



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

LUAN MOURA MIRANDA

**INFLUÊNCIA DO CONSUMO DE MICROPLÁSTICOS NO FATOR DE
CONDIÇÃO E RELAÇÃO PESO- COMPRIMENTO EM PEIXES DA APA DO
CURIAÚ**

MACAPÁ
2025

LUAN MOURA MIRANDA

**INFLUÊNCIA DO CONSUMO DE MICROPLÁSTICOS NO FATOR DE
CONDIÇÃO E RELAÇÃO PESO- COMPRIMENTO EM PEIXES DA APA DO
CURIAÚ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
curso de Bacharelado em Ciências Ambientais,
como requisito para a obtenção no título de
Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Cecile de Souza Gama

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Karina Cardoso
Valverde

**MACAPÁ
2025**

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

M672i Miranda, Luan Moura.

Influência do consumo de microplásticos no fator de condição e relação peso-comprimento em peixes da APA do Curiaú / Luan Moura Miranda. - Macapá, 2025.
1 recurso eletrônico.
39 f.

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

Orientadora: Cecile de Souza Gama.

Coorientadora: Karina Cardoso Valverde.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Ecologia trófica. 2. Plásticos. 3. Poluição ambiental. I. Gama, Cecile de Souza, orientadora. II. Valverde, Karina Cardoso, coorientadora. III. Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

CDD 23. ed. – 363.7392

LUAN MOURA MIRANDA

**INFLUÊNCIA DO CONSUMO DE MICROPLÁSTICOS NO FATOR DE
CONDIÇÃO E RELAÇÃO PESO- COMPRIMENTO EM PEIXES DA APA DO
CURIAÚ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
curso de Bacharelado em Ciências Ambientais,
como requisito para a obtenção no título de
Bacharel em Ciências Ambientais.

Data de aprovação: 29/09/2025.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **CECILE DE SOUZA GAMA**
Data: 28/10/2025 15:41:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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

Prof. Dra. Karina Cardoso Valverde
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP
Co-orientadora

Documento assinado digitalmente
 **GESSICA ZILA BATISTA DOS SANTOS**
Data: 28/10/2025 17:38:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Gessica Zila Batista dos Santos
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP
Avaliadora

Documento assinado digitalmente
 **LUIS MAURICIO ABDON DA SILVA**
Data: 29/10/2025 07:51:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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

Dedico aos meus pais e meus irmãos que sempre me apoiaram em toda a minha caminhada acadêmica e nunca me deixaram desistir dos meus sonhos, dedico também para os meus avós que não puderam acompanhar minha caminhada durante esse período da minha vida, onde estiverem isso foi por vocês também.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder o dom da vida e por sempre ser meu guia no caminho certo, sou grato à Virgem Maria pois nos momentos de dúvidas ela foi meu caminho até Deus.

À minha orientadora Dra. Cecile de Souza Gama por todo o ensinamento que me passou durante três anos de trabalho, por todos os conselhos, todos os “puxões” de orelha e por todo o carinho, toda paciência e incentivo. Obrigado por todos os momentos vividos durante esse tempo de convívio.

À minha coorientadora Dra. Karina Cardoso Valverde que me auxiliou nas correções, e por sempre estar disposta a ajudar.

À Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) que através do curso de Ciências Ambientais me proporcionou experiências, visitas e ensino, aos professores do curso que foram bases na minha formação e por todo o conhecimento que passaram. E por todos os amigos que fiz durante os anos de curso.

Ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA), onde pude realizar a minha iniciação científica que acabou virando este TCC.

Ao Laboratório de Alimentos do IEPA na pessoa do Dr. Antônio Carlos Freitas Souza que disponibilizou suas estufas para que acontecesse a digestão do material para a posterior análise.

Ao Laboratório de Ictiologia do IEPA (LABICTIO), onde fiz amigos, e por todo o suporte para a realização de todos os processos da pesquisa, e por me proporcionar momentos únicos.

Aos meus amigos Thay Castro, Adson Pimentel, Edson Santos, Lucenise Silva, Gabriela Jaster e Amanda Arnaud, que foram pessoas importantes durante o processo, pessoas com quem vivi momentos divertidos, momentos de discussões e “humilhações”, que fortaleceram nossa amizade, espero que nossa amizade dure por anos e possamos sempre contar com a ajuda do outro. Obrigado por serem os melhores amigos que eu já tive. Amo vocês!

Aos meus tios Luciane e Richarle que durante toda a minha caminhada acadêmica me auxiliaram, me deram suporte e me incentivaram a nunca desistir, sou grato por tê-los como tia e tio. E todos os familiares que também me apoiam.

À minha família que é meu pilar, meus pais Vilço e Lucimar, meus irmãos Lana e Victor, e meu cunhado Ruan. Obrigado por acreditarem na minha capacidade e por auxiliarem, me darem forças e sempre me apoiarem. Amo vocês!

INFLUÊNCIA DO CONSUMO DE MICROPLÁSTICOS NO FATOR DE CONDIÇÃO E RELAÇÃO PESO- COMPRIMENTO EM PEIXES DA APA DO CURIAÚ

Autor: Luan Moura Miranda

Orientadora: Cecile de Souza Gama

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Karina Cardoso Valverde

Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais

Macapá, 25 de setembro de 2025

RESUMO

Os plásticos são materiais sintéticos ou semissintéticos que derivam do petróleo, na natureza esse material se transforma em pequenas partículas de plásticos conhecidas como microplásticos e tem duas origens, podendo ser primária que derivam de vários materiais como cosméticos, produtos de limpeza, maquiagem, glitter, esfoliantes e pellet; os microplásticos secundários, que resultam da exposição de plásticos maiores como garrafas, sacolas plásticas, fibras de roupas, cordas, resíduos, entre outros a processos físicos, biológicos e químicos que os fragmentam em milhares de micropartículas. Estudos recentes indicam o consumo acidental de partículas plásticas encontradas no ambiente aquático por diversos grupos animais, principalmente pelos peixes, o que pode causar problemas de saúde e bem-estar dos peixes. A relação peso-comprimento e o fator de condição de peixes é uma ferramenta importante e eficiente para evidenciar mudanças na condição dos peixes, sendo possível, relacioná-los às condições ambientais e aos aspectos comportamentais das espécies. O objetivo desse trabalho é verificar se o consumo de microplásticos por peixes da APA do rio Curiaú afeta o seu bem-estar geral. Os peixes analisados foram coletados com peneiras, malhadeiros e rede de arrasto em outubro de 2022 e 2023 e abril de 2023 e 2024. Os conteúdos estomacais, intestino e brânquias dos peixes coletados foram analisados através de um processo de digestão química por KOH da matéria orgânica para o isolamento das partículas plásticas presentes. Foi feita uma associação entre o consumo inadequado de microplásticos e a relação peso-comprimento e o fator de condição das principais espécies de peixes encontradas para verificar se esse consumo está causando algum déficit no desenvolvimento das espécies. Esse estudo mostrou que o Balneário do Curiaú está sendo afetado pelos microplásticos e que os peixes consomem essas partículas. A poluição por microplásticos na área do Balneário do Curiaú é real, atinge os peixes, mas não afeta seu bem-estar. Os efeitos do consumo de microplásticos não foram observados afetando a relação peso-comprimento dos peixes e seus respectivos fatores de condição.

Palavras-chave: Ecologia trófica, plásticos, poluição ambiental.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da área de estudo.....	19
Figura 2: coleta de campo realizada pelo morador (A); malhadeiras utilizadas (B); espécimes coletados (C).....	20
Figura 3: identificação da espécie <i>Metynnis lippincottianus</i> (A); dissecação da espécies <i>Acestrorhynchus falcistrostris</i> (B); análise no microscópio estereoscópio (C).....	20
Figura 4: preparação do KOH (A); material na estufa (B); filtragem do material (C); análise do material filtrado (D).....	21
Figura 5: Ocorrência de fibras encontradas nos órgãos analisados.....	24
Figura 6 – Distribuição de cores das fibras encontradas.....	24
Figura 7 – Distribuição em tamanho das diferentes cores de fibras encontradas.....	25
Figura 8- Distribuição em tamanho das fibras encontradas.....	25
Figura 9: exemplos de fibras encontradas após digestão com KOH.....	26
Figura 10: relação peso-comprimento das espécies mais abundantes.....	26
Figura 11: Espécies que foram usados para a análise.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espécies e quantidades de indivíduos por espécie.....	23
Tabela 2: Indivíduos analisados por espécie de peixe e seus respectivos valores de microplásticos encontrados (MP), coeficiente de alometria (b), tipo de crescimento atribuído e fator de condição.....	29

LISTA DE ABREVIATURA, SIGLAS E SÍMBOLOS

a: Fator relacionado ao grau de engorda

APA: Área de Proteção Ambiental

b: Coeficiente de alometria

FC: Fator de condição

Ha: Hectares

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

In situ: dentro do trato digestivo

KOH: Hidróxido de potássio

Lp: Comprimento padrão

Malhadeiras: rede de emalhar

mm: Milímetros

MPs: Microplásticos

ONU: Organização das Nações Unidas

OMS: Organização Mundial da Saúde

PUDs: Plásticos de uso único

UNEP: UN ENVIRONMENT PROGRAMME – Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente

µm: Micrômetro

WWF: WORLD WIDE FUND FOR NATURE- Fundo Mundial para a Natureza

Wt: Peso

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 POLUIÇÃO PLÁSTICA	14
3.2 MICROPLÁSTICOS	15
3.3 POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICO.....	16
3.4 CONSUMO DE MICROPLÁSTICOS	16
3.5 RELAÇÃO PESO-COMPIMENTO E FATOR DE CONDIÇÃO	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 ÁREA DE ESTUDO	19
4.2 AMOSTRAGEM	19
4.3 PROCESSOS NO LABORATÓRIO	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6 CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Plásticos são produtos feitos por material sintético ou polímeros naturais semissintéticos produzidos a partir de produtos químicos que derivam de petróleo. Eles são de baixo custo, leves duráveis e com resistência à corrosão (Boucher; Friot, 2017) e seu uso encontra-se difundido por diversos tipos de produtos, seja na alimentação, vestuário, entretenimento, entre outros. 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 e paisagens.

