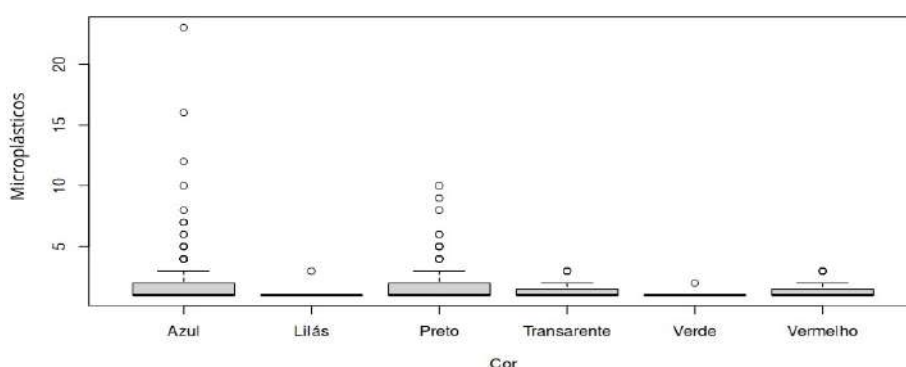
	Coeficiente	Error padrão	P
(Intercepto)	-0,237171	0,396594	0,5498
Guilda detritívoro	-0,074828	0,211056	0,7229
Guilda invertívoro	-0,411245	0,492770	0,4040
Guilda onívoro	-0,438808	0,234907	0,0618
peso	0,006291	0,006340	0,3211
comprimento total	0,008909	0,032852	0,7862

Fonte: Autor própria (2025).

O tamanho médio $\pm$ desvio padrão geral dos microplásticos encontrados foi de 1,78 $\pm$ 1,13 mm. Entre as cores, os MPs transparentes foram os maiores, com 3,58 $\pm$ 1,18 mm, seguido pelos vermelhos 2,43 $\pm$ 1,67 mm e lilás com 2,09 $\pm$ 1,16 mm. As mais abundantes foram as fibras azuis com 1,67 $\pm$ 1,04 mm e preta 1,76 $\pm$ 1,06 mm. Enquanto as verdes foram as menores com 1,38 $\pm$ 0,73 mm.

A cor dos microplásticos encontrados revelou que 56% eram azul, 35% preta, 5% vermelhas, 2% transparente, 1% verdes e 1% lilás (Figura 8). As análises indicaram que não houve diferença na comparação quanto às cores dos Microplásticos entre as brânquias, estômago e intestino (Chi-quadrado = 4,4757; gl = 10; $p = 0,9233$). Além disso, não houve diferença estatisticamente significativa na quantidade das cores dos MPs por amostras (ANOVA $F = 1.524$; $p = 0,18$).

Figura 8 - Distribuição da quantidade de microplásticos por cor, em cada amostra de brânquias, estômago e intestino dos peixes.

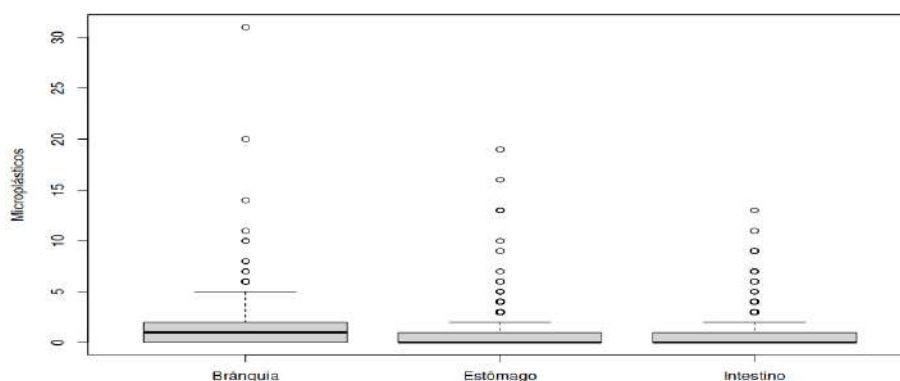


Fonte: Autoria própria (2025).

Do total dos microplásticos encontrados, 59,7% provinham de amostras referentes ao trato digestivo (32,1% no estômago e 27,3% no intestino), e 40,6% nas amostras das brânquias.

A quantidade de microplásticos diferiu significativamente entre os órgãos (ANOVA: $F(2,38) = 4,016$, $p = 0,018$). O teste de Tukey mostrou que as brânquias ($1,33 \pm 2,61$) tiveram mais microplásticos do que no intestino ($0,88 \pm 1,63$) ($p = 0,01$), enquanto o estômago ($1,08 \pm 2,13$) não diferiu significativamente em nenhum dos dois órgãos (Figura 9).

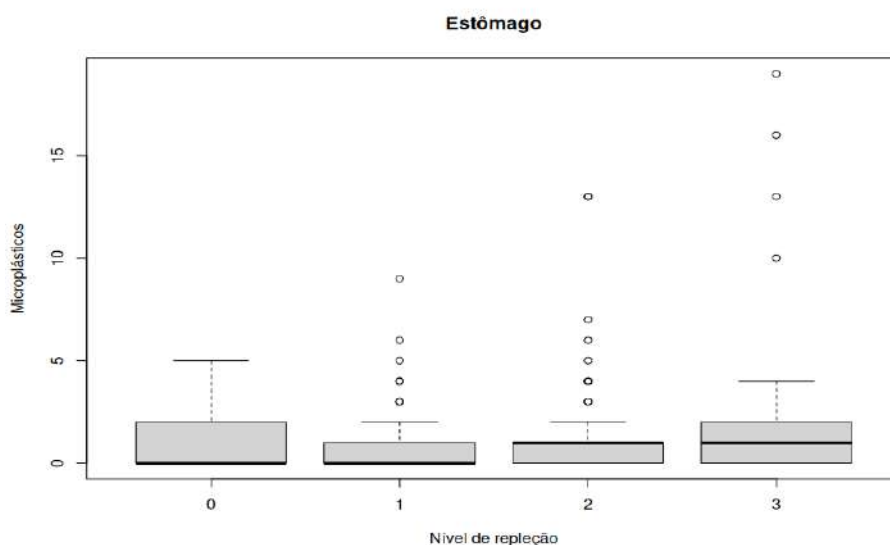
Figura 9 - Quantidade de microplásticos encontrados nas brânquias, estômagos e intestinos.



Fonte: Autoria própria (2025).

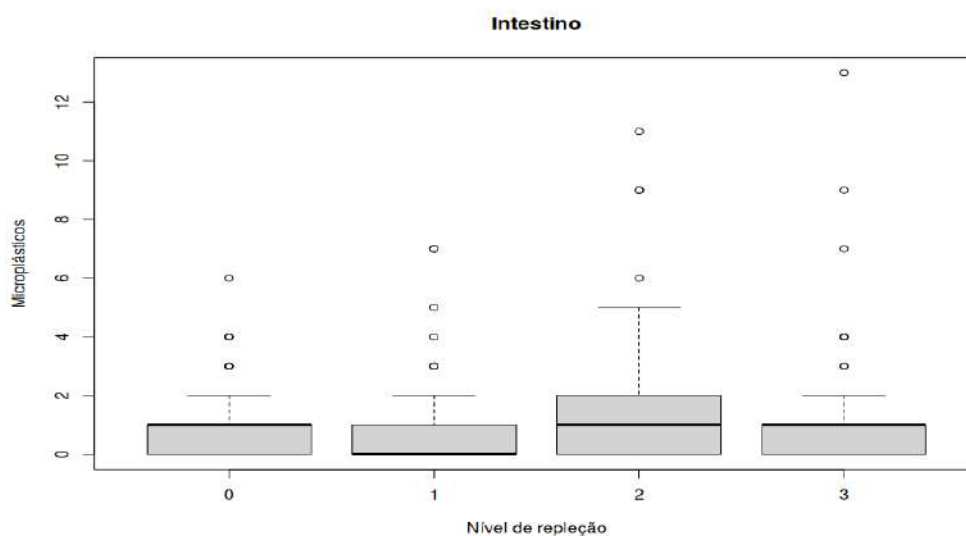
A repleção do estômago influenciou a quantidade de microplásticos, o teste de Tukey mostrou que os peixes com nível 3 de repleção apresentaram uma quantidade significativa maior que os outros níveis 0 ($p = 0,0051813$), 1 ($p = 0,0003974$), e 2 ($p = 0,0292880$), e em média $\pm$ desvio padrão de $2,23 \pm 4,23$ microplásticos por estômago (ANOVA: $F = 9,445$; $p = 0,00228$). As médias $\pm$ desvio padrão foram: Nível 0 = $0,95 \pm 1,25$; Nível 1 = $0,76 \pm 1,32$; Nível 2 = $1,16 \pm 2,22$; e Nível 3 = $2,23 \pm 4,24$ (Figura 10).

Figura 10 - Quantidade de microplásticos encontrados nos estômagos em diferentes níveis de repleção



Fonte: Autoria própria (2025).

A repleção do intestino influenciou na quantidade de microplásticos, em que os níveis 2 e 3 de repleção tiveram mais microplásticos do que o nível 1, no entanto, o teste de Tukey mostrou que não diferiram entre si (níveis 2 e 3) e nem com o 0 (ANOVA = $F(1, 365) = 8,639$; $p = 0,0035$). As médias $\pm$ desvio padrão foram: Nível 0 = $0,83 \pm 1,14$; Nível 1 = $0,50 \pm 1,15$; Nível 2 = $1,19 \pm 1,92$; e Nível 3 = $1,51 \pm 2,62$ (Figura 11).

