



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE

LARISSA GABRIELLE PINHEIRO FERREIRA

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL NO ESTUÁRIO DO RIO DOS
CACHORROS : Bioacumulação E Percepção Do Risco Químico De Metais Em Peixes

São Luís - MA

2025

LARISSA GABRIELLE PINHEIRO FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL NO ESTUÁRIO DO RIO DOS
CACHORROS : Bioacumulação E Percepção Do Risco Químico De Metais Em Peixes**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcelo Henrique
Lopes Silva

São Luís - MA

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Ferreira, Larissa Gabrielle Pinheiro.

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL NO ESTUÁRIO DO RIO
DOS CACHORROS : Bioacumulação E Percepção Do Risco Químico
De Metais Em Peixes / Larissa Gabrielle Pinheiro Ferreira.
- 2025.

90 p.

Orientador(a): Marcelo Henrique Lopes Silva.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do
Maranhão, São Luís, 2025.

1. Contaminação Inorgânicos. 2. Ictiofauna. 3.
Comunidades. I. Silva, Marcelo Henrique Lopes. II.
Título.

LARISSA GABRIELLE PINHEIRO FERREIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovado(a) em:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcelo Henrique Lopes Silva – Orientador
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia

Prof. Dr. James Werllen De Jesus Azevedo- Membro Interno
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia

Prof. Dr. Ulisses Magalhães Nascimento - Membro Externo
Programa de Pós-graduação em Química Analítica

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todo amor e misericórdia.

À minha mãe, Waneide Pinheiro, que por gostar tanto de mim me faz ter coragem para existir. Sempre podemos mais quando sabemos que somos amados.

Aos meus irmãos, Guilherme e Rafael, pelo carinho e pela diversão.

Aos meus avós, Maria e Manoel, pelo cuidado e afeto.

Aos meus amigos Karla, Guilherme, Luciana, Paula e Fabrício, pelo acolhimento, pelas histórias, pela diversão e, sobretudo, pela escuta generosa ao longo do caminho.

Ao Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros, ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Henrique Lopes e ao Prof. Dr. James Werllen, pela coordenação dedicada do laboratório, por buscarem o melhor para o desenvolvimento das pesquisas e pelo incentivo. Aos pesquisadores vinculados ao laboratório, especialmente aos queridos Danielle Viana, Daniela Patrícia, Filipe França, Suzany Pedrosa, Daniele Silva e Scarlleth Salomão, pela partilha dos dias intensos de ciência, café e risadas absolutamente aleatórias.

Ao Prof. Dr. Ulisses Magalhães, pelo apoio essencial no desenvolvimento da pesquisa com metais em peixes, pelo auxílio na aplicação de uma nova metodologia e, sobretudo, pela paciência.

À Profa. Dra. Adenilde Mouchrek, por ter aberto as portas do seu laboratório, permitindo o desenvolvimento de parte fundamental desta pesquisa.

Ao Departamento de Oceanografia e Limnologia (DEOLI) e aos servidores, em especial ao sempre gentil Getúlio Júnior, Rita e Yasmin, por palavras de motivação e conforto nos corredores durante essa jornada.

“Tente parar o rio, e ele transborda.
Tente parar o bom menino, e ele se transforma”

- **BK'**

RESUMO

As zonas costeiras, em especial os estuários, são ambientes vulneráveis aos impactos causados pelo crescimento populacional e pela urbanização desordenada. Essas transformações podem comprometer a qualidade ambiental, gerar riscos à saúde pública e ameaçar a segurança das comunidades que vivem em estreita relação com os recursos naturais. Neste contexto, o presente trabalho investigou a presença de metais potencialmente tóxicos em peixes de importância comercial capturados no estuário do rio dos Cachorros, localizado no município de São Luís, Maranhão, aliando análises ambientais a aspectos sociais e perceptivos da população local. Foram capturados 24 espécimes — 12 de *Sciades herzbergii* (bagre guribu) e 12 de *Cynoscion acoupa* (pescada amarela) — com o auxílio de pescadores locais, utilizando redes de espera. Amostras do tecido muscular dos peixes foram submetidas à digestão ácida e analisadas por espectrometria de emissão óptica com plasma (ICP-OES) para determinação das concentrações metálicas. Os dados obtidos foram submetidos a testes estatísticos e à Análise de Componentes Principais (ACP), além de cálculo do Quociente de Risco (QR) para avaliação de risco à saúde humana. Paralelamente, foi aplicada uma pesquisa de campo com moradores da região, visando investigar a percepção ambiental da comunidade em relação à poluição por metais pesados. As análises laboratoriais indicaram a ocorrência de bioacumulação de metais no tecido muscular dos peixes, revelando um risco real à saúde dos consumidores e à segurança alimentar. A percepção ambiental dos moradores revelou uma relação de forte dependência com o estuário, mas também apontou deficiências no acesso à informação sobre os riscos da poluição, o que reforça a necessidade de estratégias de educação ambiental que promovam o engajamento coletivo. A conservação dos ecossistemas costeiros e a proteção das comunidades tradicionais exigem ações integradas de monitoramento ambiental e diálogo entre ciência, poder público e sociedade civil, promovendo uma gestão participativa e sustentável.