O plástico descartado incorretamente em estradas, ruas e aterros a céu aberto são transportados pela chuva para os corpos d'água (Faure *et al.*, 2015). Uma vez na água, os plásticos podem ficar presos em estruturas do leito do rio, nas margens, arbustos, árvores e falésias, ou são levados pela corrente para as várzeas, ou ficam aprisionados em sedimentos adjacentes (Azevedo Santos *et al.*, 2021).

Recentemente tem-se observado a presença de pequenas partículas plásticas em diferentes ecossistemas, principalmente nos ambientes aquáticos. Dentre todo o espectro de poluição plástica, destacam-se os microplásticos que são comumente definidos como partículas plásticas com diâmetro entre 0,1 e 5 mm (Pompêo *et al.*, 2022), e são classificados de acordo com a sua origem, podendo ser primários como os cosméticos (shampoo, batom, espuma de barbear, entre outros), produtos de limpeza, esfoliantes e remédios de difícil observação ou secundários, que são os destroços resultantes de micro e macro fragmentação, sujeitos a forças mecânicas, oxidação e processos fotoquímicos (Mathalon; Hill, 2014).

A relação peso-comprimento de peixes é uma maneira fácil e rápida de descrever o crescimento, sem levar em conta a idade do peixe. Tem sido usada para converter comprimento em peso, conhecendo-se o comprimento, ou vice e versa (Nomura, 1962), como sendo uma das etapas para o estudo do fator de condição (Braga, 1986, 1993, 1997). Este parâmetro é uma ferramenta importante e eficiente para evidenciar mudanças na condição dos peixes ao longo dos anos, podendo ser usado para indicar o período reprodutivo, períodos de alterações alimentares e de acúmulo de gordura (Gomiero; Braga, 2003, 2005, 2006), assim como mudanças sazonais nas condições do ambiente (Braga *et al.*, 1985).

O fator de condição é um índice muito utilizado em estudos de biologia pesqueira, pois indica o grau de bem-estar do peixe frente ao ambiente em que vive (Braga, 1986). O fator de condição reflete aspectos nutricionais recentes e/ou gastos de reservas em atividades cíclicas, sendo possível, relacioná-lo às condições ambientais e aos aspectos comportamentais das

espécies (Vazzoler, 1982).

O alto nível de produção mundial de polímeros sintéticos e a presença de seus produtos na vida cotidiana fez do plástico o produto mais abundante no ambiente.

Uma grande quantidade de peixes marinhos foi registrada ingerindo microplásticos (Bellas *et al.*, 2016; Jovanović, 2017), além de tartarugas (Duncan *et al.*, 2019), aves marinhas (Lavers *et al.*, 2019), e mamíferos (Zantis *et al.*, 2021). As consequências óbvias dessa ingestão por organismos aquáticos é o bloqueio do trato gastrointestinal, retardo do crescimento, perda reprodutiva e alteração da alimentação (Cole *et al.*, 2015; Nelms *et al.*, 2018; Sussarellu *et al.*, 2016), além de outras respostas fisiológicas como pressão oxidativa, cirrose, entre outras (Brandts *et al.*, 2018).

Estudos de alimentação natural de peixes podem evidenciar e elucidar os impactos pelos quais os ecossistemas aquáticos estão sujeitos como represamentos, descarga de efluentes entre outros. Recentemente os estudos sobre dieta de peixes têm sido usados para detectar a presença de microplásticos e caracterizar a maior susceptibilidade dos grupos tróficos a esse tipo de poluição. Diante disso temos como hipótese como o consumo de microplástico pode afetar o bem-estar dos peixes, influenciando a relação peso-comprimento e fator de condição das espécies de peixes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste estudo é verificar se o consumo de microplásticos pode afetar o bem-estar dos peixes influenciando a relação peso-comprimento e o fator de condição das espécies de peixes da APA do rio Curiaú.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar e caracterizar o consumo de microplásticos entre as diferentes espécies de peixes presentes na APA do rio Curiaú;
- Determinar o fator de condição e a relação peso-comprimento das principais espécies de peixes coletadas na APA do rio Curiaú;
- Registrar a ocorrência de microplásticos nas dietas e brânquias das diferentes espécies de peixes analisadas;
- Comparar a concentração de microplásticos entre as espécies de peixes coletadas de acordo com a sua relação peso-comprimento e o seu fator de condição;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 POLUIÇÃO PLÁSTICA

A poluição causada pelo plástico é um problema ambiental excessivo. Os materiais plásticos são encontrados facilmente nos ambientes e uma grande parte é encontrado no ambiente aquático. A grande quantidade de lixo plástico afeta negativamente as espécies por meio de ingestão, lesões entre outros. (Hartmann *et al.*, 2019).

Na Amazônia brasileira, o plástico representa 15,7% do total de resíduos sólidos. Estima-se que 182.085 toneladas métricas de plástico são despejadas anualmente nos corpos d'água e podem ser transportadas pelo Rio Amazonas até o Oceano Atlântico. Essa poluição faz do Rio Amazonas o segundo mais poluído do mundo, ficando atrás somente do Rio Yangtze, na China (Giarrizzo *et al.*, 2019).

Segundo o Banco Mundial (2018), o plástico representa cerca de 12% do lixo global. Em 2019 foram produzidas aproximadamente 316 milhões de toneladas de plástico, que equivale a um consumo de 53 quilos por pessoa por ano (WWF, 2019).

A poluição por plástico é uma problemática que a cada dia está afetando o meio ambiente, todo dia vemos animais morrendo em decorrência deste material e isso se dá pelo descarte incorreto e pela falta de educação ambiental na sociedade. É possível observar diariamente o descarte de sacolas, cascas de bombons, palitos de pirulito, entre outros materiais plásticos em locais inapropriados.

O principal destino do descarte incorreto são os rios e oceanos. Segundo a ONU (ONUBR, 2018a) 80% da contaminação que atinge os oceanos, são de origem terrestre, o que ressalta a responsabilidade da sociedade nesse processo.

A poluição plástica tem provocado impactos diretos sobre a fauna aquática. Estima-se que, anualmente, cerca de 8 milhões de toneladas de resíduos sejam transportados por rios, sendo que apenas dez cursos d'água são responsáveis por conduzir mais de 90% desses materiais aos oceanos (ONU, 2018).

Para Schnurr *et al.* (2018) os plásticos de uso único (PUDs) representam a maior parte dos itens que compõem o lixo marinho. Com a pandemia de COVID-19, esse problema se intensificou, resultando em um aumento significativo no descarte de luvas, máscaras e embalagens (Unep, 2021c; Dettoni *et al.*, 2020). O impacto foi notável: a produção e o descarte diário de mais de 1,3 milhão de toneladas de plástico, incluindo mais de 3,4 bilhões de máscaras, elevaram a poluição plástica global para 11 milhões de toneladas por ano (Benson, Bassey, & Palanisami, 2021; Unep, 2021a).

Para combater a poluição, é crucial implementar práticas preventivas que ajudem a reduzir o volume de resíduos, além de estratégias de controle para gerenciar o lixo já gerado. Essas estratégias de controle incluem reciclagem, separação, armazenamento, transporte, geração de energia, tratamento e a destinação final de resíduos (Palaniappan, *et al.*, 2010).

Os habitats aquáticos e a comunidade de peixes a eles associada são potencialmente impactados por muitas ações antrópicas que podem ter uma influência direta nos recursos alimentares, distribuição, diversidade, reprodução, abundância, crescimento, sobrevivência e comportamento tanto das espécies de peixes residentes quanto das migratórias (Mc Dowall, 1988). Portanto, as influências direta e indireta dos impactos humanos sobre a ictiofauna reforçam a escolha dos peixes como indicadores biológicos que podem auxiliar na formulação de padrões de qualidade ambiental e ecológica para esses sistemas.

3.2 MICROPLÁSTICOS

Nos últimos anos, foram publicadas revisões sobre a poluição por microplásticos em peixes, principalmente referindo-se a espécies marinhas (Sequeira *et al.*, 2020; Markic *et al.*, 2020), ou discutidos em conjunto com outros compartimentos ambientais em áreas geográficas bem definidas, como o mar Mediterrâneo (Fytianos *et al.*, 2021), o Índico (Shaikh; Shaikh, 2021) ou o mar Amarelo na China (Li; Sun, 2020).

Estas partículas têm sido alvo de uma série de pesquisas ao redor do mundo. À medida que avançam, estes estudos têm demonstrado que os microplásticos podem impactar negativamente organismos expostos a estas partículas resultando em efeitos a nível populacional e, ainda, ecossistêmico (Pompêo *et al.*, 2022).

Recentemente estudos sobre microplásticos vêm ganhando espaço, mas precisamos saber o que são microplásticos. Segundo Costa (2018), microplásticos são partículas de plástico que medem de 1 µm a 5 mm. Podendo ser de duas origens: os microplásticos primários, que derivam de vários materiais como cosméticos, produtos de limpeza, maquiagem, glitter, esfoliantes e pellet; os microplásticos secundários, que resultam da exposição de plásticos maiores como garrafas, sacolas plásticas, fibras de roupas, cordas, resíduos, entre outros a processos físicos, biológicos e químicos que os fragmentam em milhares de micropartículas (Unep, 2016; Cole *et al.*, 2011).

Existem vários tipos de microplásticos de diferentes tamanhos e formatos. Eles podem ser encontrados como microesferas, fibras, fragmentos, pellets, espuma, filme e filamentos, para citar alguns (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012; Wright *et al.*, 2013).

A fragmentação de plásticos em micropartículas eleva a abundância de detritos, o que aumenta a taxa de encontro para a vida selvagem. Essa redução no tamanho das partículas também permite que uma maior variedade de organismos consiga ingerir o material (Law e Thompson, 2014).

3.3 POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICO

O estudo sobre microplásticos ainda é muito recente, diferente do estudo de plástico que acontece há anos. Sabemos que a presença de microplásticos é generalizada, e vestígios são encontrados não apenas em ambientes aquáticos como águas superficiais e profundas, mas também, encontradas em solos, sedimentos e organismos vivos (Chae; An, 2018).