Figura 11 - Quantidade de microplásticos encontrados nos intestinos em diferentes níveis de repleção

Fonte: Autoria própria (2025).

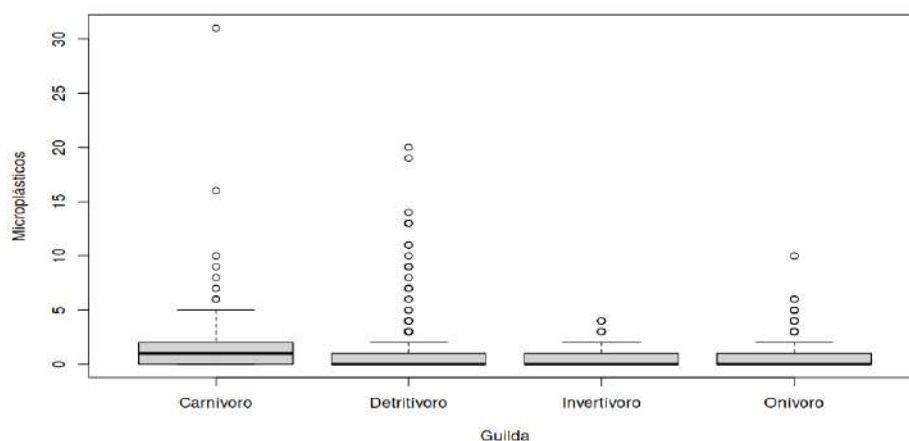
A análise da distribuição da quantidade de microplásticos entre as guildas tróficas foi realizada com o teste da análise de variância (ANOVA: $F(3,1099) 3,971$). Os onívoros apresentaram menos microplásticos que os carnívoros (Tabela 5).

Tabela 5 - Análise dos microplásticos por guilda, diff = diferença entre médias; lwr/upr = limites do intervalo de confiança 95%; p adj = valor p ajustado.

Guilda	diff	lwr	upr	p adj
detritívoro-carnívoro	-0,2024525	-0,6201403	0,21523522	0,5969284
invertívoro-carnívoro	-0,4594553	-1,3729452	0,45403453	0,5668606
onívoro-carnívoro	-0,5642173	-0,9996603	-0,12877423	0,0048987
invertívoro-detritívoro	-0,2570028	-1,1578226	0,64381696	0,8833888
onívoro-detritívoro	-0,3617647	-0,7699597	0,04643025	0,1032420
onívoro-invertívoro	-0,1047619	-1,0139504	0,80442664	0,9909375

Fonte: Autoria própria (2025).

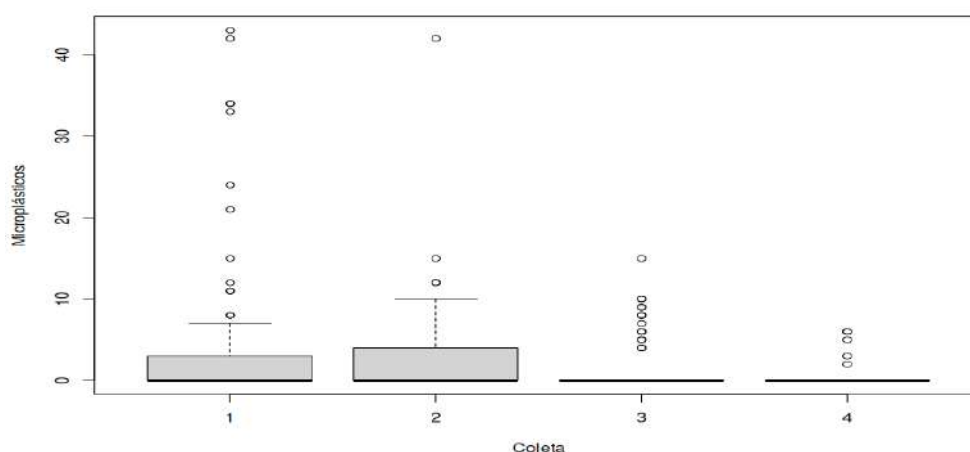
A análise de variância (ANOVA) mostrou uma diferença estatisticamente significativa na quantidade de microplásticos entre as guildas tróficas ($F(3,1099) = 3,971$, $p = 0,0079$). O teste de comparação múltiplas de Tukey mostrou que a única diferença significativa foi encontrado entre a guilda onívora e carnívora ($p = 0,0048987$) com os onívoros apresentando menos microplásticos que os carnívoros (Figura 12).

Figura 12 - Quantidade de microplásticos por guilda

Fonte: Autoria própria (2025).

Os peixes tiveram mais microplásticos no período de estiagem do que na enchente, com média $\pm$ desvio padrão de $0,77 \pm 1,73$ e $1,42 \pm 2,49$, respectivamente, (ANOVA: $F(1,369) = 7,926$ $p = 0,00513$).

Diferenças significativas na quantidade de microplásticos entre as coletas (ANOVA: $F(3,367) = 8,642$ $p < 0,001$). Houve uma diminuição na quantidade de MP ao longo das coletas. As médias $\pm$ desvio padrão para cada coleta foram: Coleta 1 = $3,72 \pm 9,17$; Coleta 2 = $3,02 \pm 6,68$; Coleta 3 = $1,46 \pm 3,16$; e Coleta 4 = $0,20 \pm 1,02$. A coleta 4 diferiu significativamente da coleta 1 ($p = 0,0000155$) e da coleta 2 ($p = 0,0094554$), e a coleta 3 da coleta 1 ($p = 0,0290969$) (Figura 13).

Figura 13 - Quantidade de microplásticos por coleta

Fonte: Autoria própria (2025).

6 DISCUSSÃO

Nossos resultados mostram que os peixes da região apresentam uma alta prevalência de microplásticos em suas brânquias e no trato gastrointestinal. Essa alta prevalência foi semelhante à encontrada em outros trabalhos (73,3% - Parvin, Jannat e Tareq, 2021; 72,9% - Kasamesiri e Thaimuangphol, 2020).

A maior frequência de microplásticos encontrada nas quatro coletas foram as fibras seguindo de pellets, igualmente como nos estudos feitos por Jabeen *et al.* (2017), Gomez *et al.* (2020), Pappoe *et al.* (2022) e Miranda *et al.* (2025), mostrando que as fibras são os microplásticos mais abundantes no ambiente, uma vez que essas partículas são provenientes das lavagens de roupas sintéticas que são feitas à base de petróleo e que são descartadas nos rios, como também as linhas e malhas de pescas perdidas (Browne *et al.*, 2011; Bessa *et al.*, 2018). Além disso, também espumas, filmes e fragmentos, como no trabalho realizado por Quevedo-López *et al.* (2024).

Ao analisar os microplásticos nas brânquias, a quantidade das partículas aumenta conforme o comprimento do peixe, no entanto, não houve diferença significativa na quantidade de MPs em relação à guilda e ao peso do peixe. Essa alta contaminação sugere que a respiração é uma via importante de entrada de microplásticos, que se acumulam nas brânquias com o tempo de exposição dos peixes ou pela filtração (Collard *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2020). A análise da distribuição dos MPs ao longo do corpo dos peixes demonstra que a maior ocorrência de MPs estavam nas brânquias, seguido dos estômagos e intestinos, semelhante aos trabalhos de Indriyadari *et al.* (2023) e Galafassi *et al.* (2021).

Apesar de não terem sido feitos ainda estudos acerca da capacidade de retenção de MPs pelas brânquias dos peixes, sabe-se que as brânquias são órgãos recobertos por muco e também que os microplásticos são encontrados nelas porque se aderem a esse muco, pode-se levantar a hipótese de que uma vez aderidos ao muco, esses MP permanecem nas brânquias por um tempo maior, talvez acompanhando o crescimento do peixe. Isso explicaria o aumento de MP nas brânquias em peixes maiores. Outra hipótese seria afirmar que quanto maior o peixe, maior o tamanho da brânquia e dessa forma maior a área para a captura de MPs.

Em relação ao hábito alimentar, foram identificados quatro tipos de guildas tróficas e em todas foram encontrados microplásticos, mostrando que a ingestão de microplásticos acontece em diferentes tipos de hábitos alimentares (Vendel *et al.*, 2017; Andrade *et al.*, 2019), com as guildas de maior ingestão de microplásticos, sendo a detritívora e carnívora. A maior contaminação de peixes por microplásticos acontece através da ingestão que pode

ocorrer de forma intencional por pensar que o MP seja alimento ou acidentalmente quando ingerem juntamente com o alimento (Pinheiro *et al.*, 2017). E quando comparado a ingestão de microplásticos por guilda, o teste mostrou que houve diferença entre a guilda carnívora e onívora, onde os carnívoros consumiram mais microplásticos que os onívoros, o que difere do trabalho de Khan e Setu (2022). O que pode explicar essa maior ingestão de microplásticos pelos carnívoros é a bioacumulação (Farrell; Nelson, 2013), que é quando os peixes carnívoros comem os peixes onívoros, herbívoros e outros, onde estes podem estar com alguns tipos de microplástico em seu trato gastrointestinal, tecidos ou brânquias após se alimentarem das plantas, insetos, etc, (Andrade *et al.*, 2019), assim acabam se contaminando pela bioacumulação através do nível trófico. Além disso, é importante discutir as consequência disso para os seres humanos que consomem peixes carnívoros, estando mais sujeitos a contaminarem por microplásticos.