Palavra chave: Contaminação, Inorgânicos, Ictiofauna, Comunidades

ABSTRACT

Coastal zones, particularly estuaries, are vulnerable environments subject to the impacts of population growth and unplanned urbanization. These transformations can compromise environmental quality, pose risks to public health, and threaten the safety of communities that depend closely on natural resources. In this context, the present study investigated the presence of potentially toxic metals in commercially important fish species captured in the estuary of the Rio dos Cachorros, located in the municipality of São Luís, Maranhão, Brazil, integrating environmental analyses with social and perceptual aspects of the local population. A total of 24 specimens were collected — 12 *Sciades herzbergii* c and 12 *Cynoscion acoupa* with the assistance of local fishers using gillnets. Muscle tissue samples were subjected to acid digestion and analyzed by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) to determine metal concentrations. The data were analyzed using statistical tests and Principal Component Analysis (PCA), in addition to calculating the Risk Quotient (RQ) to assess potential human health risks. Concurrently, a field survey was conducted with local residents to investigate the community's environmental perception regarding heavy metal pollution. Laboratory analyses revealed the bioaccumulation of metals in fish muscle tissue, indicating a tangible risk to consumer health and food safety. The environmental perception of residents demonstrated a strong dependence on the estuary, but also highlighted gaps in access to information about pollution risks, reinforcing the need for environmental education strategies that foster collective engagement. The conservation of coastal ecosystems and the protection of traditional communities require integrated actions in environmental monitoring and the establishment of dialogue among science, public authorities, and civil society, promoting participatory and sustainable management.

Keywords: Inorganic, contamination, ichthyofauna, communities

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
OBJETIVOS	16
1. Geral	16
2. Específicos	16
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2. Bacia Hidrográfica do Rio dos Cachorros	17
3. Metais	18
3.1 Caracterização dos metais	20
3.1.1 Alumínio	20
3.1.2 Arsênio	20
3.1.3 Cádmio	21
3.1.4 Cobre	21
3.1.5 Estanho	21
3.1.6 Ferro	21
3.1.7 Manganês	22
3.1.8 Mercúrio	22
3.1.9 Níquel	22
3.1.10 Zinco	23
4. Bioacumulação	23
5. Bioindicadores	24
6. Espécies utilizadas no estudo	25
6.1.1 Bagre guribu (<i>Sciades herzbergii</i>)	25
6.1.2 Pescada amarela (<i>Cynoscion acoupa</i>)	25
Impactos na Saúde Humana	26
7. Percepção ambiental	27
ODS	28
REFERÊNCIAS	32
I. CAPÍTULO I	39
INTRODUÇÃO	39
METODOLOGIA	40
Área de Estudo	40
Amostragem	41
Análise em Laboratório	42
Processamento e Digestão Ácida	42
Procedimentos analíticos	42
Análise dos dados	42
Avaliação de risco	43
RESULTADOS	43
DISCUSSÃO	48

CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	54
II. CAPÍTULO II	58
CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
I. APÊNCIDES	85

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O estado do Maranhão possui a segunda maior zona costeira do Brasil (Silva Reis e Santos, 2020). Os ambientes costeiros, especialmente os estuários, são ecossistemas altamente dinâmicos e produtivos que enfrentam impactos constantes devido às atividades humanas (Silva *et al.*, 2024). Esses ambientes destacam-se pela elevada produtividade biológica e pelo papel essencial como habitats para uma ampla diversidade de organismos (Karthikeyan *et al.*, 2020). A degradação desses ecossistemas tem implicações significativas para a biodiversidade local e compromete a sustentabilidade dos recursos pesqueiros, essenciais para comunidades que dependem diretamente do meio ambiente (Silva *et al.*, 2024).

A contaminação por metais pesados ameaça a saúde dos ambientes aquáticos, uma vez que esses elementos se acumulam nos organismos e podem biomagnificar nas teias alimentares (Quadros, 2010). Frequentemente associados a atividades humanas, como efluentes industriais e mineração, esses contaminantes podem comprometer a qualidade da água e afetar diretamente a biota aquática (Gonçalves, 2024). Considerando que os peixes são uma importante fonte de alimento para os seres humanos, eles representam uma via importante de exposição a metais potencialmente tóxicos (Silva, 2021). Assim, a quantificação das concentrações desses elementos na ictiofauna torna-se essencial para avaliar os riscos ambientais e à saúde humana (Quadros, 2010; Silva, 2021).

Antes da implementação de estratégias para conservar um ecossistema, é necessário avaliar a condição em que esse ambiente se encontra (Kroll, 2019). A utilização de peixes como bioindicadores tem se mostrado uma ferramenta eficiente no monitoramento da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos, especialmente em estudos voltados à determinação e quantificação de metais em áreas sujeitas a intensa atividade humana e industrial (Goulart *et al.*, 2003).