A presença de microplásticos em sedimentos aquáticos e solos próximos a água doce representa ameaça ao meio ambiente, pois essas partículas podem ser distribuídas e acabarem causando impactos negativos aos organismos dessa região (Fossi *et al.*, 2016; Jin *et al.*, 2018).

A água doce é considerada fonte principal de microplásticos que chegam até os mares, sendo que os rios são os principais condutores dessas partículas plásticas (Iannilli *et al.*, 2020). Lagos com tempos longos de retenção d'água tentem a acumular uma grande quantidade de MPs, como foi observado na Mongólia (Free *et al.*, 2024; Iannilli *et al.*, 2020).

Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde) potenciais riscos para a saúde humana estão relacionados aos MPs e são divididas em duas partes. A primeira sendo associada aos perigos das partículas e dos produtos químicos que estão presentes nelas, e a segunda se associa aos riscos que os biofilmes fixados no microplástico podem causar (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019).

Uma grande parte da contaminação por microplástico se dá através da ação humana. No ambiente o tipo de microplástico mais encontrados são as fibras que são provenientes de roupas sintéticas (Defalco *et al.*, 2019).

Evidências de diferentes estudos internacionais apontam que essas fibras constituem a forma predominante de microplástico detectada em peixes (Bellas *et al.*, 2016; Jabeen *et al.*, 2017).

3.4 CONSUMO DE MICROPLÁSTICOS

O pequeno tamanho dos microplásticos representa um risco para a vida marinha, pois permite que eles sejam ingeridos por um grande número de espécies (Cole *et al.*, 2011). Uma vez ingeridos, os aditivos químicos do plástico podem transmitir substâncias tóxicas, tornando-

se perigosos para os organismos.

A ingestão de microplásticos por animais aquáticos, aves marinhas e mamíferos leva ao seu acúmulo na cadeia alimentar. Como resultado, essas partículas chegam aos corpos dos principais predadores, incluindo os seres humanos (Barboza *et al.*, 2018; Nelms *et al.*, 2018).

Foi documentado que uma grande quantidade de peixes marinhos ingere microplásticos (Bellas *et al.*, 2016). O consumo dessas partículas pelos peixes pode ocasionar lesões nas brânquias, bloqueio do trato gastrointestinal, traz uma sensação de saciedade ao animal. Os efeitos se manifestam de formas diferentes, podendo causar a mortalidade repentina, inflamações, danos respiratórios, perda de crescimento, redução de energia e baixa atividade alimentar. Além disso, há riscos de disfunções da imunidade e da neurotransmissão, resultando em anormalidade comportamentais (Strungaru *et al.*, 2019).

Ao consumir os peixes contaminados com MPs os seres humanos também estarão consumindo essas partículas.

3.5 RELAÇÃO PESO-COMPRIMENTO E FATOR DE CONDIÇÃO

Aspectos populacionais, como por exemplo, a estrutura e densidade populacional, são informações importantes e servem de base para o monitoramento do comportamento da populações animais em momentos subsequentes (Aguiar, 2005), principalmente para a avaliação de possíveis impactos causados pelos empreendimentos e ocupação antrópica crescentes em áreas próximas aos corpos d'água.

A relação peso-comprimento é fundamental na biologia pesqueira, ela é importante para o manejo e preservação e oferece informações sobre a autoecologia das espécies (Lizama; Ambrósio, 2003; Vazzoler, 1982).

Esses cálculos permitem transformar peso em comprimento e vice-versa, e a análise do crescimento da espécies através do coeficiente de alometria. A relação peso-comprimento indica padrões nos diferentes estágios da vida das espécies, indica a reprodução e atividades alimentar dos peixes (Weatherley, 1972).

Na relação peso-comprimento o coeficiente b está relacionado com o tipo de crescimento. O coeficiente b da relação peso-comprimento é fundamental para entender o tipo de crescimento de um organismo. Quando o crescimento é isométrico, o peso e o comprimento aumentam de forma perfeitamente proporcional, com o peso crescendo ao cubo do comprimento (relação 3:1), o que resulta em um $b=3$. No entanto, a maioria das espécies não segue essa proporção exata, mudando suas formas corporais à medida que crescem. Qualquer

desvio dessa relação cúbica é classificado como crescimento alométrico. Um valor de b maior que 3 indica um ganho relativo maior de peso, enquanto um valor de b menor que 3 sugere um ganho relativo maior de comprimento (Lizama; Ambrósio, 2003). Pauly (1993) afirma não existir teoria que informe em quais casos os valores estimados de b podem ser esperados abaixo de 3 (alometria negativa) ou acima de 3 (alometria positiva).

O coeficiente de alometria é uma medida que reflete a disponibilidade de recursos naturais no ambiente. Em locais onde os alimentos são mais abundantes, um maior consumo faz com que o coeficiente de alometria se torne elevado (Vazzoler, 1991 apud Araujo; Vicentini, 2001).

Com isso podemos dizer que quanto maior disponibilidade de alimento, maior coeficiente de alometria e se o peixe se alimenta mais, maior o seu ganho em peso. Possivelmente, quanto mais o peixe se alimenta, maior é a ingestão de microplásticos, indicando que seu consumo não é intencional.

O fator de condição é uma medida quantitativa do bem-estar do peixe (Le Cren, 1951), podendo fornecer uma possível relação da sua condição corporal e/ou seu estado fisiológico com o meio em que vive (Gomiero; Braga, 2003); portanto, deve permanecer constante independentemente do tamanho que o peixe possa ter em um determinado período da vida (Gomiero; Braga, 2003).

O crescimento dos peixes, avaliado pelas variações de peso e comprimento, obedece uma determinada relação que, segundo Dulcic e Kraljevic (1996) podem variar ao longo dos anos, devido a mudanças na temperatura, salinidade, disponibilidade de alimento, sexo, entre outros.

4 MATERIAL E MÉTODOS

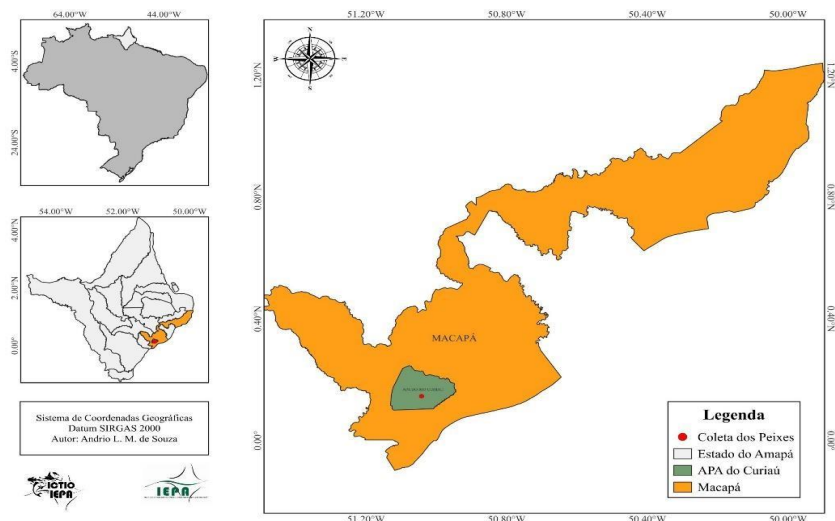
4.1 ÁREA DE ESTUDO

Esse estudo foi realizado no Balneário do Curiaú, 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 na Área de Proteção Ambiental do rio Curiaú (APA do Curiaú) localizada na área de expansão urbana do Município de Macapá, estado do Amapá, Amazônia brasileira (Chellappa *et al.*, 2005) nos arredores das coordenadas 0°8'44.07"N e 51°2'31.58"W (Figura 1). A APA do Curiaú cobre uma área de 23.000 hectares (ha), o que contrasta com sua alta diversidade de ecossistemas como savanas, florestas de terra seca, florestas e várzeas. O rio Curiaú e sua várzea formam um sistema várzea-rio, com estação seca ocorrendo de julho a dezembro, e estação chuvosa de janeiro a junho (Chellappa *et al.*, 2005).

A área de amostragem é constantemente utilizada para recreação e turismo e apesar de não ter descarte de esgoto em abundância, os resíduos plásticos são facilmente avistados no ambiente devido ao uso populacional, como garrafas pet, sacos plásticos fraldas, entre outros.

Figura 1: Mapa da área de estudo.



Fonte: SOUZA, A. L. M. (2024)

4.2 AMOSTRAGEM

Foram realizadas coletas de peixes, nos meses de setembro de 2022 e 2023 e abril de 2023 e 2024, correspondendo aos períodos de estiagem e enchente respectivamente. As coletas foram realizadas na região do balneário por uma equipe de moradores que doaram os peixes coletados que não eram de seus interesses para o IEPA. Em cada coleta foram utilizadas redes

de emalhar (malhadeiras) com malhas variadas de 15 milímetros (mm) a 40 mm, além de tarrafas com malhas de 15 mm e 20 mm, peneiras e anzóis.

Os peixes foram mantidos em caixas térmicas com gelo e quando recebidos pela equipe do Laboratório de Ictiologia do IEPA foram congelados para posterior identificação e tombamento (Figura 2). Os espécimes coletados foram tombados no acervo de peixes da Coleção Científica Fauna do Amapá ao menos um exemplar de cada espécie capturada como testemunho para sua correta classificação científica.

Figura 2: coleta de campo realizada pelo morador (A); malhadeiras utilizadas (B); espécimes coletados (C).



Fonte: Autor (2022).

4.3 PROCESSOS NO LABORATÓRIO

No Laboratório de Ictiologia do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA) os peixes foram descongelados por 30 minutos em temperatura ambiente e então tomadas as medidas de comprimento total e peso corporal. Cada peixe, após identificado, foi dissecado para a retirada de seu trato gastrointestinal a partir do início do esôfago até o ânus. Todo o conteúdo foi transferido para recipientes de vidro. O conteúdo estomacal foi previamente analisado com observação sob microscópio estereoscópico para a identificação da dieta (Figura 3).