No entanto, a análise da quantidade de MPs revelou diferença nas guildas, tanto nos estômagos quanto nos intestinos. Enquanto a diferença nos estômagos foi encontrada entre as guildas detritívora e onívora, nos intestinos foi apenas na guilda onívora. Os detritívoros e onívoros têm menos MP que os carnívoros, indicando que a maior quantidade de MPs nos estômagos e intestinos está relacionada à dieta do peixe e assim bioacumulando em seus corpos ao longo da cadeia alimentar, uma vez que os peixes detritívoros se alimentam de sedimentos e os onívoros não se alimentam de tantos animais como os carnívoros. Porém, não houve diferença na guilda invertívora, mostrando que a guilda invertívora por ser baseada em invertebrados possuem menor possibilidade de contaminação por MPs ou por não ser uma dieta tão variável como as demais (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012; Huang *et al.*, 2020; Justino *et al.*, 2021). Já nos intestinos, não houve diferença nas guildas detritívora e invertívora. Apesar da análise dos estômagos ter revelado diferença na quantidade de microplásticos na guilda onívora e detritívora, a diferença nos intestinos sugere que o processo de trânsito das partículas é diferente entre as guildas, com as partículas permanecendo por mais tempo nos intestinos dos peixes onívoros (Zhang *et al.*, 2021b).

E quando analisado o peso e comprimento do peixe na ingestão de microplásticos, a literatura apresenta conclusões diferentes. Enquanto alguns autores encontraram uma correlação positiva nos intestinos (Khan e Setu, 2022), outros já relatam correlação negativa (Zhang *et al.*, 2022; Patidar *et al.*, 2024; Amponsah *et al.*, 2024). Porém, não houve diferença na quantidade de MPs em relação ao peso e comprimento para os estômago e intestinos, indicando que o peso e comprimento do peixe não é um fator determinante na quantidade de MPs. Esse resultado sugere que a bioacumulação que é o acúmulo de partículas no organismo

por meio da ingestão direta e indireta, pode não ser um fator nesse caso, por outro lado, a biomagnificação, que é o aumento da concentração dessas partículas ao longo da cadeia alimentar, pode ser um fator determinante para esse resultado (Huang *et al.*, 2020; Justino *et al.*, 2021; Modupe, Akorede e Alex, 2024).

Uma grande abundância de cores de microplásticos foram encontradas nos espécimes, sendo um total de sete cores encontradas, semelhante ao trabalho de Wu *et al.*, (2020). As cores de MPs encontradas parecem seguir um padrão de ocorrência segundo alguns estudos já realizados (Primus e Azman, 2022; Ahmed *et al.*, 2023), com predominância de azul e preto. Além disso, foram identificadas as cores vermelha, transparente, verde (Fatema *et al.*, 2024), lilás. E ao analisar o tamanho médio dos microplásticos, as cores menos abundantes, como as transparentes, vermelha e lilás, apresentaram os maiores tamanhos médios, enquanto as mais abundantes, azuis e pretas, tiveram os menores tamanhos médios. Com relação ao tamanho das fibras encontradas, este trabalho identificou fibras de 1mm até 5 mm, e a média variou de >1mm a 3,5mm em ambas as coletas, como encontrado por de Jabben *et al.* (2017). Ademais, as variações nos tamanhos das cores dos MPs podem indicar que essas partículas têm origens diferentes, com as fibras provenientes de roupas sintéticas, fragmentos de plásticos maiores, grânulos, sacolas, etc. Toda a degradação ambiental resulta em diferentes formas e tamanhos de microplásticos.

Apesar da abundância e variedade de MPs, as análises estatísticas mostraram que não houve diferença na distribuição ou na quantidade das cores de MPs por órgãos (brânquias, estômagos e intestinos), indicando que a ingestão e a retenção das partículas não estão ligadas a uma cor ou órgão específico (Lin *et al.*, 2020; Yin *et al.*, 2022).

Essa presença de microplásticos nas três diferentes amostras (brânquias, estômagos e intestinos) dos indivíduos, sugere que essas partículas estão percorrendo o caminho do trato gastrointestinal com duas vias de entrada, a boca e as brânquias e saindo após a passagem pelo intestino, caso contrário seriam encontrados acúmulos de MPs nas amostras de intestino, por exemplo, o que não foi o caso. A análise reforça que quanto mais cheios os estômagos estavam, mais MPs eles continham, evidenciando a contaminação por MPs está relacionado à atividade alimentar, igualmente como os resultados encontrados por Bråte *et al.* (2016). E quando analisados os intestinos, o nível 2 e 3 de repleção mostrou que houve mais microplásticos que o nível 1, indicando que os intestinos cheios ou parcialmente cheios estão contaminados por essas partículas e seu processo digestivo é mais lento, ou seja o tempo de retenção é mais demorada. Essa retenção de partículas em diferentes níveis de repleção está

ligado à forma como os peixes se alimentam, independente da sua guilda trófica (Lusher *et al.*, 2013; Vendel *et al.*, 2017).

A presença dessas partículas no trato gastrointestinal dos peixes levanta preocupações. Ahrendt *et al.* (2019), cita que a ingestão de microplásticos causa lesões nos intestinos dos peixes, e que quanto maior é a ingestão dessas partículas, maiores são as lesões, e consequentemente, causam inflamações aumentando a produção dos leucócitos. Ademais, a ingestão de MPs pode afetar a saúde dos peixes, podendo levar à sensação de saciedade e, consequentemente, à desnutrição, fome, reprodução, crescimento, desenvolvimento e podendo levar à morte (Boerger *et al.*, 2010; Jovanovic, 2017; Hastuti *et al.*, 2019).

Além dos hábitos alimentares, a ingestão de microplásticos por peixes pode ser diretamente influenciada pelas condições ambientais que determinam a abundância e tipo de presa utilizada pelo peixe (Jobling, 1981; Parker *et al.*, 2021). E ao analisar os dois períodos hidrológicos foram encontradas diferenças significativas no consumo de microplásticos no período de estiagem (seco), mostrando que o regime hidrológico pode estar interferindo na disponibilidade ambiental de microplásticos. Esse fator pode ser explicado por alguns motivos como a vazão do rio, a profundidade e principalmente as chuvas, pois no período de estiagem chove menos que nas enchentes, assim os rios ficam em um nível mais baixo, ocasionando o acúmulo de microplásticos nos locais, aumentando a sua densidade (Han *et al.*, 2020; Souza, 2020; Wicaksono *et al.*, 2021; Miranda *et al.*, 2025).

Com base nas análises, houve uma diminuição de MPs ao longo das coletas, um resultado intrigante, uma vez que os procedimentos metodológicos não foram alterados, indicando que as questões relacionadas aos microplástico no ambiente ainda não são totalmente compreendidos por se tratar de um assunto considerado novo, mas o período hidrológico pode ter, as chuvas e secas, pode ter sido um fator determinante nessa diminuição.

7 CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a praia da Fazendinha, no rio Amazonas, está sendo diretamente afetada pela poluição de microplásticos e que os peixes consomem essas partículas.

As análises mostraram que a quantidade de microplásticos nos peixes está relacionada a vários fatores, como as guildas tróficas e o período hidrológico. Também se observou que ao se alimentarem, os peixes estão ingerindo MPs de forma acidental, sem relação com a cor dos MPs. Enquanto o peso do peixe não interfere na ingestão dessas partículas, peixes maiores tiveram mais MPs, também revelaram que o maior consumo de microplásticos pelos peixes foi no período de estiagem.

Com base nisso, a contaminação dos peixes gera sérias preocupações para os seres humanos, uma vez que o peixe participa da dieta de grande parte da população amapaense e que essa contaminação pode afetar a saúde dessas pessoas, principalmente porque ainda não há muito conhecimento sobre os efeitos dos microplásticos na saúde humana.

Além disso, a alta contaminação pode levar à mortandade dos peixes, resultando em um desequilíbrio ecológico que afeta a cadeia alimentar, mas também causando impactos sociais e econômicos, comprometendo o tripé da sustentabilidade.

Pode-se concluir que a poluição plástica nas águas do rio Amazonas já impacta a fauna aquática da região, exigindo que esse problema seja analisado com cuidado. Este trabalho evidencia a urgência de medidas e cuidados com a biota aquática, bem como a necessidade de novas pesquisas para preencher as lacunas sobre a temática dos microplásticos, é assim proteger a saúde dos organismos aquáticos das comunidades da região.

REFERÊNCIAS

- AHMED, Q.; ÖZTEKIN, A.; ALI, Q. M.; BAT, L.; SHAIKH, I. Analysis of Microplastic in *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* (Echinodermata-Holothuroidea) and Sediments from Karachi coast, (Northern Arabian Sea). **International Journal of Environment and Geoinformatics**, v. 10, n.1, p. 161-169, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/369236857_Analysis_of_Microplastic_in_Holothuria_a_Mertensiothuria_leucospilota_Echinodermata-Holothuroidea_and_Sediments_from_Karachi_coast_Northern_Arabian_Sea. Acesso em: 21 Set. 2025.
- AHRENDT, C; PEREZ-VENEGAS, D. J; URBINA, M. A; GONZALEZ, C; ECHEVESTEE, P; ALDANA, M; PULGAR, J; GALBÁN-MALAGÓN, C. Microplastic ingestion cause intestinal lesions in the intertidal fish *Girella laevis*. *Marine Pollution Bulletin*, v. 151, 2020. ISSN 0025-326X. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110795>.
- AMPONSAH, A. K.; AFRIFA, E. A.; ESSANDOH, P. K.; ENYOH, C. E.; Evidence of microplastics accumulation in the gills and gastrointestinal tract of fishes from an estuarine system in Ghana. **Heliyon**, v. 10, e25608, 2024. ISSN 2405-8440. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25608>.
- ANDRADE, M. C.; WINEMILLER, K. O.; BARBOSA, P. S.; FORTUNATI, A.; CHELAZZI, D.; CINCINELLI, A.; GIARRIZZO, T. First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits. **Environmental Pollution**, n. 244, p. 766-733, 2019. ISSN 0269-7491. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.088>.
- ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596 - 1605, 2011. ISSN 0025-326X. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>.
- ALVES, A. A. N.; RIBEIRO, M. F.; RICCI, V. S. O uso de sacolas plásticas pelos clientes de supermercados e seu impacto sobre a natureza. **Revista Ciências do ambiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 19-23, 2011. Disponível em: <https://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/280>. Acesso em: 11 mar. 2025.