Além da análise direta dos níveis de contaminação em organismos bioindicadores, o compartilhamento desses dados junto às comunidades afetadas é essencial para fomentar a sensibilização ambiental (Souza, 2023). A falta de acesso a informações claras e acessíveis pode dificultar a compreensão dos impactos da poluição, tornando a percepção ambiental um fator-chave para a adoção de medidas de mitigação (Brito *et al.*, 2023). Portanto, integrar o conhecimento científico ao saber local fortalece as estratégias de conservação e contribui para

uma gestão ambiental mais participativa e eficaz (Ferreira da Silva; Socorro da Anunciação, 2023).

A percepção ambiental é um conceito que envolve a maneira como os indivíduos e comunidades interpretam e avaliam os problemas ambientais ao seu redor, com base em seus conhecimentos, experiências e valores (Romão, 2020). As populações que dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência, podem ter uma percepção limitada dos impactos da contaminação por metais pesados (De Oliveira, Da Silva, Tavares, 2020). Essa limitação pode estar relacionada à dificuldade de estabelecer uma correlação direta entre as atividades humanas e os impactos ambientais, especialmente quantos os efeitos da contaminação não são imediatamente visíveis (De Oliveira, Da Silva, Tavares, 2020).

A avaliação da percepção ambiental pode, portanto, desempenhar um papel crucial na formulação de estratégias de educação ambiental e no embasamento de políticas públicas voltadas à mitigação dos riscos associados à contaminação por metais pesados (De Castro Brombilla e Souza, 2024). Programas de monitoramento participativo e iniciativas de sensibilização e divulgação científica acessíveis podem ajudar a minimizar as lacunas entre o conhecimento técnico-científico e a realidade vivenciada pelas comunidades, promovendo maior engajamento na conservação dos recursos hídricos e na segurança alimentar (Chiaravalloti, 2018).

Estudos focados na determinação da concentração de contaminantes na ictiofauna têm o potencial de impulsionar pesquisas semelhantes em outras regiões, contribuindo para o avanço do monitoramento ambiental e o desenvolvimento de estratégias eficazes para a gestão da qualidade da água em São Luís. Além disso, o engajamento da comunidade local é fundamental para assegurar que as medidas adotadas sejam não apenas eficazes, mas também sustentáveis a longo prazo.

Nessa perspectiva, a dissertação foi estruturada da seguinte forma: I. INTRODUÇÃO, II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA (de acordo com as normas para elaboração de dissertações do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente), III. CAPÍTULO 1 intitulado “Bioacumulação de Metais Potencialmente Tóxicos em Peixes Capturados no Estuário do rio dos Cachorros, São Luís, Maranhão”, de acordo com as normas da Revista BioGeofísica IV. CAPÍTULO 2 intitulado “Percepção Ambiental de

uma comunidade costeira da Amazônia Oriental sobre processos de contaminação por metais pesados em ambiente aquático”, submetido a revista Geografia Ensino & Pesquisa e Geografia.

OBJETIVOS

1. Geral

Avaliar a contaminação de metais potencialmente tóxicos no estuário do rio dos Cachorros, por meio da análise do tecido muscular de peixes de importância comercial e da investigação da percepção da população local sobre os riscos associados à poluição ambiental.

2. Específicos

- ✓ Determinar a existência de diferenças entre as concentrações de metais pesados nos peixes analisados;
- ✓ Comparar as concentrações de metais detectadas no tecido muscular dos peixes com os limites máximos toleráveis definido pela ANVISA no âmbito do controle da qualidade sanitária e da segurança alimentar;
- ✓ Analisar o risco da ingestão diária de peixes possivelmente contaminados;
- ✓ Investigar a percepção ambiental da Comunidade do Rio dos Cachorros em relação à presença de metais pesados em peixes.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. Regiões Costeiras e Estuarinas

As Regiões costeiras são unidades que apresentam um grande valor socioeconômico e ambiental, fornecendo importantes serviços ecossistêmicos essenciais ao homem (Nascimento, 2022), promovendo um importante papel na ecologia marinha, e ao que tange a sustentabilidade ambiental e econômica dos recursos naturais (TaveiraPinto *et al.*, 2020; Nascimento, 2022).

O Decreto Nº 5.300/2004, define a zona costeira como:

Art. 3º A zona costeira brasileira, considerada patrimônio nacional pela Constituição de 1988, corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre, com os seguintes limites:

I - faixa marítima: espaço que se estende por doze milhas náuticas, medido a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial;

II - faixa terrestre: espaço compreendido pelos limites dos Municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira.