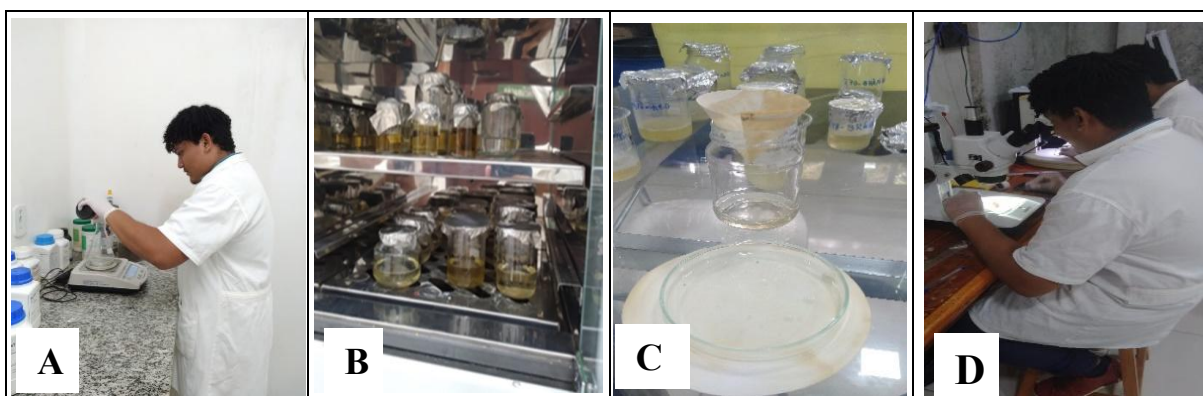
Figura 3: identificação da espécie *Metynnis lippincottianus* (A); dissecação da espécies *Acestrorhynchus falcistrostris* (B); análise no microscópio estereoscópio (C).



Fonte: Autor (2022).

Após a análise macroscópica do conteúdo estomacal, esse conteúdo foi tratado com uma solução de 10% de hidróxido de potássio (KOH), aquecido a uma temperatura de 60°C por 24 horas sendo agitado periodicamente (Suwartiningsih, 2020), que segundo Duflos *et al.* (2017) é o protocolo mais eficaz para a digestão da matéria orgânica e preservação das características dos plásticos. O mesmo procedimento foi realizado com os intestinos e brânquias. Após a digestão, a solução final foi filtrada em papel filtro qualitativo (80g, 125 mm) e o material filtrado foi transferido para uma placa de petri e analisado sob estereomicroscópio para sua classificação de acordo com seu tipo (fibra, fragmento ou pellet) (GESAMP 2019), e para a medição do tamanho de cada elemento (figura 4).

Figura 4: preparação do KOH (A); material na estufa (B); filtragem do material (C); análise do material filtrado (D).



Fonte: Autor (2022 e 2023).

4.4 ANÁLISES DE DADOS

Para testar a significância dos diferentes níveis de ingestão de microplásticos entre as espécies de peixes analisadas foi utilizada uma análise multivariada de variância e o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$) (Bessa *et al.*, 2018). A análise de correlação de Spearman foi usada para testar as possíveis relações entre a ocorrência de microplásticos na dieta e o peso e comprimento do peixe por espécie Khan; Setu (2022). Para a relação peso-comprimento foi aplicada a fórmula: $Wt = a \times Lp^b$

(Le Cren, 1951), onde Wt corresponde ao peso, Lp , ao comprimento padrão, a , ao fator relacionado com o grau de engorda dos indivíduos e b ao coeficiente de alometria, relacionado com a forma do crescimento dos indivíduos. Os valores de a e b foram estimados a partir do método dos mínimos quadrados (modelo preditivo), após transformação logarítmica na base neperiana da seguinte equação:

$$\ln Wt = \ln a + b \times \ln Lp$$

O expoente b deve ter valores entre 2,5 e 3,5 (normalmente 3); quando $b=3$ o crescimento em peso é isométrico; quando $b \neq 3$ o crescimento é considerado alométrico, que pode ser positivo ($b > 3$) ou negativo ($b < 3$) (King, 1996). Essas diferenças entre os valores de b encontrados e o valor 3 padrão foram testadas usando-se o teste t de Student (Zar, 1996).

O fator de condição (K) foi calculado através da expressão: $K = Wt / Lp^b$ (Santos, 1978).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 303 espécimes de peixes de 23 diferentes espécies (Tabela 1). Cada indivíduo teve seu conteúdo estomacal e as brânquias analisadas. Todas as espécies apresentaram algum consumo de microplástico e 85% dos indivíduos apresentaram microplásticos em pelo menos uma das amostras.

A alta frequência de MPs no estudo atual é semelhante aos valores relatados por Miranda *et al.* (2025) (em 95,9% de 122 indivíduos), Aunurohim *et al.* (2023) (99% de 74 indivíduos) e Suwartiningsih *et al.* (2020) (97,5% de 80 indivíduos), mas superior aos encontrados em outros estudos sobre dieta de peixes, como por Khan e Setu (2022) (76% de 45 indivíduos) e Vendel *et al.* (2017) (9% de 2.233 indivíduos). Essa discrepância pode ser explicada em parte pelo uso do protocolo desenvolvido por Dehaut *et al.* (2016), que destaca pequenas partículas plásticas que não podem ser observadas *in situ* (ou seja, dentro do trato digestivo e seu conteúdo). Os MPs também aderem ao muco dos filamentos branquiais, sendo essa aderência extremamente difícil sua visualização, mesmo ao microscópio (Miranda *et al.* 2025). A digestão química da matéria orgânica deixa apenas a matéria inorgânica visível, como sedimentos ingeridos e materiais sintéticos, evidenciando a ocorrência de MPs.

Tabela 1: Espécies e quantidades de indivíduos por espécie.

Espécie	n	MP	Espécie	n	MP
<i>Acaronia nassa</i>	8	18	<i>Heros severus</i>	2	12
<i>Acestrorhynchus altus</i>	5	34	<i>Hoplais malabaricus</i>	16	40
<i>Acestrorhynchus falcistrostris</i>	20	95	<i>Laetacara</i> sp.	1	7
<i>Aequidens</i> sp.	2	10	<i>Leporinus friderici</i>	3	6
<i>Anadoras regani</i>	1	6	<i>Mesonauta acora</i>	15	58
<i>Astyanax bimaculatus</i>	13	37	<i>Metynnis lippincotyanus</i>	51	160
<i>Bryconops melanurus</i>	39	207	<i>Satanoperca jurupari</i>	46	144
<i>Crenicichla johanna</i>	10	20	<i>Serrasalmus</i> sp.	2	8
<i>Crenicichla</i> sp.	7	58	<i>Serrasalmus maculatus</i>	1	7
<i>Crenicichla</i> cf. <i>johanna</i>	4	27	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	1	4
<i>Curimata cyprinoides</i>	1	19	<i>Trachelyopterus coriaceus</i>	42	78
<i>Geophagus</i> sp.	13	100			

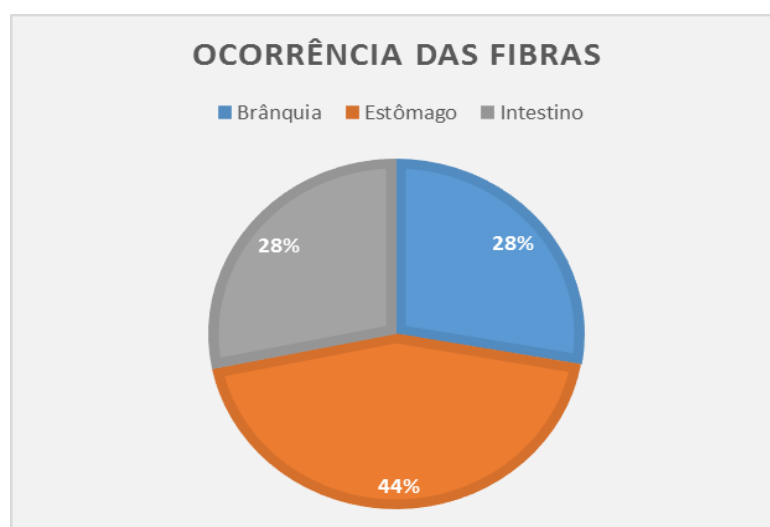
Fonte: Autor (2025)

O teste de normalidade de Kolmogorov Smirnov mostrou que a amostra dos indivíduos da comunidade analisada segue uma distribuição normal ($W=0,210076$; $\alpha=0,05$) que seria um requisito para o uso de análises paramétricas, porém devido à baixa amostragem realizada,

optou-se pela utilização de testes não paramétricos para as análises, gerando maior força às análises.

Foram encontradas 1155 partículas de microplásticos, todas classificadas como fibras, seguindo a predominância desse tipo de poluente encontrada em outros estudos similares (Miranda *et al.* 2025 Jabeen *et al.*, 2016; Gomez *et al.*, 2020; Pappoe *et al.*, 2022), distribuídas em 72 % no trato digestivo (44 % no estômago e 28% no intestino) e 28% nas brânquias (Figura 5) mostrando que as fibras são microplásticos mais abundantes no ambiente. É importante analisar as brânquias, pois elas estão em contato diretamente com o ambiente e se torna mais propícia para serem contaminadas com microplásticos.

Figura 5: Ocorrência de fibras encontradas nos órgãos analisados.



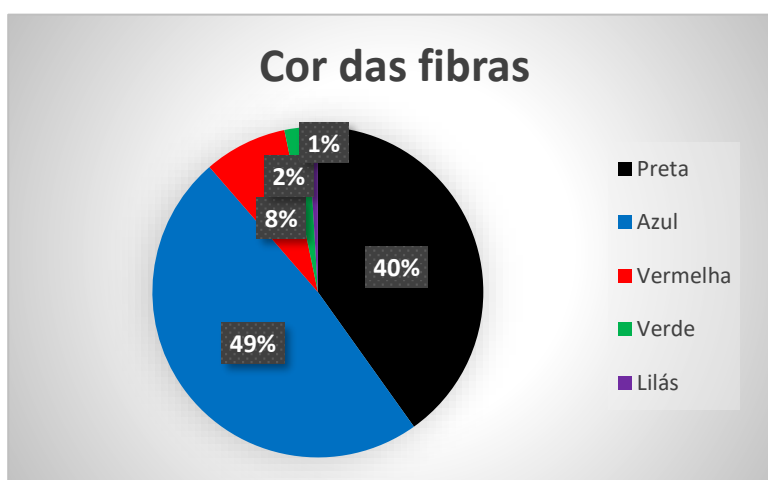
Fonte: Autor (2025)

Conforme Parker *et al.* (2021), a ocorrência de microplásticos em brânquias, estômagos e intestinos de um mesmo peixe indica que as partículas contaminam o organismo por mais de uma via. A primeira via é passiva, e ocorre quando o plástico se acumula no muco das brânquias durante a respiração ou natação e a segunda é ativa, que ocorre durante a atividade alimentar, em que a ingestão pode ser voluntária ou não.