AMATO-LOURENÇO, L. F.; CARVALHO-OLIVEIRA, R.; RIBEIRO JÚNIOR, G.; GALVÃO, L. S.; ANDO, R. A.; MAUAD, T. Presence of airborne microplastics in human lung tissue. **Journal of Hazardous Materials**, n. 416, e126124, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126124>.

ANJOS, A. E. S. O ar que respiramos – Uma visão geral da poluição que lançamos na atmosfera. In: NUNES, M. S. (Org.). **Estudos em Direito Ambiental: Desenvolvimento, desastres e regulação**. Campina Grande: Editora Licuri, 2022, p. 57-63. <https://doi.org/10.58203/Licuri.8384>.

ARTHUR, C.; BAKER, J.; BAMFORD, H. (ed.). Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris: 9–11, set. 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA. Silver Spring, MD: NOAA, 2009. (NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30). Disponível em: <https://marinedebris.noaa.gov/microplastics/proceedings-international-research-workshop-microplastic-marine-debris>. Acesso em: 14 mar. 2025.

AZEVEDO-SANTOS, V. M.; BRITO, M. F. G.; MANOEL, P. S.; PERROCA, J. F.; RODRIGUES-FILHO, J. L.; PASCHOAL, L. R. P.; GONÇALVES, G. R. L.; WOLF, M. R.; BLETTLER, M. C. M.; ANDRADE, M. C.; NOBILE, A. B.; LIMA, F. P.; RUOCCO, A. M.; SILVA, C. V.; PERBICHE-NEVES, G.; PORTINHO, J. L.; GIARRIZZO, T.; ARCIFA M. A.; PELICICE, F. M. Plastic pollution: A focus on freshwater biodiversity. **Ambio**, v. 50, p. 1313-24, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01496-5>.

BARBIERI, E. Occurrence of Plastic Particles in Procellariiforms, South of São Paulo State (Brazil). **Brazilian Archives of Biology Technology**, v. 52, n. 2, p. 341-348, 2009. ISSN 1516-8913 <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000200011>.

BARBOZA, L. G. A.; GIMENEZ, B. C. G. Microplastics in the marine environment: Current trends and future perspectives. **Marine Pollution Bulletin**, v. 97, p. 5-12, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.06.008>.

BATISTA, J. V. A.; OLIVEIRA, C. T. A. Microplásticos: Uma revisão de literatura sobre sua releção com peixes marinhos e transferência para seres humanos. In: Oliveira, C. T. A.; OLIVEIRA, F. L. G. (org.). **Zoologia: divulgando o conhecimento científico. Guarujá: Científica digital**, 2023. cap. 4, p. 66-81. ISBN 978-65-5360-409-4. DOI: 1037885/230713666. Disponível em:

<https://www.editoracientifica.com.br/books/chapter/microplasticos-uma-revisao-de-literatura-sobre-sua-relacao-com-peixes-marinhos-e-transferencia-para-seres-humanos>. Acesso em: 14 abr. 2025.

BELLAS, J.; MARTÍNEZ-ARMENTAL, J.; MARTÍNEZ-CÁMARA, A.; BESADA, V.; MARTÍNEZ-GÓMEZ, C. Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. **Marine Pollution Bulletin**, v. 109, p. 55-60, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.026>.

BESSA, F.; BARRÍA, P.; NETO, J. M.; FRIAS, J. P. G. L.; OTERO, V.; SOBRAL, P.; MARQUES, J. C. Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. **Marine Pollution Bulletin**, n. 128, p. 575–584, 2018. ISSN 0025-326X. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.044>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos: Amapá – 2019**. Brasília, DF: SINIR, 2019a. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/estadual/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos: Macapá – 2019**. Brasília, DF: SINIR, 2019b. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/municipal/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRÅTE, I. L. N.; EIDSVOLL, D. P.; STEINDAL, C. C.; THOMAS, K. V. Plastic ingestion by Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Norwegian coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 112, p. 105-110, 2016. ISSN 0025-326X. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.034>.

BOERGER, C. M.; LATTIN, G. L.; MOORE, S. L.; MOORE, C. J. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, p. 2275–2278, 2010. ISSN 0025-326X. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007>.

BOUCHER, J.; FRIOT, D. Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN; 2017. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en>.

FRIAS, J. P. G. L.; NASH, R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. **Marine Pollution Bulletin**, v. 138, p. 145–147, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>.

BRAHNEY, J.; MAHOWALD, N.; PRANK, M.; CORNWELL, G.; KLIMONT, Z.; MATSUI, H.; PRATHER, K. A. Constraining the atmospheric limb of the plastic cycle. **Earth, Atmospheric, And Planetary Sciences**, v. 118, n. 16, p. e2020719118, 2021. <https://doi.org/10.1073/pnas.2020719118>.

BRANDTS, I.; TELES, M.; TVARIJONAVICIUTE, A; PEREIRA, M. L, MARTINS, M. A.; TORT, L.; OLIVEIRA, M. Effects of polymethylmethacrylate nanoplastics on *Dicentrarchus labrax*. **Genomics**, v. 110, p. 435-41, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2018.10.006>.

BROWNE, M. A.; CRUMP, P.; NIVEN, S. J. TEUTEN, E. L.; TONKIN, A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. C. Accumulations of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. **Environmental Science & Technology**, v. 45, n. 21, p. 9175–9179, 2011. <https://doi.org/10.1021/es201811s>.

DEHAUT, A.; CASSONE, A. L.; FRÈRE, L.; HERMABESSIERE, L.; HIMBEE, C.; RINNERT, E.; RIVIÈRE, G.; LAMBERT, C.; SOUDANT, P.; HUVET, A.; DUFLOS, G.; PAUL-PONT, I. Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. **Environmental pollution**, v. 215, p. 223-233, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.018>.

DUFLOS, G.; DEHAUT, A.; FRÈRE, L.; HERMABESSIERE, L. **Microplastics in seafood: identifying a protocol for their extraction and characterization**. Fate and Impact of Microplastics in Marine Ecosystems, p. 74, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-812271-6.00072-7>.

CÁCERES-FARIAS, L.; ESPINOZA-VERA, M. M.; ORÓS, J.; GARCIA-BEREGUIAIN, M. A.; ALFARO-NÚÑEZ, A. Macro and microplastic intake in seafood varies by the marine organism's feeding behaviour: Is it a concern to human health?. **Heliyon**, v. 9, e16452, 2023. ISSN 2405-8440. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16452>.

CARDOSO NETO, H. H. L.; SILVESTRE, R. C. M.; JEAN, R. N. P.; SANTOS, A. V. A.; SILVA, F. C. A primeira avaliação de microplásticos no Rio Xingu. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 17, 2023. ISSN 2359-1919. <https://dx.doi.org/10.21168/reg.v20e17>.

CARNEIRO, T. M. Q. A.; SILVA, L. A.; GUENTHER, M. A. poluição por plásticos e a educação ambiental como ferramenta de sensibilização. **Revbea**, São Paulo, v. 16, n. 6, p. 285-300, 2021. <https://dx.doi.org/10.34024/revbea.2021.v16.12347>.

COLE, M.; LINDEQUE, P.; FILEMAN, E.; HALSBAND, C.; GALLOWAY, T.S. The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus*. **Environmental Science and Technology**, v. 49, p. 1130-7, 2015. <https://doi.org/10.1021/es504525u>.

COLLARD, F.; GILBERT, B.; EPPE, G.; ROOS, L.; COMPÈRE, P.; DAS, K.; PARMENTIER, E. Morphology of the filtration apparatus of three planktivorous fishes and relation with ingested anthropogenic particles. **Marine Pollution Bulletin**, v. 116, p. 182–191, 2017. ISSN 0025-326X. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.067>.

CONCEIÇÃO, M. M.; CONCEIÇÃO, J. T. P.; DALMAS, F. B.; ROSIN, A. M. O plástico como vilão do meio ambiente. **Revista Geociências UNG-Ser**, Guarulhos, v. 18, n. 1, p. 50-53, 2019. ISSN 1981-7428. <http://dx.doi.org/10.33947/1981-7428-v18n1-4024>.

CORREIA, L. L.; RIBEIRO-BRASIL, D. R. G.; GARCIA, M. G.; SILVA, D. M.; ALENCASTRE-SANTOS, A. BVIEIRA, T. B. The first record of ingestion and inhalation of micro-and mesoplastics by Neotropical bats from the Brazilian Amazon. **Acta Chiropterologica**, v. 25, n. 2, p. 371-383, 2023. ISSN 1508-1109 <http://dx.doi.org/10.3161/15081109ACC2023.25.2.015>.