Devido a extensão territorial do Brasil, a zona costeira brasileira apresenta uma vasta diversidade de seus ecossistemas apresentando manguezais, marismas, dunas, baías, estuários (Diegues, 1999) em aproximadamente 8000 km de costa (De Andrés, 2023). No estado do Maranhão, dentre esses ambientes costeiros pode-se destacar os estuários. (De Andrés, 2018).

As regiões de estuários representam um dos mais importantes e produtivos ecossistemas marinhos, exercendo funções vitais na manutenção e sustentação da biota aquática e pelos diversos serviços ecossistêmicos fornecidos (Treichl, 2022). Os estuários estão localizados na interface continente-oceano que apresentam características dos dois ambientes em questão. É um ecossistema semi-fechado que possui uma conexão livre com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é diluída pela água doce oriunda da drenagem continental (Pritchard, 1952).

2. Bacia Hidrográfica do Rio dos Cachorros

A bacia do rio dos Cachorros localiza-se no sudoeste da ilha de São Luís. Seu curso principal é o rio dos Cachorros, que recebe forte influência das águas da baía de São Marcos, sendo configurado como um ambiente estuarino. (Fushimi, 2022).

O rio dos Cachorros durante o seu curso banha diversas localidades como as comunidades do Cajual, Limoeiro, Porto Grande, Rio dos Cachorros, Vila Maranhão, Taim. A área possui também riachos e igarapés que, juntamente com o rio dos Cachorros, possuem uma grande importância para essas comunidades, principalmente para as população que exerce alguma atividade pesqueira, navegação, abastecimento e/ou lazer. (Santos, 2015; Fushimi, 2022).

A bacia sofre uma considerável interferência antrópica, sendo caracterizada por abrigar um complexo portuário importante para o desenvolvimento econômico do estado, sendo composto por vários terminais marítimos com o Porto do Itaqui, Vale, ALUMAR/ALCOA, e também o distrito industrial da capital, São Luís (Silva, 2016). Esta área também possui atividade mineradora de areia e laterita ativa que também compromete a integridade ambiental da localidade (Santos, 2015).

Área de atuação do presente estudo possui a distribuição das zonas na área de estudo, a maior parte é constituída por **ZRU**- Zona rural, **ZPI**- Zona de proteção integral, **ZI**- Zona industrial, **ZIM**- Zona industrial de mineração, **ZILM**- Zona industrial de logística mista, **ZIPR**- Zona industrial de Porto Reporto e **ZEIS 4**- Zona de interesse social (INCID 2023).

Na grande complexidade de poluentes advindos da ação humana que são encontrados em regiões de estuário, metais e metalóides estão cada vez mais presentes nesses ambientes (Treichl, 2022).

3. Metais

Metais são elementos que têm como principais características a resistência e a condutividade elétrica e térmica. Na indústria, estão presentes em processos físicos e químicos (Lima, 2015). A inserção desses elementos dentro de um ecossistema ocorre por diferentes vias, sendo naturais ou não (Lacerda, 1998, Souza, 2018).

Exemplos de processos naturais que contribuem para o aparecimento de compostos metálicos no solo e na água são o intemperismo e a lixiviação. Somado a isso, temos processos não naturais como a extração e o beneficiamento de metais, rejeitos industriais, uso de agrotóxicos e pesticidas, descarte inapropriado de resíduos sólidos, associadas à contaminação de ambientes por metais (Cruz, 2019; Rocha 2023).

Quando os metais potencialmente tóxicos provenientes de fontes naturais ou de atividades industriais atingem os corpos d'água, eles não sofrem decomposição por ação bacteriana. Como consequência, permanecem no ambiente aquático por longos períodos,

interagindo com os organismos vivos e aumentando o risco de bioacumulação. Do ponto de vista da poluição ambiental, os metais pesados podem ser classificados em três categorias: (1) metais não críticos, considerados essenciais à vida; (2) metais tóxicos pouco solúveis (ou muito raros), com alta toxicidade, mas baixa biodisponibilidade na natureza; e (3) metais muito tóxicos e relativamente disponíveis, que apresentam elevada toxicidade e ampla ocorrência no ambiente (Quadro 1). Essa classificação é útil em trabalhos de monitoramento e remediação em áreas afetadas pela poluição de metais, sendo necessária uma atenção maior nos metais que compõem a da terceira categoria devido ao seu maior potencial de impacto ambiental e risco à saúde humana.

Quadro 1- Classificação dos elementos metálicos de acordo com a sua toxicidade

Categoria	Descrição	Exemplos
Metais não críticos (essenciais à vida)	Metais necessários para funções biológicas, essenciais em pequenas quantidades, mas tóxicos em altas concentrações.	Cobre (Cu): Necessário para formação de hemoglobina e saúde óssea. Ferro (Fe): Essencial para a hemoglobina. Manganês (Mn): Participa na formação de ossos e metabolismo. Zinco (Zn): Importante para o sistema imunológico e enzimas.
Metais tóxicos muito insolúveis (ou muito raros)	Metais com alta toxicidade, mas com baixa biodisponibilidade na natureza, o que limita sua exposição e impacto ambiental.	Arsênio (As): Tóxico, com formas menos absorbíveis. Cádmio (Cd): Altamente tóxico, associado à poluição industrial. Mercúrio (Hg): Muito tóxico, especialmente como metilmercúrio.