Nas fibras encontradas observamos a predominância das cores azul e preta (49% e 40% respectivamente) (Figura 6), em seguida a cor vermelha com 8%, verde 2% e lilás 1%. Essa distribuição geral das cores foi basicamente a mesma considerando-se o tamanho das fibras, onde para todas as classes de tamanho encontradas observamos a predominância da cor azul, seguida da cor preta (Figura 7).

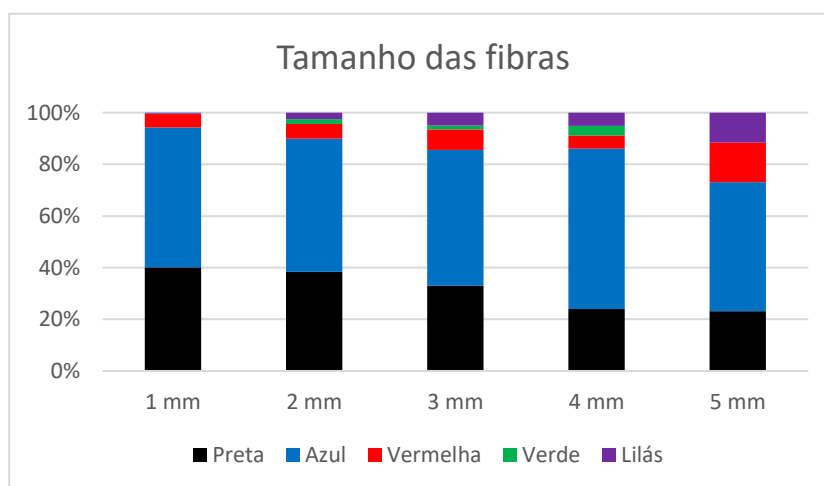
As fibras verdes não foram encontradas medindo 1 ou 5mm e as fibras de cor lilás não foram encontradas com tamanho de 1mm.

Figura 6 – Distribuição de cores das fibras encontradas.



Fonte: Autor (2025)

Figura 7 – Distribuição em tamanho das diferentes cores de fibras encontradas.

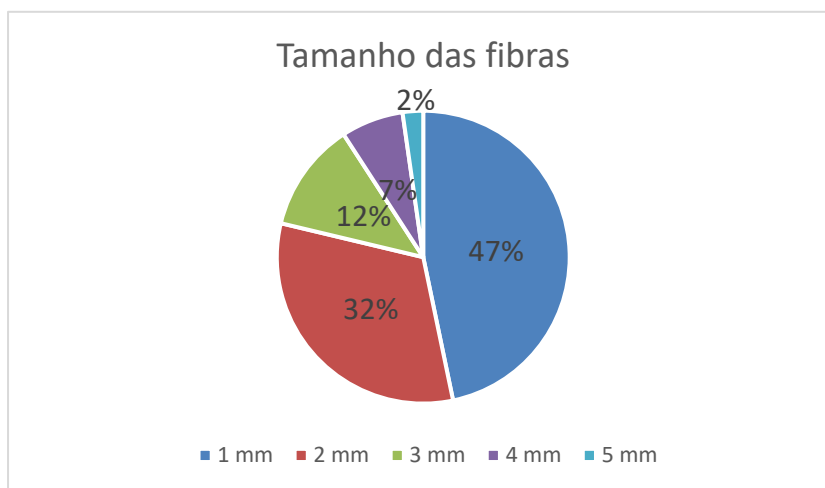


Fonte: Autor (2025)

Ainda com relação ao tamanho das fibras, encontramos uma predominância das fibras menores, com 79% medindo entre 1 e 2 mm (Figura 8). A maior ocorrência de partículas menores na dieta dos peixes é um resultado preocupante, pois à medida que o tamanho das partículas de plástico diminui, elas liberam mais produtos químicos móveis e biodisponíveis (MacLeod *et al.* 2021), levando a uma poluição mais grave e pouco reversível do que aquela

produzida quando entraram no ambiente pela primeira vez (Wang *et al.*, 2025).

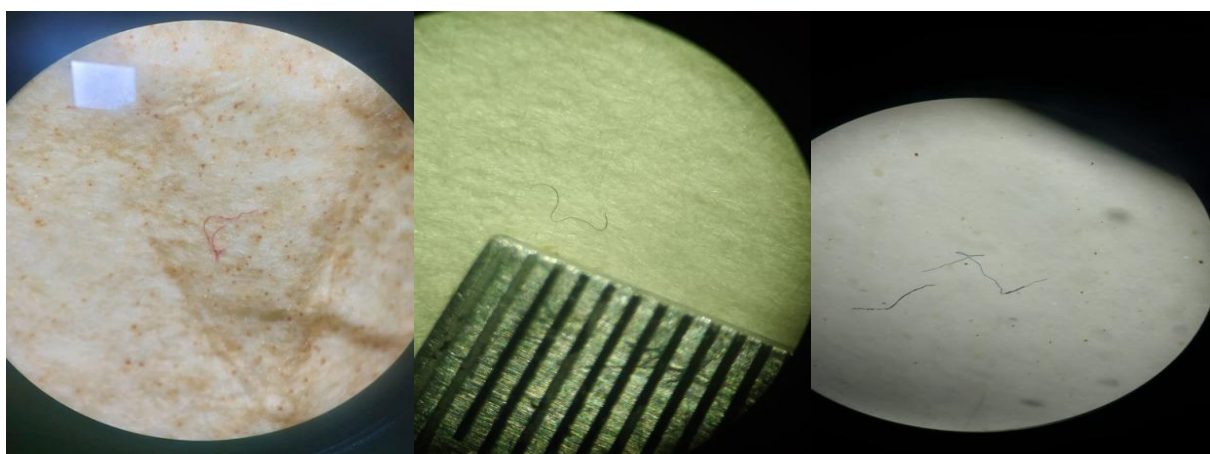
Figura 8- Distribuição em tamanho das fibras encontradas.



Fonte: Autor (2025)

As fibras encontradas foram armazenadas em pequenos recipientes no laboratório de ictiologia do IEPA. Na figura 9 estão alguns exemplos de fibras coletadas nas amostras dos peixes da APA do curiaú.

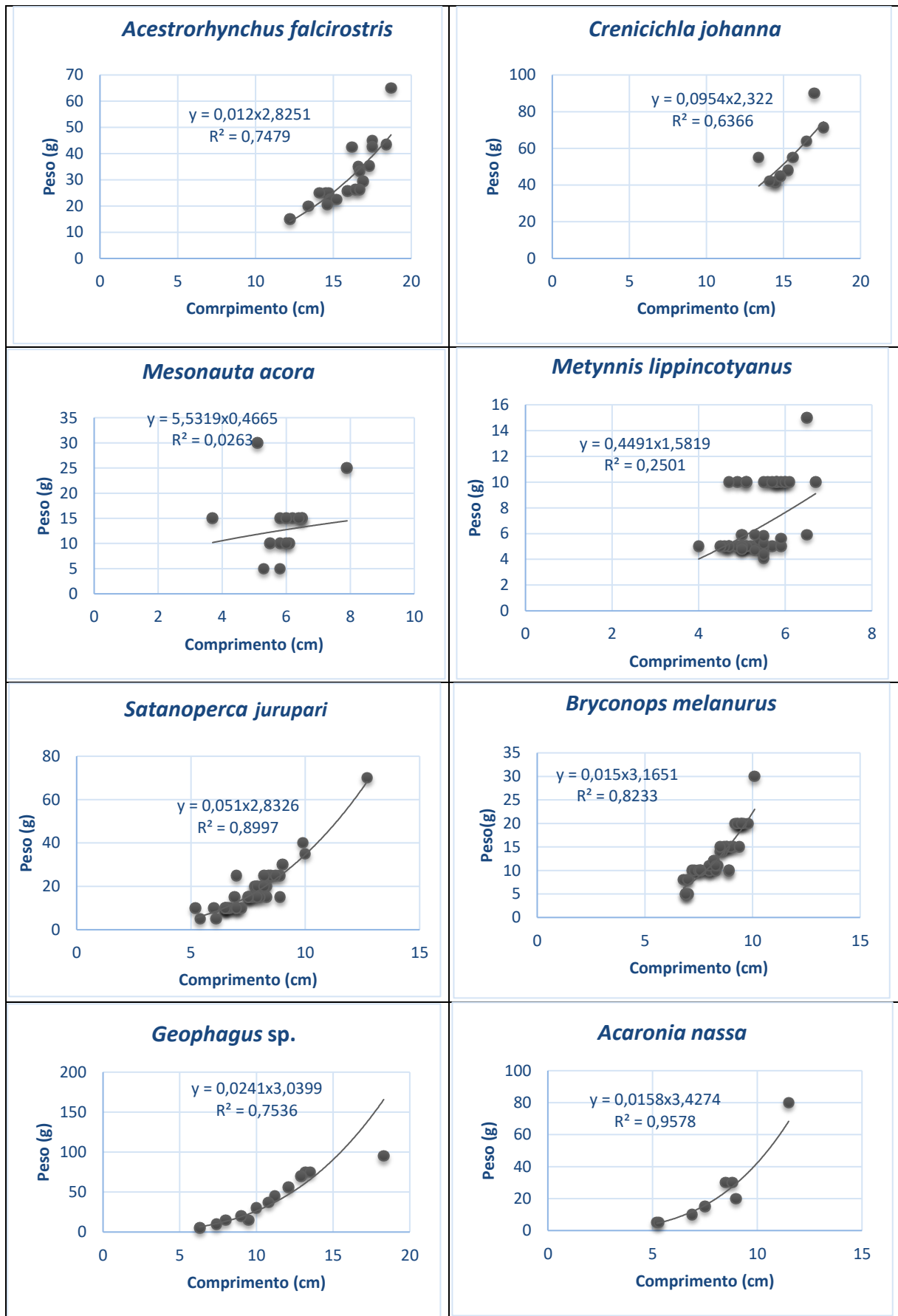
Figura 9: exemplos de fibras encontradas após digestão com KOH.