CORDEIRO, R. M.; BARBOSA, H. M.; FARIAS, J. D.; VIRGÍLIO, L. R. Relatos de microplásticos em três espécies de peixes comerciais no Vale do Juruá. **Revista DELOS**, Curitiba, v. 17, n. 62, p. 01-12, 2024. ISSN 1988-5245. DOI: 10.55905/rdelosv17.n62-131. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/3244>. Acesso em: 13 abr. 2025.

COSTA, M. F.; IVAR DO SUL, J. A.; LIMA, A. R. A.; BARLETTA, M. Contaminação do mar brasileiro por resíduos plásticos: impactos e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOLOGIA MARINHA, 5., 2015, Porto de Galinhas, PE. Anais [...] Recife: Universidade Federal de Pernambuco; ABBM, 2015. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3375.8885>.

CRUZ, E. M. T.; ALMEIDA, F. R. Exposição a nano e microplásticos e seus impactos na saúde humana: uma revisão da literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação – REASE**, São Paulo, v. 9, n. 6, 2023. ISSN 2675-3375. <http://dx.doi.org/10.51891/rease.v9i6.8663>.

DANTAS, D. V.; RIBEIRO, C. I. E.; ITO, L. S. C.; PEZZIN, A. P. T.; SILVEIRA, V. F.; CARDOZO, A. L. P.; GENTIL, E.; MONTEIRO, I. B.; RIBEIRO, S. A.; LORENZI, L.; MACHADO, R. Influence of trophic overlaps and trophic niche amplitude on microplastic intake of fish species in shallow areas of a neotropical coastal lagoon. **Science of the Total Environment**, v. 927, e172235, 2024. ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172235>.

DENG, Y.; ZHANG, Y.; LEMOS, B.; REN, H. Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, e46687, 2017. <https://www.nature.com/articles/srep46687>.

DIAS FILHO, M. J. O.; ARAÚJO, M. C. B.; SILVA-CAVALCANTI, J. S.; SILVA, A. C. M. Contaminação da Praia de Boa Viagem (Pernambuco-Brasil) por lixo marinho: relação com o uso da praia. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 44, n. 1, p. 33-39, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/19227>. Acesso em: 06 mar. 2025.

DIMITRIADI, A.; PAPAETHIMIOU, C.; GENIZEGKINI, E.; SAMPSONIDIS, I.; KALOGIANNIS, S.; FEIDANTSIS, K.; BOBORI, D. C.; KASTRINAKI, G.; KOUMOUNDOUROS, G.; LAMBROPOULOU, D. A.; KYZAS, G. Z.; BIKIARIS, D. N. Adverse effects polystyrene microplastics exert on *zebrafish heart* – Molecular to individual level. **Journal of Hazardous Materials**, n. 416, e125969, 2021. ISSN 0304-3894. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125969>.

DUARTE, J. P. Caracterização de microplásticos suspensos no ar na unidade de separação de resíduos, LIPOR. 2019. 13-60 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente - Riscos: Avaliação e Gestão Ambiental) - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2019.

DUNCAN, E. M.; BRODERICK, A. C.; FULLER, W. J.; GALLOWAY, T. S.; GODFREY, M. H.; HAMANN, M.; LIMPUS, C. J.; LINDEQUE, P. K.; MAYES, A. G.; OMEYER, L. C. M.; SANTILLO, D.; SNAPE, R. T. E.; GODLEY, B. J. Microplastic ingestion ubiquitous in

marine turtles. **Global Change Biology**, v. 25, p. 744-52, 2019. <https://doi.org/10.1111/gcb.14519>.

DURSUN, C.; KARAOGLU, K.; ÖZDEMİR, N.; CANDAN, K.; KUMLUTAS, Y.; ILGAZ, C.; GÜL, S. Spatiotemporal distribution of microplastics in true frogs (Ranidae: *Pelophylax*) populations from Türkiye. **Environmental Research**, v. 236, p. 116774, 2023. ISSN 0013-9351. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116774>.

FANG, C.; AWOYEMI, O. S.; SAIANAND, G.; XU, L.; NIU, J.; NAIDU, R. Characterising microplastics in indoor air: Insights from Raman imaging analysis of air filter samples. **Journal of Hazardous Materials**, v. 464, e132969, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132969>.

FARRELL, P.; NELSON, K. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). **Environmental Pollution**, n. 177, p. 1-3, 2013. ISSN 0269-7491. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.01.046>.

FATEMA, K.; ISLAM, M. J.; SARKER, M. A. I.; ELAHI, K. S.; ALAM, M. J.; HASAN, S. J.; RASHID, H. Occurrence of microplastics in fish gastrointestinal tracts belongs to different feeding habits from the Bangladesh coast of the Bay of Bengal. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, p. 24329–24343, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32681-8>.

FAURE, F.; DEMARS, C.; WIESER, O.; KUNZ, M.; de ALENCASTRO, L. F.; Plastic pollution in Swiss surface waters: Nature and concentrations, interaction with pollutants. **Environmental Chemistry**, v. 18, n. 12, p. 582-91, 2015. e-ISSN 1449-8979. <https://dx.doi.org/10.1071/en14218>.

FYTIANOS, G.; IOANNIDOU, E.; THYSIADOU, A.; MITROPOULOS, A.C.; KYZAS, G.Z. Microplastics in Mediterranean Coastal Countries: A Recent Overview. **J. Mar.Sci. Eng.**, v. 9, p. 98, 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/jmse9010098>.

GALAFASSI, S.; CAMPANALE, C.; MASSARELLI, C.; URICCHIO, V. F.; VOLTAR, P. Do Freshwater Fish Eat Microplastics? A Review with A Focus on Effects on Fish Health and Predictive Traits of MPs Ingestion. **Water**, v. 13, n. 16, e2214, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13162214>.

GALLITELLI, L.; BATTISTI, C.; PIETRELLI, L.; SCALICI, M. Anthropogenic particles in coypu (*Myocastor coypus*; Mammalia, Rodentia) faeces: first evidence and considerations about their use as track for detecting microplastic pollution. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, p. 55293–55301, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21032-0>.

GARCÍA-JARAMILLO, L. S.; MORÁN-SILVA, A. Rafael CHÁVEZ-LÓPEZ, R. CHÁZARO-OLVERA, S. Presencia de microplásticos en tracto digestivo de *Anchoa hepsetus* (Clupeiformes: Engraulidae) obtidos de la pesca ribereña del municipio de Alvarado, Veracruz. **Biología, Ciencia y Tecnología**, n. 16, p. 1155-1169, 2023. ISSN 2007-2082. <https://doi.org/10.22201/fesi.20072082e.2023.16.86352>.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics evermade. **Science Advances**, 3 Jul. 2017. <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.

GIARRIZZO, T.; ANDRADE, M. C.; SCHMID, K.; WINEMILLER, K. O.; FERREIRA, M.; PEGADO, T.; CHELAZZI, D.; CINCINELLI, A.; FEARNSIDE, P. M. Amazonia: The new frontier for plastic pollution. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 17, p. 309-10, 2019. <http://dx.doi.org/10.1002/fee.2071>.

GOMEZ, B. C. C.; GOMEZ, B. C.; BALDEVIESO, A. A. G.; ESCALANTE, F. M. O. The occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of demersal fish species. *International Journal of Biosciences*, v. 16, n. 6, p. 152-162, 2020. ISSN 2222-5234. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344637948_The_occurrence_of_microplastics_in_the_gastrointestinal_tract_of_demersal_fish_species. Acesso em: 28 jul. 2025.

GUIMARÃES, G. A.; PEREIRA, S. A.; MORAES, B. R.; ANDO, R. A.; MARTINELLI FILHO, J. E.; PEROTTI, G. F.; SANT'ANNA, B. S.; HATTORI, G. Y. The retention of plastic particles by macrophytes in the Amazon River, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, p. 42750-42765, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33961-z>.

GUSCHINA, I. A.; HAYES, A. J.; ORMEROD, S. J. Polystyrene microplastics decrease accumulation of essential fatty acids in common freshwater algae. **Environmental Pollution**, v. 263, e114425, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114425>.

- HAHN, N. S.; LOUREIRO, V. E.; DELARIVA, R. L. Atividade alimentar da curvina *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Perciformes, Sciaenidae) no rio Paraná 1840) (Perciformes, Sciaenidae) no rio Paraná. **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 2, p. 309-314, 1999. ISSN 1415-6814. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277033538_Atividade_alimentar_da_curvina_Plagioscion_squamosissimus_Heckel_1840_Perciformes_Sciaenidae_no_rio_Parana. Acesso em: 21 Set. 2025.
- HAN, B.; YACOU, M.; LI, A.; NICHOLSON, K.; GRUVER, J.; NEUMANN, K.; SHARMA, S. Human Activities Increased Microplastics Contamination in the Himalaya Mountains. **Hydrology**, v. 11, n. 4, 2024. <https://doi.org/10.3390/hydrology11010004>.
- HAN, M.; NIU, X.; TANG, M.; ZANG, B.; WANG, G.; YUE, W.; KONG, X.; ZHU, J. Distribuição de microplásticos nas águas superficiais do baixo rio Amarelo perto do estuário. **Science of The Total Environment**, v. 707, 2020. ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135601>.
- HARTMANN, N. B.; HÜFFER, T.; THOMPSON, R. C.; HASSELLÖV, M.; VERSCHOOR, A.; DAUGAARD, A. E.; RIST, S.; KARLSSON, T.; BRENNHOLT, N.; COLE, M.; HERRLING, M. P.; HESS, M. C.; IVLEVA, N. P.; LUSHER, A. L.; WAGNER, M. Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. **Environmental Science & Technology**, [s. l.], v. 53, n. 3, p. 1039–1047, 2019. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297>.
- HASTUTI, A. R.; LUMBANBATU, D. T. F.; WARDIATNO, Y. The presence of microplastics in the digestive tract of commercial fishes off Pantai Indah Kapuk coast, Jakarta, Indonesia. **Biodiversitas**, v. 20, n. 5, p. 1233-1242, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333447319_The_presence_of_microplastics_in_the_digestive_tract_of_commercial_fishes_off_Pantai_Indah_Kapuk_coast_Jakarta_Indonesia. Acesso em: 15 Set. 2025.
- HIDALGO-RUZ, V.; GUTOW, L.; THOMPSON, R. C.; THIEL, M. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. **Environmental science & technology**, v. 46, e2031505, 2012. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es2031505>.
- HOLLEROVA, A.; HODKOVICOVA, N.; BLAHONA, J.; FALDYNA, M.; FRANC, A.;

PAVLOKOVA, S.; TICHY, F.; POSTULKOVA, E.; MARES, J.; MEDKOVA, D.; KYLLAR, M.; SVOBODOVA, Z. Polystyrene microparticles can affect the health status of freshwater fish –Threat of oral microplastics intake. **Science of the Total Environment**, v. 858, e159976, 2023. ISSN 0048-9697. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159976>.