Metais muito tóxicos e relativamente disponíveis	Metais altamente tóxicos e com alta disponibilidade na natureza, o que aumenta o risco de poluição ambiental e impacto na saúde humana.	Chumbo (Pb): Muito tóxico, amplamente disponível. Níquel (Ni): Tóxico em altas concentrações, relativamente disponível. Selênio (Se): Necessário em pequenas quantidades, mas tóxico em excesso.
---	---	---

Fonte: Modificado de Guilherme et al., 2005

3.1 Caracterização dos metais

3.1.1 Alumínio

O alumínio (Al) é um dos metais mais abundantes da crosta terrestre, sendo liberado no meio ambiente por processos naturais e atividades humanas (Hang, 1984). Sua principal fonte é a bauxita, composta por cerca de 55% de óxido de alumínio. A produção do alumínio primário envolve etapas de extração, beneficiamento e redução eletrolítica da alumina, por meio dos processos Bayer e Hall-Héroult (Callister Jr; Rethwisch, 2020; US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1995). Amplamente utilizado na indústria, em 2020 os principais setores consumidores foram a construção civil (25%), transportes (23%) e energia (12%). No setor automotivo, o alumínio e suas ligas são empregados na fabricação de carrocerias, painéis e componentes estruturais, devido à sua leveza e resistência (Soo et al., 2018).

3.1.2 Arsênio

O arsênio é um elemento químico posicionado no grupo 5^a da Classificação Periódica dos Elementos, com número atômico 33 e com massa atômica 75 u, tendo como símbolo a sigla As (Gontijo, 2005). Pode ser liberado de forma natural nos ambientes através do contato da água com rochas que apresentam concentração significativa deste metal, o qual também faz parte da composição de meteoritos, o que significa que é um elemento comum no universo (Barra, 2000; Campos, 2007).

As formas antropogênicas de inserção do arsênio no meio ambiente são advindas da queima de carvão, na geração de energia elétrica, do uso constante de pesticidas na agricultura, raticidas de fabricação clandestina e nas atividades de mineração e refinamento de petróleo (Barra, 2000; Andrade, 2016).

3.1.3 Cádmio

As fontes naturais de cádmio na atmosfera são a atividade vulcânica, a erosão de rochas sedimentares e fosfáticas e os incêndios florestais. As fontes antropogênicas incluem as atividades de mineração, produção, consumo e disposição de produtos que utilizam o cádmio (baterias de níquel-cádmio, pigmentos, estabilizadores de produtos de PVC). Causa danos severos, e alguns compostos são até carcinogênicos (Moraes; Coelho, 2024).

3.1.4 Cobre

O cobre é um metal de transição dúctil, maleável e resistente à corrosão. Tem por símbolo Cu, número atômico 29 e de massa atômica 63,54 u. O elemento é de grande importância econômica para a indústria atual. Muito utilizado na construção civil, fabricação de objetos e ferramentas, bem como tubos e condutores de energia. O cobre é um elemento essencial para o desenvolvimento de plantas e animais, porém em grandes concentrações pode ser um agente causador de problemas ambientais como a inibição do crescimento de vegetação (Souza, 2023).

3.1.5 Estanho

O estanho tem por símbolo o Sn, possui o número atômico 50, massa atômica 118,71 e densidade 7,29 g/cm³. Esse elemento químico é um dos primeiros metais utilizados pelo ser humano há quase três mil anos. Atualmente, o estanho é utilizado na composição de latas, fabricação de soldas para a fabricação de painéis para celulares, computadores e televisores sensíveis ao toque (Fiorucci *et al.*, 2012; Dias *et al.*, 2018).

3.1.6 Ferro

Ferro é um metal que apresenta o símbolo Fe e está localizado no grupo 8 da Tabela Periódica. Esse elemento químico apresenta número atômico 26 e massa atômica 55,847 u. É o metal mais utilizado no planeta e o mais exportado pelo Brasil. A principal utilização do ferro é a produção de aço nas áreas da construção civil, fabricação de automóveis e

eletrodomésticos (Coye, 1980; Oliveira *et al.* 2013). O ferro está presente no corpo humano desempenhando funções essenciais para o bom funcionamento do organismo como na composição da hemoglobina auxiliando o transporte de oxigênio dentro do corpo (Neto, 2021).

3.1.7 Manganês

De símbolo Mn, o manganês é um metal pertencente ao grupo 7 da tabela periódica. É esbranquiçado, semelhante ao ferro, porém mais duro e quebradiço (Ferreira, 2022). Dentre as principais aplicações industriais do manganês, destacamos a fabricação de fósforos de segurança, baterias secas, ligas de metais não ferrosos (incluindo cobre e níquel), esmaltes, fertilizantes, fungicidas, ração animal, eletrodos de solda, ímãs, catalisadores, vidros, tintas, cerâmica, materiais elétricos e medicamentos (Dias *et al.*, 2018).