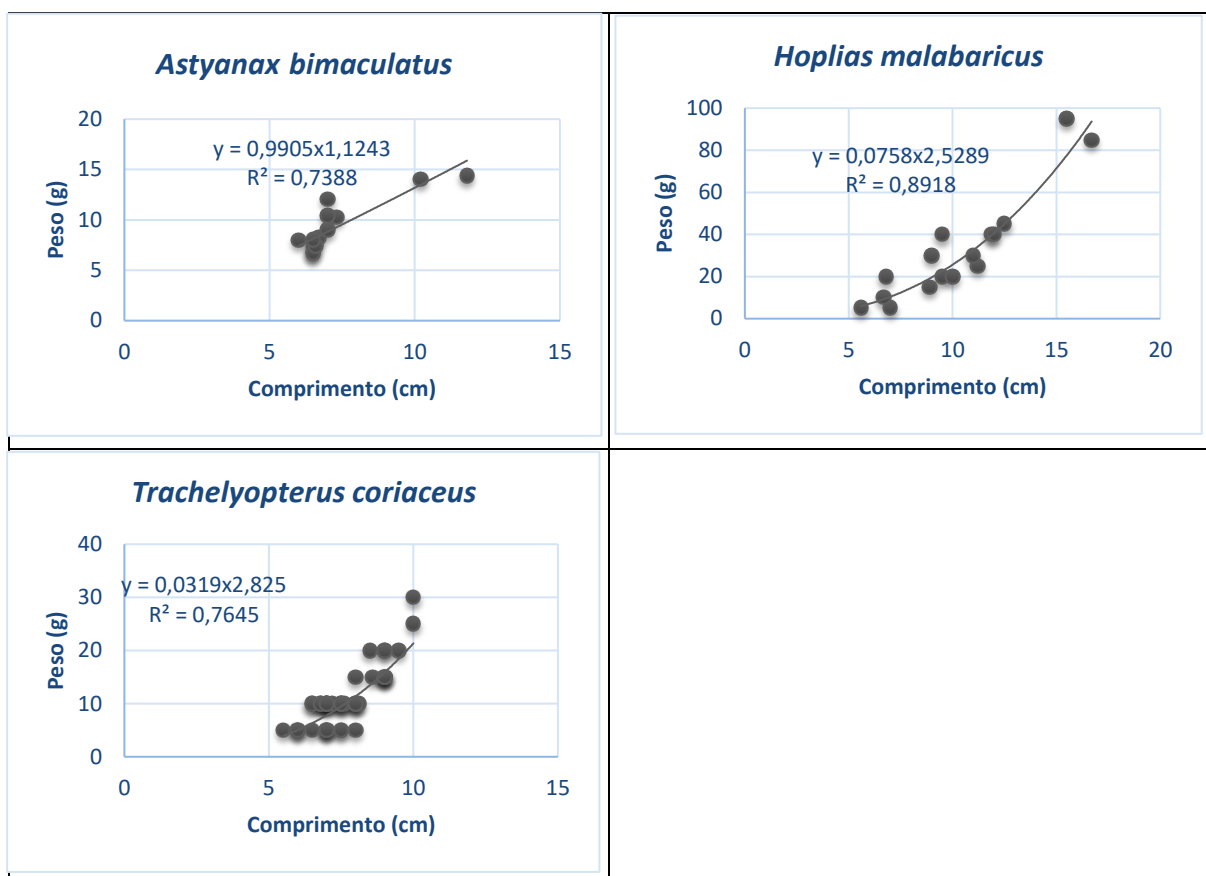


Fonte: Autor (2022)

A fórmula da relação peso-comprimento foi aplicada para descobrir o fator de condição e o coeficiente de alometria. Na figura 10 é possível observar as relações calculadas entre as espécies.

Figura 10: relação peso-comprimento das espécies mais abundantes.





A Tabela 2 mostra as espécies de peixes que tiveram número total suficiente de indivíduos amostrados que possibilitasse os cálculos do fator de condição, como apresentados na Figura 7. Foi assumido que apenas as espécies com ocorrência a partir de 8 indivíduos participariam dessas análises estatísticas. Observamos o valor de b , que representa o coeficiente de alometria das espécies, reflete a disponibilidade de alimento no ambiente que vai influenciar o tipo crescimento dos indivíduos. Os valores encontrados mostram as espécies com o coeficiente menor que 3, que apresentam um crescimento alométrico negativo, ou seja, quando o ganho de comprimento dessas espécies é maior que o ganho de peso devido à menor disponibilidade de recursos no ambiente (Gama, 2015) e as espécies com crescimento alométrico positivo, com valores de b maiores que 3, quando o ganho de peso é maior que o ganho em comprimento, o que reflete a maior disponibilidade de alimento causada pelo período chuvoso (Gama, 2015).

Observa-se, pelos dados apresentados na Tabela 2, que os peixes com menor contaminação relativa de Microplásticos (MP/n) tendem a apresentar crescimento alométrico negativo, que com exceção da espécie *Acaronia nassa*, foram os peixes coletados no período de estiagem (coletas 1 e 3). Santos *et al.* (2006) comentam que é provável o fator de condição

variar em função de fatores como disponibilidade e aproveitamento de alimentos pelos indivíduos ao longo do ano, não havendo influências da variação sazonal do crescimento e desenvolvimento dos ovários das fêmeas. O regime hidrológico dos corpos d'água estudados é bem definido, com uma estação chuvosa (dezembro a junho) e uma estação seca (julho a dezembro) denominadas inverno e verão, respectivamente. Como estas condições determinam a disponibilidade de recursos disponíveis aos peixes no ambiente, é esperado encontrar uma relação entre o fator de condição e as estações analisadas.

Miranda *et al.* (2025) também encontraram menor consumo de MP pelos peixes durante a estiagem na área do Curiaú, explicando que nessa época o ambiente disponibiliza menos recursos e a atividade alimentar do peixe diminui, levando ao crescimento alométrico negativo, menor ingestão de alimentos e consequentemente menor ingestão de MPs.

Quando realizamos o teste de correlação de Spearman, comparando os valores de MP x b e MP x FC da Tabela 2 verificamos que não existe uma correlação ($\alpha=0,05$) entre os valores totais de partículas de microplásticos consumidas e os valores encontrados para o fator de condição ($f=0.843485011$) e o coeficiente de alometria das espécies ($f=0.530306$). Realizando o mesmo teste entre MP/n x b ($f=0,602948$) e MP/n x FC ($f=0,9534345$), verificamos que também não há correlação entre as variáveis. Isso mostra que apesar de podermos observar uma tendência de os peixes apresentarem menor consumo de MP durante o período de estiagem e maior consumo durante a cheia, não observamos uma associação entre esse consumo e o Fator de Condição dos peixes ou em seu coeficiente de alometria.

Tabela 2: Indivíduos analisados por espécie de peixe e seus respectivos valores de microplásticos encontrados (MP), coeficiente de alometria (b), tipo de crescimento atribuído e fator de condição

Espécies	n	MP	MP/n	b	Crescimento	Fator de condição	Período
<i>Acaronia nassa</i>	8	18	2,25	3,42	Alométrico positivo	0,01	Estiagem
<i>Acestrorhynchus falcistrostris</i>	20	95	4,75	2,82	Alométrico negativo	0,0121	Estiagem
<i>Astyanax bimaculatus</i>	13	37	2,84	1,12	Alométrico negativo	1,00	Estiagem
<i>Bryconops melanurus</i>	39	207	5,30	3,16	Alométrico positivo	0,01	Cheia
<i>Crenicichla johanna</i>	10	20	2	2,32	Alométrico negativo	0,09	Estiagem
<i>Geophagus</i> sp.	13	100	7,69	3,03	Alométrico positivo	0,024	Cheia

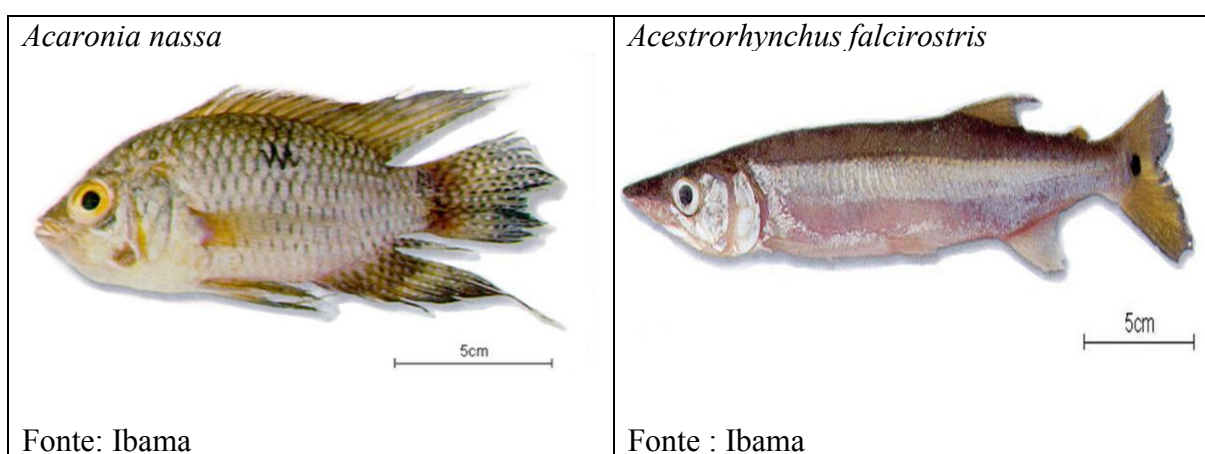
<i>Hoplias malabaricus</i>	16	40	2,5	2,52	Alométrico negativo	0,08	Em ambos
<i>Mesonauta acora</i>	15	58	3,86	0,46	Alométrico negativo	6,14	Estiagem
<i>Metynnis lippincottianus</i>	51	160	3,13	1,58	Alométrico negativo	0,47	Estiagem
<i>Satanoperca jurupari</i>	46	144	3,13	2,83	Alométrico negativo	0,05	Estiagem
<i>Trachelyopterus coriaceus</i>	42	78	1,85	2,82	Alométrico negativo	0,03	Estiagem

É sabido que a ingestão de MPs pode causar efeitos negativos à vida dos 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, prejudicando seu desenvolvimento, sobrevivência e podendo causar a morte (Dimitriadi *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2021a; Hollerova *et al.*, 2023; Khan *et al.*, 2024).