HOSSAIN, M. S.; BHUIYAN, M. R. H.; UDDIN, M. N.; SHARIFUZZAMAN, S. M. Microplastics in pelagic and demersal fishes from the Meghna River estuary, Bangladesh. **Anthropocene Coasts**, v. 8, n. 3, 2025. <https://doi.org/10.1007/s44218-024-00066-6>.

HUANG, J-S.; KOONGOLLA, J. B.; LI, H-X ; LIN, L.; PAN, Y-F.; LIU, S.; HE, W-H.; MAHARANA, D.; XU, X-R. Microplastic accumulation in fish from Zhanjiang mangrove wetland, South China. **Science of the Total Environment**, v. 708, e134839, 2020. ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134839>.

INDRIYASARI, K. N.; SOEGianto, A.; IRAWAN, B.; RAHMATIN, N. M.; MARCHELLINA A.; MUKHOLLADUN, W.; PAYUS, C. M. The Presence of Microplastics and Plasticizers in Diferent Tissues of Mullet (Mugil cephalus) Along the East Java Coast in Indonesia. **Water Air Soil Pollut**, v. 234, n. 9, 2023. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-023-06623-y>.

JABEEN, K; SU, L; LI, J; YANG, D; TONG, C; MU, J; SHI, H. Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. **Environmental Pollution**, v. 221, p. 141-149, 2017. ISSN 0269-7491. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.055>.

JAIN, R.; GAUR. A.; SURAVAJHALA, R.; CHAUHAN U.; PANT, M.; TRIPATHI, V.; PANT, G. Microplastic pollution: Understanding microbial degradation and strategies for pollutant reduction. **Science of the Total Environment**, v. 905, p. 167098, 2023. ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167098>.

JOBLING, M. The influences of feeding on the metabolic rate of fishes: a short review. **Journal of Fish Biology**, v. 18, n. 4, p. 385-400, 1981. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1981.tb03780.x>.

JOVANOVIĆ, B. Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 13, n. 3, p. 510–515, 2017. <http://dx.doi.org/10.1002/ieam.1913>.

JUSTINO, A. K. S.; LENOBLE, V.; PELAGE, L.; FERREIRA, G. V. B.; PASSARONE, R.;

FREDOU, T.; FRÉDOU, F. L. Microplastic contamination in tropical fishes: An assessment of different feeding habits. **Regional Studies in Marine Science**, v. 45, p. 101857, 2021. ISSN 2352-4855. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101857>.

KANDEYAYA, K. B. K. D. K.; RANATUNGA, S.; RANATUNGA, R. R. M. K. P. Occurrence of microplastics in some commercially important seafood varieties from Negombo, Sri Lanka. **Regional Studies in Marine Science**, v. 62, e102958, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102958>.

KANG, Q.; ZHANG, Y.; KANG, S.; GAO, T.; ZHAO, Y.; LUO, X.; GUO, J.; WANG, Z.; ZHANG, S.; Characteristics of soil microplastics and ecological risks in the Qilian Mountains region, Northeast Tibetan Plateau. **Environmental Pollution**, n. 363, e125016, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125016>.

KASAMESIRI, P.; THAIMUANGPHOL, W. Microplastics ingestion by freshwaterndfish in the chi river , Thailand. **International Journal of GEOMATE**, v. 18, n. 67, p. 114-119, 2020. ISSN 2186-2990. https://doi.orView_of_MICROPLASTICS_INGESTION_BY_FRESHWATER_FISH_IN_THE_CHI_RIVER_THAILANDg/10.21660/2020.67.9110.

KHAN, H. M. S.; SETU, S.; Microplastic ingestion by fishes from Jamuna River, Bangladesh. **Environment and Natural Resources Journal**, v. 20, n. 2, p. 157-167. 2022. <https://doi.org/10.32526/ennrj/20/202100164>.

KHAN, M. L.; HASSAN, H. U.; KHAN, F. U.; GHAFAR, R. A.; RAFIQ, N.; BILAL, M.; KHOOHARO, A. R.; ULLAH, S.; JAFARI, H.; NADEEM, K.; SIDDIQUE, M. A. M.; ARAI, T. Effects of microplastics in freshwater fishes health and the implications for human health. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, e272524, 2024. ISSN 1678-4375. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.272524>.

KILIÇ, E.; YÜCEL, N. Microplastic occurrence in the gastrointestinal tract and gill of bioindicator fish species in the northeastern Mediterranean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 177, e113556, 2022. ISSN 0025-326X. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113556>.

LAVERS, J. L.; STIVAKTAKIS, G.; HUTTON, I.; BOND, A.L. Detection of ultrafine plastics ingested by seabirds using tissue digestion. **Marine Pollution Bulletin**, v. 142, p. 470-474, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.001>.

LI, Q.; SUN, X. Progress on microplastics research in the Yellow Sea, China. **Anthr. Coasts**, v. 3, p. 43–52, 2020. <http://dx.doi.org/10.1139/anc-2018-0033>.

LIBOIRON, M.; MELVIN, J.; RICHÁRD, N.; SATURNO, J.; AMMENDOLIA, J. France Liboiron, Louis Charron, Charles Mather. Low incidence of plastic ingestion among three fish species significant for human consumption on the island of Newfoundland, Canada. **Marine Pollution Bulletin**, v. 141, p. 244–248, 2019. ISSN 0025-326X <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.057>.

LIN, L.; MA, L-S.; LI, H-X.; PAN, Y-F.; LIU, S.; ZHANG, L.; PENG, J-P.; FOK, L.; XU, X-R.; HE, W-H. Low level of microplastic contamination in wild fish from an urban estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, e111650, 2020. ISSN 0025-326. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111650>.

LIMA, R. B.; PERFATTI, Y. C. Os efeitos dos microplásticos. **Revista científica Fesa**, v. 3, n. 15, p. 17-28, 2024. ISSN 2676-0428. <https://doi.org/10.56069/2676-0428.2024.392>.

LIU, Y.; HUANG, J.; JIN, J.; LOU, S.; SHEN, C.; ZANG, H.; WANG, L. The Classification of Micro-plastics and Biodegradation of Plastics/Micro-plastics. **Academic Journal of Engineering and Technology Science**, v. 3, n. 6, 181-190, 2020. ISSN 2616-5767. Disponível em: <https://francis-press.com/uploads/papers/5TQcZmlRklQFUhGMSZ60w0S6C5rS63tsbEYCRgvP.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2025.

LOPES L, C.; RAIMUNDO, J.; CAETANO, M.; Susana GARRIDO, S. Microplastic ingestion and diet composition of planktivorous fish. **Limnology and Oceanography Letters**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2020. <http://dx.doi.org/10.1002/lol2.10144>.

LUSHER, A. L.; MCHUGH, M.; THOMPSON, R. C. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. **Marine Pollution Bulletin**, v. 67, p. 94–99, 2013. ISSN 0025-326. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028>.

LWANGA, E. H.; MENDOZA, V. J.; KU QUEJ, V.; CHI, J. L. A.; SANCHEZ DEL CID, L.; CHI, C.; SEGURA, G. E.; GERTSEN, H.; SALÁNKI, T.; VAN DER PLOEG, M.; KOELMANS, A. A.; GEISSEN, V. Field evidence for transfer of plastic debris along a

terrestrial food chain. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 14071, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-14588-2>. Acesso em: 24 mar. 2025.

MACHADO, J. A.; OLIVEIRA, S.; NAZÁRIO, M. G.; FERNANDES, H.; KRELLING, A. P. Análise da presença de microplástico em bivalves (*Perna perna*): um estudo de caso em Matinhos, litoral do Paraná. **Guaju: Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 156-179, 2021. <https://doi.org/10.5380/guaju.v7i1.76916>.

MARFELLA, R.; PRATTICHIZZO, F.; SARDU, C.; FULGENZI, G.; GRACIOTTI, L.; SPADONI, T.; D'ONOFRIO, N.; SCISCIOLA, L.; LA GROTTA, R.; FRIGÉ, C. *et al.* Microplastics and Nanoplastics in Atheromas and Cardiovascular Events. **The New England Journal of Medicine**, n. 390, v. 10, p. 900-910, 2024. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa2309822>.