3.1.8 Mercúrio

De símbolo Hg, o mercúrio é um elemento químico de número atômico 80 e possui a massa atômica 200,5 u. É um dos elementos químicos que se apresentam líquidos à temperatura ambiente ou a temperaturas próximas (Matias, 2024).

O mercúrio se faz presente de forma natural no meio ambiente, mas devido às diversas aplicações que se faz desse elemento, suas concentrações vêm aumentando no meio e consequentemente na biota. Este metal ocorre na forma de mercúrio metálico ou como diferentes espécies químicas orgânicas ou inorgânicas (Kasper, 2007).

3.1.9 Níquel

O níquel é um elemento químico com número atômico 28 e pertence ao grupo 10. Como outros metais, o níquel é um condutor de calor e eletricidade, além de maleável (Gonzalez, 2016). É o quinto elemento mais abundante na crosta terrestre, e a maior parte do níquel é encontrada no núcleo da Terra. O níquel ocupa a categoria de elemento essencial por ter funções fisiológicas no organismo e pode ser um micro contaminante se encontrado em concentrações acima do necessário para os organismos. (Oller, 2002; Azevedo *et al.*, 2003; Oliveira, 2010).

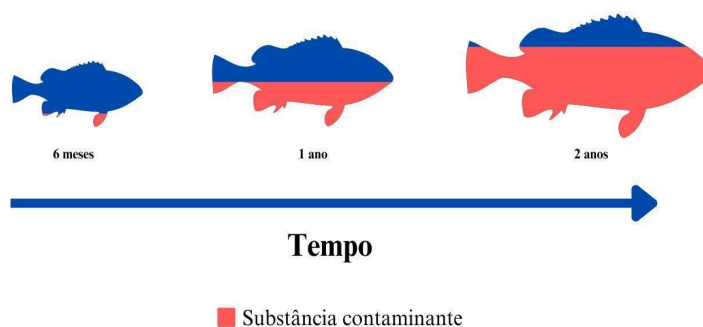
3.1.10 Zinco

O zinco é um elemento químico de número atômico 30, massa atômica 65,4 unidades de massa atômica e tem por símbolo Zn. Trata-se de componente essencial para a execução de muitas funções do organismo, sendo utilizado na composição de 200 enzimas (Pince et al, 2023). Apesar de ser um componente essencial é potencialmente tóxico em altas concentrações tornando-se um micro contaminante ambiental (Adams *et al.*, 2020; Prince *et al.*, 2021).

4. Bioacumulação

O processo de Bioacumulação refere-se ao aumento na concentração de uma agente químico em organismos biológicos (Figura 1). O acúmulo das substâncias ocorre devido a absorção das substâncias pela alimentação e/ou encontradas no meio ambiente (Rocha, 2023). Sendo assim, a bioacumulação é o resultado da interação dos seguintes processos orgânicos: absorção, biotransformação, armazenamento e excreção (Monteiro, 2023). Onde os processos de biotransformação e/ou excreção pelo indivíduo ocorrem de forma mais lenta que os processos de ingestão e armazenamento do agente (Silva, 2023).

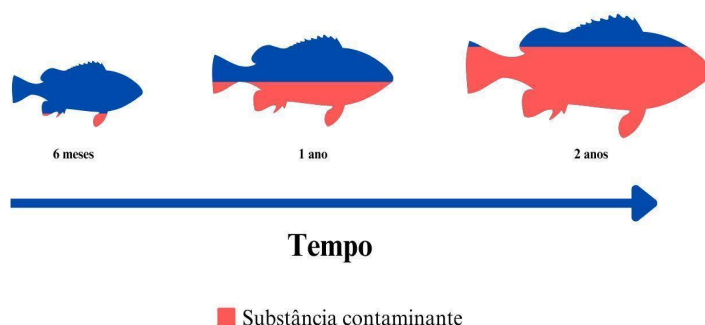
Figura 1- Representação do processo de Bioacumulação em peixe



Fonte: Elaborado Pela Autora

A Bioacumulação atinge apenas um nível trófico, quando a acumulação passa pela alimentação o processo é chamado de Biomagnificação (Figura 2). A biomagnificação tende a aumentar nos maiores níveis tróficos da cadeia alimentar (Moiseenko, 2020). Dessa forma, organismos que estão mais próximos do topo das teias alimentares tendem a apresentar um maior acúmulo de substâncias, uma vez que esses organismos se alimentam de outros indivíduos que já possuem a substância acumulada (Rocha, 2023; Fernandez 2024).