Contudo, se a contaminação observada nos peixes do presente estudo está causando algum desses efeitos nos peixes, esses ainda não estão alterando o seu “bem-estar”, uma vez que diferentes valores observados de consumo de MP não causam alterações significativas no Fator de condição do peixes. No entanto seria importante realizar um acompanhamento do fator de condição desses peixes a médio e longo prazo para verificar se esse consumo de microplásticos pode vir a prejudicar os peixes futuramente.

Na Figura 11 estão as espécies que tiveram o número de indivíduos maior ou igual a 8.

Figura 11: Espécies que foram usados para a análise.



Astyanax bimaculatus

Fonte: Fishbase

Bryconops melanurus

Fonte: autor (2022)

Crenicichla johanna

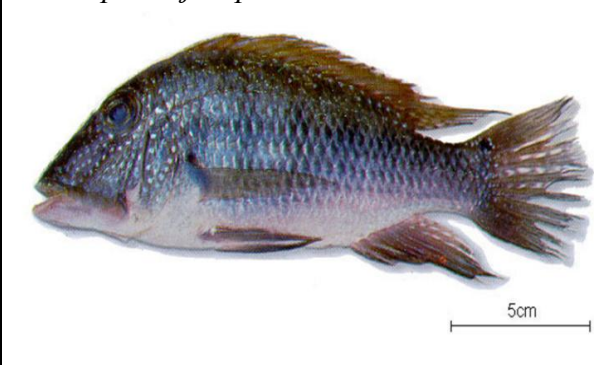
Fonte: autor (2022)

Hoplias malabaricus

Fonte: Fishbase

Metynnis lippincottianus

Fonte: Fishbase

Satanoperca jurupari

Fonte: Fishbase

Trachelyopterus coriaceus

Fonte: Fishbase

Mesonauta acora

Fonte: Fishbase

Geophagus sp.



Fonte: autor (2022)

6 CONCLUSÃO

Esse estudo mostrou que o Balneário do Curiaú está sendo afetado pelos microplásticos e que os peixes consomem essas partículas. A poluição por microplásticos na área do Balneário do Curiaú é real porém não afeta significativamente os peixes amostrados.

Os efeitos do consumo de microplásticos não foram observados afetando a relação peso-comprimento dos peixes e seus respectivos fatores de condição.

O presente estudo contribui fornecendo a base de dados sobre a ingestão de microplásticos por peixes no Balneário do Curiaú, um local frequentado por turistas e pescadores, com um grande valor social e ecológico, mostrando que essa poluição acontece e que são necessários mais estudos para entender os efeitos desse contaminante na biologia dos peixes.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. A. Estrutura e densidade populacional e uso de hábitat por *Dasyatis americana* Hildebrand e Schroeder, 1928 (Chondrichthyes; Dasyatidae) no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil. 2005. 74f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/6548> Acesso em: 05 de novembro 2024.
- AZEVEDO, I. J. G.; MORAES, B. R.; ANDO, R. A.; GUIMARÃES, G. A.; PEROTTI, G. F.; SANT'ANNA, B. S.; HATTORI, G. Y. Microplásticos em catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) e *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) comercializados em Itacoatiara, Amazonas, Brasil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 107, p. 107–119, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10641-024-01517-2>.
- BARBOZA, L. G. A.; LOPES, C.; OLIVEIRA, P.; BESSA, F.; OTERO, V.; HENRIQUES, B.; RAINHA, A. L.; FERNANDES, V. C.; MENDONÇA, R.; CAMPOS, D.; PEREIRA, R.; FERNANDES, J. O.; SOARES, A. M. V. M.; LOURENÇO, H. M.; GUILHERMINO, L. Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. **Marine Pollution Bulletin**, v. 133, p. 336–348, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.026>.
- BENSON, N. U.; BASSEY, D. E.; PALANISAMI, T. COVID pollution: impact of COVID-19 pandemic on global plastic waste footprint. **Heliyon**, v. 7, n. 2, e06343, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06343>
- BESSA, F.; BARRÍ, 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**, v. 128, p. 575–584, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.044>
- BOUCHER, J.; FRIOT, D. Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN; 2017. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en>.
- BRAGA, F. M. S.; BRAGA, M. A. A. S.; GOITEIN, R. Fator de condição e alimentação *Paralichthys brasiliensis* (Osteichthyes, Sciaenidae) na região da Ilha Anchieta (Lat. 23º33'S – Long. 45º05'W) Ubatuba, Estado de São Paulo. **Naturalia**, v. 10, p. 1–11, 1985.
- BRAGA, F. M. S. Análise da equação alométrica na relação peso e comprimento e o fator de condição em *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Sciaenidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 57, n. 3, p. 417–425, 1997.
- BRAGA, F. M. S. Análise do fator de condição de *Paralichthys brasiliensis* (Perciformes, Sciaenidae). **Revista Unimar**, v. 15, n. 2, p. 99–115, 1993.
- BRAGA, F. M. S. Estudo entre o fator de condição e relação peso-comprimento para alguns

peixes marinhos. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 46, n. 2, p. 339-346, 1986.

BRANDTS, I.; TELES, M. Tvarijonaviciute A, Pereira ML, Martins MA, Tort L, *et al.*
2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2018.10.006>

CHAE, Yooeun; AN, Youn-Joo. Current research trends on plastic pollution and ecological impacts on the soil ecosystem: a review. **Environmental Pollution**, v. 240, p. 387-395, 2018. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.05.008

CHELLAPPA, S.; SÁ-OLIVEIRA, J.C.; CHELLAPPA, N.T. Fish fauna of a temporary lake in na Amazonian Conservation Area. **Acta Limnol Bras.**, v. 17, n. 3, p. 283–89, 2005.
Disponível em: <https://app.periodikos.com.br/article/627b113f782aad05cd1891f8/pdf/alb-17-3-283.pdf> Acesso em: 05 de novembro 2024.

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.
Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es504525u#> Acesso em: 21 de outubro 2024.

COLE, Matthew; LINDDEQUE, Pennie; HALSBAND, Claudia; GALLOWAY, Tamara. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. **Marine Pollution Bulletin**, [S.l.], v. 62, n. 12, p. 2588–2597, dez. 2011. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

COSTA, João Pinto da. Micro- and nanoplastics in the environment: research and policymaking. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, [S.l.], v. 1, p. 12–16, fev. 2018. Elsevier BV. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.11.003>

DE FALCO, F.; PEÑA, A.; AMBROSINI, R.; PALLESCHI, G.; COCCA, M. Quantifying shedding of synthetic fibres from textiles: a source of microplastics released into the environment. *Environmental Pollution*, v. 248, p. 1028-1035, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.039>

DEHAUT, A.; CASSONE, A.-L.; FRÈRE, L.; HERMABESSIERE, L.; HIMBER, C.; RINNERT, E.; RIVIÈRE, G.; LAMBERT, C. Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. **Environmental Pollution**, v. 215, p. 223–233, 2016 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.046>

DETTONI, E.; CAVINI, R.; PINHEIRO, V. L.; COSTA, H. A.; GIL, J.; NASCIMENTO, E. Turismo precisa de economia circular de plásticos para sobreviver. ECOA-UOL, **Coluna Opinião**, 2020. Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/colunas/opinioao/2020/11/07/turismo-precisa-de-economia-circular-de-plasticos-para-sobreviver.htm>. Acesso em: 13 de setembro de 2025.

DUNCAN, E.M.; BRODERICK, A.C.; FULLER, W.J.; GALLOWAY, T.S.; GODFREY, 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. DOI: [10.1016/j.envchem.2015.10.018](https://doi.org/10.1016/j.envchem.2015.10.018)

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. DOI: [10.1016/B978-0-12-812271-6.00072-7](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812271-6.00072-7)

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. 12, n. 5, p. 582-591, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1071/EN14218>

FREE, C. M.; JENSEN, O. P.; MASON, S. A.; ERIKSEN, M.; WILLIAMSON, N. J.; BOLDGIV, B. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. **Marine Pollution Bulletin**, v. 85, n. 1, p. 156–163, 2014. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2014.06.001.

FOSSI, M. C.; MARSILI, L.; BAINI, M.; GIANNETTI, M.; COPPOLA, D.; GUERRANTI, C.; CALIANI, I.; MINUTOLI, R.; LAURIANO, G.; FINOIA, M. G.; RUBEGNI, F.; PANIGADA, S.; BÉRUBÉ, M.; URBÁN RAMÍREZ, J.; PANTI, C. Fin whales and microplastics: the Mediterranean Sea and the Sea of Cortez scenarios. **Environmental Pollution**, v. 209, p. 68–78, 2016. DOI: 10.1016/j.envpol.2015.11.022

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. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse9010098>

GAMA, M. F. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) — Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2021. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/8611/2/Disserta%C3%A7%C3%A3o_MarilsonGama_PPGCARP.pdf?utm_source Acesso em: 23 de setembro de 2025.

GIARRIZZO, T.; ANDRADE, M.C.; SCHMID, K.; WINEMILLER, K.O.; FERREIRA, M.; PEGADO, T.; et al. Amazonia: The new frontier for plastic pollution. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 17, p. 309-10, 2019 DOI: <https://doi.org/10.1002/fee.2071>

GESAMP (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean. Londres: GESAMP, 2019.