MARKIC, A.; GAERTNER, J.C.; GAERTNER-MAZOUNI, N.; KOELMANS, A.A. Plastic ingestion by marine fish in the wild. **Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.**, v. 50, p. 657–697, 2020. <http://dx.doi.org/10.1080/10643389.2019.1631990>.

MATHALON, A.; HILL, P. Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 81, p. 69-79, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.018>.

MAIA, D. S.; SILVA, G. R.; PAGANINI, P. P.; STOFFLER, R. V. Análise quali-quantitativa e espacial de poluição por microplástico ao longo da praia Tupi, Praia Grande – SP, Brasil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 710-724, 2023. ISSN 2595-573X <https://doi.org/10.34188/bjaerv6n1-062>.

MERCÊS, M. T. R.; SILVA, L. M. N.; SOUZA, J. B.; SILVA, E. C. Microplásticos: seus impactos à saúde humana. In: SEMANA DE MOBILIZAÇÃO CIENTÍFICA (SEMOC), 24., 2021, Salvador. Anais [...]. Salvador: Universidade Católica do Salvador, 2021. Disponível em: <https://ri.ucsal.br/handle/prefix/4703>. Acesso em: 20 fev. 2025.

MERRILL, G. B.; HERMABESSIERE, L.; ROCHMAN, C. M.; NOWACEK, D. P. Microplastics in marine mammal blubber, melon, & other tissues: Evidence of translocation. **Environmental Pollution**, v. 335, p. 122252, 2023. ISSN 0269-7491. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122252>.

MILLER, M. E.; HAMANN, M.; KROON, F. J. Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: A review and meta-analysis of current data. **PLOS ONE**, v. 15, n. 10, e0240792, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240792>.

MIRANDA, L. M.; SILVA, T. C. PIMENTEL, A. A. RAMOS, K. R. SILVA, L. M. A. SOUZA, A. C. F.; GAMA, C. S. Intake of microplastics by fishes in a floodplain lake of the Curiaú River (Macapá, Amapá, Brazil). *Aquatic Sciences*, v. 87, n. 77, 2025. <https://doi.org/10.1007/s00027-025-01203-0>.

MODUPE, O. O.; AKOREDE, B. L.; ALEX, U. O. Characterisation of Ingested Microplastic Particles and Textile Microfibres in the Gastrointestinal Tract of Demersal Fish from a Peri-Urban Open Access Lagoon in Lagos Nigeria. *Asian Journal of Biological Sciences*, v. 17, n. 2, p. 185-191, 2024. ISSN 1996-3351. <https://doi.org/10.3923/ajbs.2024.185.191>.

MONTAGNER, C. C.; DIAS, M. A.; PAIVA, E. M.; VIDAL, C. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 44, n. 10, p. 1328-1352, 2021. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>.

MÜLAYİM, A.; BAT, L.; ÖZTEKİN, A.; GÜNDÜZ, S. K.; YÜCEDAĞ, E.; BIÇAK, B. Microplastic Accumulation in Crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz 1823) and Sediments of Durusu (Terkos) Lake (Turkey). **Water Air and Soil Pollution**, v. 233, n. 449, p. 1-17, 2022. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-022-05908-y>.

NELMS, S. E.; GALLOWAY, T. S.; GODLEY, B. J.; JARVIS, D. S.; LINDEQUE, P. K. Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. **Environmental Pollution**, v. 238, p. 999-1007, 2018.

NIHART, A. J. Bioaccumulation of microplastics in decedent human brains. **Nature Medicine**, 2025. ISSN 1546-170X. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03453-1>.

OLIVEIRA, C. W. S.; CORRÊA, C. S.; SMITH, W. S. Food ecology and presence of microplastic in the stomach content of neotropical fish in an urban river of the upper Paraná River Basin. **Rev. Ambient. Água**, v. 15, n. 4, e2551, 2020. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2551>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Relatório da ONU sobre poluição plástica alerta sobre falsas soluções e confirma necessidade de ação global urgente, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/152553-relat%C3%B3rio-sobre-polui%C3%A7%C3%A3o-pl%C3>

[%A1stica-alerta-sobre-falsas-solu%C3%A7%C3%B5es-e-pede-a%C3%A7%C3%A3o-global-urgente](#). Acesso em: 23 fev. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Tudo o que você precisa saber sobre poluição plástica, 2023. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-poluicao-plastica>. Acesso em: 16 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Negociações decisivas sobre poluição plástica começam nesta semana no Canadá, 2024. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/negociacoes-decisivas-sobre-poluicao-plastica-comecam-em-ottawa>. Acesso em: 26 Jul. 2024.

PADUANI, M.; ROSS, M.; ODOM, G. Mangrove Forests of Biscayne Bay, FL, USA may Act as Sinks for Plastic Debris. **Wetland Pollution**, v. 44, n. 32, 2024. <https://doi.org/10.1007/s13157-024-01785-9>.

PAPPOE, C.; PALM, L. M. N. D.; DENUTSUI, D.; BOATENG, C. M.; DANSO-ABBEAM, H.; SERFOR-ARMAH, Y. Occurrence of microplastics in gastrointestinal tract of fish from the Gulf of Guinea, Ghana. **Marine Pollution Bulletin**, v. 182, e113955, 2022. ISSN 0025-326. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113955>.

PARKER, B.; ANDREOU, D.; GREEN, I. D.; BRITTON, J. R. Microplastics in freshwater fishes: Occurrence, impacts and future perspectives. **Fish and Fisheries**, n. 22, p. 467-488, 2021. <https://doi.org/10.1111/faf.12528>.

PARTON, K. J.; GODLEY, B. J.; SANTILLO, D.; TAUSIF, M.; OMEYER, L. C. M.; GALLOWAY, T. S. Investigating the presence of microplastics in demersal sharks of the North-East Atlantic. **Scientific Reports**, v. 10, n. 12204, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-68680-1>. Acesso em: 22 mar 2025.

PARVIN, F; JANNAT, S; TAREQ, S. M. Abundance, characteristics and variation of microplastics in different freshwater fish species from Bangladesh. **Science of the Total Environment**, v. 784, e147137, 2021. ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147137>.

PASTORINO, P.; PREARO, M.; DI BLASIO, A.; BARCELÒ, D.; ANSELMIS, S.; COLUSSI, S.; ALBERTI, S.; TEDDE, G.; DONDO, A.; OTTINO, M.; PIZZUL, E.; RENZI, M.

Microplastics Occurrence in the European Common Frog (*Rana temporaria*) from Cottian Alps (Northwest Italy). **Diversity**, v. 14, n. 2, p. 66, 2022. <https://doi.org/10.3390/d14020066>.

PATIDAR, K.; ALLUHAYB, A.; YOUNIS, A. M.; DUMKA, U. C.; AMBADE, B. Investigation of microplastic contamination in the gastrointestinal tract of fish: A comparative study of various freshwater species. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 136, e103760, 2024. ISSN 1474-7065. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2024.103760>.

PINHEIRO, C.; OLIVEIRA, U.; VIEIRA, M. Occurrence and impacts of microplastics in freshwater fish. **Journal of Aquaculture & Marine Biology**, v. 5, n. 6. 1-4, 2017. <https://doi.org/10.15406/jamb.2017.05.00138>.

POMPÊO, M. L. M.; RANI-BORGES, B.; PAIVA, T. C. B. (org) **Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções**. São Paulo, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2022. 216 p. ISBN: 978-65-88234-11-2. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.researchgate.net/publication/363284529_Microplasticos_nos_ecossistemas_-_impactos_e_solucoes&ved=2ahUKEwiAxcLQzY2PAxXtrpUCHcx5DF0QFnoECCsQAQ&usg=AOvVaw0YrzSsUT8PtIpJvGsAs-Tx. Acesso em: 15 ago. 2025.

PRIMUS, A.; AZMAN, S. Quantification and Characterisation of Microplastics in Fish and Surface Water at Melayu River, Johor. In: IOP CONF. SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, v. 1229, n. 1, art. 012014, 2022. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1229/1/012014>.

QUEVEDO-LÓPEZ, G. R.; OLIVA-HERNÁNDEZ, B. E.; PÉREZ-SABINO, J. F. Identificação de polímeros de microplásticos encontrados no trato digestivo de peixes do Lago de Amatitlán, Guatemala. *O mundo da saúde*, São Paulo, v. 48, e15762023, 2024. ISSN 0104-7809. <http://dx.doi.org/10.15343/0104-7809.202448e15762023P>.

RAGUSA, A.; SVELATO, A.; SANTACROCE, C.; CATALANO, P.; NOTARSTEFANO, V.; CARNEVALI, O.; PAPA, F.; RONGIOLETTI, M. C. A.; BAIOTTO, F.; DRAGHI, S.; D'AMORE, E.; RINALDO, D.; MATTA, M.; GIORGINI, E. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. **Environment International**, n. 146, e106274, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>.

SANTOS, R. Identificação e quantificação de microplásticos na atmosfera do Porto e riscos para a saúde humana. 2024. 1-34 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente) - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2024.

SEQUEIRA, I. F.; PRATA, J. C.; da COSTA, J. P.; DUARTE, A. C.; ROCHA-SANTOS, T. Worldwide contamination of fish with microplastics: A brief global overview. **Mar. Pollut.Bull.**, v. 160, p. 111681, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111681>.

SHAIKH, I. V.; SHAIKH, V. A. E. A comprehensive review on assessment of plastic debris in aquatic environment and its prevalence in fishes and other aquatic animals in India. **Sci. Total Environ**, v. 779, p. 146421, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146421>.