Figura 2- Representação do processo de Biomagnificação em organismos aquáticos



Fonte: Elaborado Pela Autora

5. Bioindicadores

As atividades antrópicas contribuem significativamente para a contaminação em larga escala de ecossistemas, permitindo que poluentes se tornem disponíveis na fauna, na flora e no solo desses locais. Os indicadores de qualidade ambiental vêm se mostrando uma metodologia cada vez mais eficaz para a detecção desses poluentes (Lima *et al*, 2010).

Bioindicadores são indivíduos ou grupo de indivíduos que vão quantificar os impactos ambientais dentro de um ecossistema (Colet. *et al.*, 2021). Podem ser utilizados passivamente, quando o organismo já faz parte do local que se pretende estudar, ou ativamente, quando são preparados para atuarem naquela localidade. Em ambos os casos, a resposta virá através da exposição, que irá fomentar dados para avaliação da qualidade do ambiente (Prestes, 2019).

A escolha de um organismo controle deve ser baseada nos interesses da pesquisa, considerando características gerais dos indivíduos e do ecossistema que se pretende avaliar. (Cabral,2020). Em ambientes aquáticos, pela grande disponibilidade e diversidade de características morfológicas, alimentares e de hábitos de vida, os peixes são considerados bioindicadores eficientes nesse ecossistema, já que possuem partes integrantes de maiores absorção compostas por suas brânquias, fígado e músculo (Mukherjee, 2022).

Por isso acabam respondendo de maneiras diferentes à contaminação de acordo com os níveis de maturação ou a distribuição da espécie, principalmente aqueles animais cujo

hábitos alimentares permeiam toda a cadeia alimentar (Ribeiro, 2018; Cabral *et al*, 2020). O consumo de peixes com elevados níveis de metais geram alta toxicidade à saúde dos seres humanos podendo comprometer o funcionamento e a integridade de órgãos vitais (Liang, 2022).

6. Espécies utilizadas no estudo

6.1.1 *Sciades herzbergii* (Bagre guribu)

A espécie *Sciades herzbergii*, da família Ariidae (Figura 3), popularmente conhecida como bagre guribu, é um peixe tropical facilmente encontrado na América do Sul (Chacon, 1994). No estado do Maranhão *S. herzbergii* ocorre nas imediações de todo o litoral, sendo caracterizado como estuarino-residente, pois todo o seu ciclo biológico é realizado nos estuários maranhenses (Carvalho Neta; Castro, 2013).

Figura 3- Um espécime de *Sciades herzbergii*



Fonte: Silva (2024)

6.1.2 *Cynoscion acoupa* (Pescada amarela)

Cynoscion acoupa é da ordem dos Gadiformes e da família Sciaenidae (Figura 4). Possui os seguintes aspectos morfológicos: o corpo alongado, ventre claro com amplas áreas amarelas que incluem as nadadeiras inferiores. A espécie possui uma grande importância comercial devido à sua carne e à bexiga natatória. Dentre os estados do nordeste, o Maranhão se destaca como um dos maiores produtores de pescado (Almeida, 2016).

Figura 4- Um espécime de *Cynoscion acoupa*



Fonte: Silva (2024)

Impactos na Saúde Humana

A exposição a metais pesados representa um sério risco à saúde humana uma vez que esses elementos podem se acumular no organismo e desencadear diversos efeitos tóxicos (Quadro 2). A toxicidade varia conforme o tipo de metal, a dose absorvida e o tempo de exposição, podendo comprometer funções metabólicas essenciais e afetar órgãos vitais, como o fígado, os rins e o sistema nervoso.

Quadro 2 - Metais e as implicações na saúde humana

Metal	Fontes Comuns	Implicações na Saúde	Referências Bibliográficas
Arsênio	Pesticidas, mineração e fundição de cobre.	Câncer de pele, problemas gastrointestinais e neurológicos.	(Barbosa <i>et al.</i> , 2020)
Cádmio	Baterias, resíduos industriais e fertilizantes.	Doenças renais, osteoporose e complicações pulmonares.	(De Freitas Muniz; Oliveira-Filho, 2006)
Chumbo	Encanamentos antigos, baterias e tintas.	Retardo cognitivo, anemia, hipertensão, danos ao sistema nervoso central e renal.	(Vargas <i>et al.</i> , 2019)
Cobre	Tubulações, cabos elétricos e pesticidas.	Problemas hepáticos e renais, distúrbios gastrintestinais.	(Dores; De-Lamonica-Freire, 2001)
Estanho	Embalagens de alimentos e materiais eletrônicos.	Distúrbios gastrointestinais, danos ao fígado e rins, efeitos neurológicos.	(Lauricella, 2010)
Ferro	Utensílios de cozinha e suplementos alimentares.	Danos ao fígado, coração e pâncreas.	(Pascalichio, 2002)
Manganês	Mineração, águas subterrâneas e produtos químicos agrícolas.	Distúrbios neurológicos (semelhantes ao Parkinson), problemas respiratórios.	(Nascimento; Gonzalez, 2018)
Mercúrio	Termômetros, lâmpadas fluorescentes e mineração.	Danos ao sistema nervoso, toxicidade renal, alterações cognitivas e motoras.	(Gomes <i>et al.</i> , 2021)
Níquel	Ligas metálicas, baterias e água contaminada.	Dermatite de contato, câncer de pulmão, problemas respiratórios e cardiovasculares.	(Curraladas <i>et al.</i> , 2022)