GOMIERO, L. M.; BRAGA, F. M. S. Fish, Corumbataí and Jacaré-Pepira River basins, São Paulo State, Brazil. **CheckList**, v. 2, n. 1, p. 57-66, 2006. DOI: <https://doi.org/10.15560/2.1.57>

GOMIERO, L. M.; BRAGA, F. M. S. Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla* cf. *ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes: Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, rio Grande - MG/SP. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v. 25, p. 79-86, 2003. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v25i1.2119>

GOMIERO, L. M.; BRAGA, F. M. S. Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla* cf. *ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes: Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, rio Grande - MG/SP. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v. 25, p. 79-86, 2003. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v25i1.2119>

HARTMANN, N. B. et al. Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. **Environmental Science &**

- Technology**, v. 53, n. 3, p. 1039-1047, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.8b05297>
- HIDALGO-RUZ, V.; GUTOW, L.; THOMPSON, R. C.; THIEL, M. Microplásticos no ambiente marinho: uma revisão dos métodos utilizados para identificação e quantificação. **Environmental Science & Technology**, v. 46, p. 3060–3075, 2012. DOI: 10.1021/es2031505
- IANNILLI, Valentina; CORAMI, Fabiana; GRASSO, Patrizia; LECCE, Francesca; BUTTINELLI, Memmo; SETINI, Andrea. Plastic abundance and seasonal variation on the shorelines of three volcanic lakes in Central Italy: can amphipods help detect contamination? **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 27, n. 13, p. 14711–14722, 2020. DOI: 10.1007/s11356-020-07954-7.
- LE CREN, E. D. The length-weight, relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **Journal Animal Ecology**, v. 20, n. 2, p. 201-219, 1951. DOI: <https://doi.org/10.2307/1540>
- LIZAMA, M. de los A. P.; AMBRÓSIO, A. M. Relação peso-comprimento de duas espécies de peixes na bacia do Rio Cuiabá, Pantanal de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, v. 20, n. 3, p. 389-394, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-81752003000300018>
- JABEEN, KHALIDA; SU, LEI; LI, JIANA; YANG, DONGQI; LI, BAOYUN; MU, JINLING. Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. **Environmental Pollution**, v. 221, p. 141-149, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.055>
- JIN, Y.; LU, L.; TU, W.; LUO, T.; FU, Z. Polystyrene microplastics induce microbiota dysbiosis and inflammation in the gut of adult zebrafish. **Environmental Pollution**, v. 235, p. 322–329, 2018. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.12.088
- JOVANOVIĆ, B. Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 13, p. 510-5, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/ieam.1913>
- 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. DOI: 10.32526/enrj/20/202100164
- KING, M. Fisheries biology, assessment and management. **Oxford: Fishing News Books**, 1996.
- 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. 470-4, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.001>
- LAW, Kara L.; THOMPSON, Richard C. Microplastics in the seas. **Science**, v. 345, n. 6193, p. 144-145, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1254065>
- LE CREN, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch, *Perca fluviatilis*. **Journal of Animal Ecology**, 20(2), 201–219.

DOI: <https://doi.org/10.2307/1540> LI, Q.; SUN, X. Progress on microplastics research in the Yellow Sea, China. **Anthr. Coasts**, v. 3, p. 43–52, 2020. DOI: [dx.doi.org/10.1139/anc-2018-0033](https://doi.org/10.1139/anc-2018-0033)

LIZAMA, M. de los A. P.; AMBRÓSIO, A. M. Crescimento, recrutamento e mortalidade do pequi *Moenkhausia intermedia* (Osteichthyes, Characidae) na planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 25, n. 2, p. 329-333, 2003. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/b19c/fce7ac36b525bec12baf133e5db7883b2868.pdf?utm_source Acesso em: 11 de setembro de 2025

MacLeod M, Arp HPH, Tekman MB, Jahnke A (2021) The global threat from plastic pollution. *Science* 373:61-65. 10.1126/science.abg5433

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. DOI: [10.6084/m9.figshare.8797574](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.8797574)

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

MC DOWALL, R.M. **Diadromy in fishes, migrations between freshwater and marine environments**. Croom Helm Publications, London, 1988. DOI: <https://doi.org/10.2307/1310981>

MIRANDA, L. M.; DA SILVA, T. C.; PIMENTEL, A. A.; et al. Ingestão de microplásticos por peixes em uma lagoa de várzea do Rio Curiaú (Macapá, Amapá, Brasil). *Aquatic Sciences*, v. 87, art. 77, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00027-025-01203-0>

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.016>

NOMURA, H. Length-weight tables of some fish species from southern Brazil. **Oceanography Biology**, v. 2, p. 1-84, 1962. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/4052/1/1965_art_hnomuraa.pdf Acesso em: 05 de novembro 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (ONUBR). **Mundo está sendo ‘inundado’ por lixo plástico, diz secretário-geral da ONU. 2018a**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/mundo-esta-sendo-inundado-por-lixo-plastico-diz-secretario-geral-da-onu>. Acesso em: 12 de setembro de 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Our planet is drowning in plastic pollution: This World Environment Day, it's time for a change. 2018**. Disponível em: <https://www.unenvironment.org/interactive/beat-plastic-pollution/pt/> Acesso em: 12 de setembro de 2025

PALANIAPPAN, Meena; GLEICK, Peter H.; ALLEN, Lucy; COHEN, Michael J.; SMITH, Christian Juliet; SMITH, Courtney. **Clearing the waters: a focus on water quality solutions**.

2010. Elaborado pelo Pacific Institute. Disponível em: https://www.pacinst.org/reports/water_quality/clearing_the_waters.pdf. Acesso em 11 de setembro de 2025

PAPPOE, C.; AMOAH, P.; AGYEMANG, M.; et al. Occurrence of microplastics in gastrointestinal tract of fish from the Gulf of Guinea, Ghana. **Marine Pollution Bulletin**, v. 182, art. 113930, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113955>

PARKER, B.; WILLIAMS, A.; HAYES, P.; et al. Microplastics in freshwater fishes: Occurrence, impacts and future perspectives. **Freshwater Biology**, v. 66, n. 1, p. 1–14, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1111/fwb.13712>

POMPÊO, M.; BORGES, B. R.; PAIVA, T. C. B. **Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções**. São Paulo, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 216p. 2022. Disponível em: https://ecologia.ib.usp.br/portal/microplastico/livro_todo.pdf Acesso em: 10 de outubro de 2024

SANTOS, E. P. **Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura**. HUCITEC-EDUSP, São Paulo, 1978.

SANTOS, S. L.; VIANA, L. F.; LIMA-JUNIOR, S. E. Fator de condição e aspectos reprodutivos de fêmeas de *Pimelodella cf. gracilis* (Osteichthyes, Siluriformes, Pimelodidae) no rio Amambai, Estado de Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 129–134, 2006. DOI: 10.4025/actascibiolsci.v28i2.1030.

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. DOI: <https://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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146421>

SCHNURR, R. E. J.; ALBOIU, V.; CHAUDHARY, M.; CORBETT, R. A.; QUANZ, M. E.; SANKAR, K.; SRIN, H. S.; THAVARAJAH, V.; XANTHOS, D.; WALKER, T. R. Reducing marine pollution from single-use plastics (SUPs): a review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 137, p. 157-171, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.001>. Acesso em: 15 de setembro de 2025.

SUSSARELLU, R.; SUQUET, M.; THOMAS, Y.; LAMBERT, C.; FABIUUX, C.; PERNET, M.E.J.; et al. 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. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1519019113>

STRUNGARU, S. A.; JIJIE, R.; NICOARA, M.; PLAVAN, G.; FAGGIO, C. Micro(nano)plásticos em ecossistemas de água doce: abundância, impacto toxicológico e metodologia de quantificação. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 110, p. 116–128, 2019. DOI: 10.1016/j.trac.2018.10.025.

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, May 2020. DOI: [10.15575/biodjati.v5i1.7768](https://doi.org/10.15575/biodjati.v5i1.7768)

UN ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Drowning in plastics: marine litter and plastic waste vital graphics. 2021c. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/36964/VITGRAPH.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2025

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Marine plastic debris and microplastics – global lessons and research to inspire action and guide policy change. Nairobi, 2016. DOI: [10.13140/RG.2.2.30493.51687](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30493.51687)

VAZZOLER, A. E. Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes reprodução e crescimento. Brasília: CNPq. Programa Nacional de Zoologia, 1982. Disponível em: <https://search.worldcat.org/pt/title/14229949> Acesso em: 09 de outubro de 2024.

VENDEL, A. L.; TOMAZZIC, T.; LIMA, A. R. A.; et al. Widespread microplastic ingestion by fish assemblages in tropical estuaries subjected to anthropogenic pressures. **Marine Pollution Bulletin**, v. 117, n. 1-2, p. 448–455, 2017 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.081>

Wang H, Zhu T, Wang J, Liu Y (2025) Microplastic pollution in Pearl River networks: Characteristic, potential sources, and migration pathways. *Water Res* 276:123261. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123261>

WEATHERLEY, A. H. Growth and ecology of fish populations. London: Academic Press, 1972.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. The biology of fish growth. London: Academic Press, 1987.

WRIGHT, S. L.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S. Os impactos físicos dos microplásticos em organismos marinhos: uma revisão. **Environmental Pollution**, v. 178, p. 483–492, 2013. DOI: [10.1016/j.envpol.2013.02.031](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031)

WORLD BANK. *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. 2018. Disponível em: <https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/>. Acesso em: 15 de setembro de 2025.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF). Solucionar a poluição plástica: transparência e responsabilização. 2019. Disponível em: https://promo.wwf.org.br/solucionar-a-poluicao-plastica-transparencia-e-responsabilizacao?_ga=2.61890990.340487679.1578051946-1802114202.157772876 . Acesso em: 15 de setembro de 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Microplastics in drinking-water. Geneva: World Health Organization, 2019. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516198>. Acesso em 15 de setembro de 2025

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, Article No. 116142, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116142>
ZAR, J. H. Biostatistical analysis. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.