SHETU, M. H.; PARVIN, F.; TAREQ, S. M. Identifying the presence of microplastics in frogs from the largest delta of the world. **Environmental Advances**, v. 11, p. 100355, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100355>.

SILVA, A. A.; SANTOS, F. L. B.; MARQUES, C. O.; ALVES, L. A. S.; SANTOS, A. F.; SANTOS, D. R. F. Análise quali-quantitativa de microplásticos no trato gastrointestinal de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) no reservatório Moxotó-Submédio São Francisco – BA. **Revista Foco**, v. 17, n. 12, e7082, p. 01-25, 2024. <http://dx.doi.org/10.54751/revistafoco.v17n12-024>.

SOBRAL, P.; FRIAS, J.; MARTINS, J. Microplásticos nos oceanos: um problema sem fim à vista. **Ecologia**, v. 3, p. 12-21, 2011. ISSN 16472829. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://saneamento.basico.com.br/wp-content/uploads/2019/08/microplasticos-nos-oceanos.pdf&ved=2ahUKEwj0o4zXz5KMAxXtJrkGHSCvOPIQFnoECCMQAQ&usg=AOvVaw0nM4hVkFpTS6jGXBVrnlYZ>. Acesso em: 17 mar. 2025.

SOUZA, A. L. M. **Mapa da Localização da praia da Fazendinha onde foram realizadas as Coletas**. (Mapa). Macapá: Universidade Federal do Amapá, 2024. Dados fornecidos pelo autor.

SOUZA, G. R. Avaliação da poluição por microplásticos nas águas do Igarapé do Mundo, no ambiente urbano de Manaus. 2020. 17-112 p. Dissertação (Mestrado Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020.

SOUZA, T. L.; PAROLIN, M.; CRISPIM, J. Q. Sobre as pesquisas de microplásticos na atmosfera, o que sabemos? *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 15, p. 360-387, 2024. ISSN 1984-4891. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/Observatorium/article/view/73349>. Acesso em: 17 mar. 2025.

SPINACÉ, M. A. S.; DE PAOLI, M. A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Quim. Nova*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000100014>.

SUSSARELLU, R.; SUQUET, M.; THOMAS, Y.; LAMBERT, C.; FABIUUX, C.; PERNET, M. E. J.; GOÏC, N. L.; QUILLIEN, V.; MINGANT, C.; EPELBOIN, Y.; CORPOREAU, C.; GUYOMARCH, J.; ROBBENS, J.; PAUL-PONT, I.; SOUDANT, P.; HUVET, A. Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 113, p. 2430-5, 2016. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1519019113>.

SUWARTININGSIH, N.; SETYOWATI, I.; ASTUTI, R. Microplastics in pelagic and demersal fishes of Pantai Baron, Yogyakarta, Indonesia. *Jurnal Biodjati*, v. 5, n. 1, p. 33-49, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341874489_Microplastics_in_Pelagic_and_Demersal_Fishes_of_Pantai_Baron_Yogyakarta_Indonesia. Acesso em: 14 abr. 2025.

TEIXEIRA, W. R.; TEIXEIRA, L. D. Aspectos negativos dos microplásticos na saúde humana. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO – VIII ENPG, v. 3, 2019, Boqueirão. Anais [...] Boqueirão: Universidade Santa Cecília – UNISANTA, 2019. p. 153. ISSN 2594-6153. Disponível em: <https://periodicos.unisanta.br/ENPG/article/view/1667/1662>. Acesso em: 18 fev. 2025.

THOMPSON, R. C.; OLSEN, Y.; MITCHELL, R. P.; DAVIS, A.; BROWLAND, S. J.; JOHN, A. W. G.; MCGONIGLE, D.; RUSSELL, A. E. Lost at Sea: Where Is All the Plastic?. *Science*, v. 304, n. 5672, p. 838, 2004. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1094559>.

URBANSKI, B. Q.; DENADAI, A. C.; AZEVEDO-SANTOS, V. M.; NOGUEIRA, M. G. First record of plastic ingestion by an important commercial native fish (*Prochilodus lineatus*) in the middle Tietê River basin, Southeast Brazil. *Biota Neotrop*, v. 20, n. 3, e20201005, 2020. ISSN 1676-0611. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1005>.

- VEIGA, J. M.; FLEET, D.; KINSEY, S.; NILSSON, P.; VLACHOGIANNI, T.; WERNER, S.; GALGANI, F.; THOMPSON, R. C.; DAGEVOS, J.; GAGO, J.; SOBRAL, P.; CRONIN, R. **Identifying Sources of Marine Litter**. EUR 28309 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. JRC104038. ISSN 1831-9424. Disponível em: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC104038>. Acesso em: 21 Set. 2025.
- VENDEL, A. L.; BESSA, F.; ALVES, V. E. N.; AMORIM, A. L. A.; PATRÍCIO, J.; PALMA, A. R. T. Ingestão generalizada de microplásticos por comunidades de peixes em regiões tropicais estuários sujeitos a pressões antrópicas. *Marine Pollution Bulletin*, v. 117, p. 448–455, 2017. ISSN 0025-326X. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.081>.
- VIANA, C. R. S.; JUNIOR, E. S. O.; SANTOS, M. F.; LÁZARO, W. L.; LIZIERI, C.; MUNIZ, C. C. Among macrophytes and microplastics: diet of Crustacea *Decapoda Dilocarcinus pagei* (Stimpson, 1861) and *Trichodactylus petropolitanus* (Göldi, 1886) in the Pantanal region of Cáceres - MT. **Research, Society and Development**, Brasília, v. 12, n. 2, e29012240148, 2023. ISSN 2525-3409. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i2.40148>.
- WANG, Q.; WANGJIN, X.; ZHANG, Y.; WANG, N.; WANG, Y.; MENG, G.; CHEN, Y. The toxicity of virgin and UV-aged PVC microplastics on the growth of freshwater algae *Chlamydomonas reinhardtii*. **Science of the Total Environment**, v. 749, e141603, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141603>.
- WANG, X.; ZHAO, Y.; ZHAO, L.; WAN, Q.; MA, L.; LIANG, J.; LI, H.; DONG, J.; MAN ZHANG, M. Effects of microplastics on the growth, photosynthetic efficiency and nutrient composition in freshwater algae *Chlorella vulgaris* Beij. **Aquatic Toxicology**, v. 261, e106615, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2023.106615>.
- WICAKSONO, E. A.; WERORILANGI, S.; GALLOWAY, T. S.; TAHIR, A.; Distribution and Seasonal Variation of Microplastics in Tallo River, Makassar, Eastern Indonesia. **Toxics**, v. 9, n. 129, 2021. <https://doi.org/10.3390/toxics9060129>.
- WU, Y.; GUO, P.; ZHANG, X.; ZHANG, Y.; XIE, S.; DENG, J. Effect of microplastics exposure on the photosynthesis system of freshwater algae. **Journal of Hazardous Materials**, v. 374, p. 219-222, 2019. ISSN 0304-3894. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.04.039>.

WU, J.; LAI, M.; ZHANG, Y.; LI, J.; ZHOU, H.; JIANG, R.; ZHANG, C. Microplastics in the digestive tracts of commercial fish from the marine ranching in east China sea, China. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, v. 2, e100066, 2020. ISSN 2666-0164. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100066>.

YIN, X.; WU, J.; LIU, Y.; CHEN, X.; XIE, C.; LIANG, Y.; LI, J.; JIANG, Z. Accumulation of microplastics in fish guts and gills from a large natural lake: Selective or non-selective?. **Environmental Pollution**, v. 309, e119785, 2022. ISSN 0269-7491. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119785>.

YAO, Y.; GLAMOCLIA, M.; MURPHY, A.; GAO, Y. Characterization of microplastics in indoor and ambient air in northern New Jersey. **Environmental Research**, v. 207, e112142, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112142>.

YOUSUF, F.; BAT, L.; ÖZTEKIN, A.; ALI, Q. M.; AHMED, Q.; SHAIKH, I. Preliminary observation on microplastic contamination in the Scombridae species from coastal waters of Pakistan. **Marine Science and Technology Bulletin**, v. 11, n. 2, p. 202-211, 2022. e-ISSN: 2147-9666. <https://doi.org/10.33714/masteb.1101875>.

ZANTIS, L.; CARROLL, E.L.; NELMS, S.E.; BOSKER, T. Marine mammals and microplastics: A systematic review and call for standardization. **Environmental Pollution**, v. 269, e116142, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116142>.

ZHANG, C.; WANG, J.; PAN, Z.; WANG, S.; ZHANG, L.; WANG, Q.; YE, Q.; ZHOU, A.; XIE, S.; ZENG, F.; XU, G.; ZOU, J. A dosage-effect assessment of acute toxicology tests of microplastic exposure in filter-feeding fish. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 113, p. 154-161, 2021a. ISSN 1050-4648. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.04.010>.

ZHANG, C.; WANG, J.; ZHOU, A.; YE, Q.; FENG, Y.; WANG, Z.; WANG, S.; XU, G.; ZOU, J. Species-specific effect of microplastics on fish embryos and observation of toxicity kinetics in larvae. **Journal of Hazardous Materials**, v. 403, e123948, 2021b. ISSN 0304-3894. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123948>.

ZHANG, S.; WANG, N.; GONG, S.; GAO, S. The patterns of trophic transfer of microplastic ingestion by fish in the artificial reef area and adjacent waters of Haizhou Bay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 177, e113565, 2022. ISSN 0025-326X. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113565>.