Zinco	Produtos galvanizados, fertilizantes e suplementos alimentares.	Deficiência causada por problemas imunológicos e distúrbios gastrointestinais.	(Santos <i>et al.</i> , 2012)
-------	---	--	-------------------------------

Fonte: Elaborado pela autora

7. Percepção ambiental

A percepção ambiental desempenha um papel fundamental na construção das relações dos indivíduos com o espaço onde vivem, influenciando diretamente a forma como esses indivíduos interpretam e interagem com o meio ambiente (Ribeiro *et al.*, 2016; Cabral, 2020). Segundo Tuan (1974), a percepção do espaço é um fenômeno sensorial e emocional, sendo influenciada não apenas pelas experiências diretas, mas também pelas informações e representações transmitidas pela cultura. Dessa forma, o ambiente percebido vai além de um conjunto de elementos físicos, abrangendo um sistema de significados construído ao longo do tempo.

Cabe ressaltar que a percepção ambiental tem um caráter dinâmico e adaptativo. Em áreas urbanizadas, por exemplo, as percepções sobre qualidade ambiental tendem a variar de acordo com fatores como poluição, delimitação dos espaços e nível de arborização (Silva e Santos, 2018). Em contrapartida, nas áreas rurais, a relação com o ambiente tende a incorporar aspectos como uso da terra, atividade pesqueira e conservação de recursos naturais (Alves *et al.*, 2017).

Essa abordagem de caráter inclusivo é essencial para fomentar práticas sustentáveis e promover uma participação ativa da população nas ações de conservação, desenvolvimento de políticas públicas, práticas de educação ambiental e tomada de decisões de caráter coletivo e individual (Rodriguez, 2023; Braga, 2023). Através do entendimento das percepções das comunidades, gestores e educadores podem desenvolver estratégias que abordem diretamente as necessidades locais (Castro e Oliveira, 2021).

A educação ambiental atua como um recurso essencial para transformar a percepção ambiental em práticas efetivas (Santos e Cândido, 2023). A percepção do ambiente pode ser influenciada pela educação ambiental, contribuindo para uma maior sensibilização sobre o impacto das ações humanas sobre o meio ambiente, reforçando o papel de cada indivíduo na preservação dos recursos naturais possibilitando a adoção de comportamentos que beneficiem o meio ambiente (Bonnes e Secchiaroli, 1995; Santos e Cândido, 2023).

ODS

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. Estes são os objetivos para os quais as Nações Unidas estão contribuindo a fim de que possamos atingir a Agenda 2030 no Brasil.

Figura 5 - Os objetivos do desenvolvimento sustentável



Fonte: Organização das Nações Unidas

O presente trabalho engloba ODS importantes como a número 3 -Saúde e Bem-estar, 6 - Água e Saneamento, 11- Cidades e comunidades sustentáveis, 12- Consumo e Produção responsáveis, 14- Vida na Água, 15- Vida na Terra (Quadro 4).

Quadro 3- Objetivos e Metas para o desenvolvimento sustentável

ODS	OBJETIVOS	METAS
	Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades	3.9 Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo

ODS	OBJETIVOS	METAS
	Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos.	6.3 Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente; 6.b Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.
	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis	11.4 Fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo
	Assegurar os padrões de produção e de consumo sustentáveis.	12.4 Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente; 12.8 Até 2030, garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e conscientização para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza.

ODS	OBJETIVOS	METAS
	Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável	14.1 Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes; 14.a Aumentar o conhecimento científico, desenvolver capacidades de pesquisa e transferir tecnologia marinha, tendo em conta os critérios e orientações sobre a Transferência de Tecnologia Marinha da Comissão Oceanográfica Intergovernamental, a fim de melhorar a saúde dos oceanos e aumentar a contribuição da biodiversidade marinha para o desenvolvimento dos países em desenvolvimento, em particular os pequenos Estados insulares em desenvolvimento e os países menos desenvolvidos; 14.c Assegurar a conservação e o uso sustentável dos oceanos e seus recursos pela implementação do direito internacional, como refletido na UNCLOS [Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar], que provê o arcabouço legal para a conservação e utilização sustentável dos oceanos e dos seus recursos, conforme registrado no parágrafo 158 do “Futuro Que Queremos”.

Fonte: Modificado de Nações Unidas Brasil (2023).

REFERÊNCIAS

- ADAMS, William et al. Bioavailability assessment of metals in freshwater environments: A historical review. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 39, n. 1, p. 48-59, 2020.
- ALMEIDA, Z. S. et al. Biologia reprodutiva da pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) capturada na baía de São Marcos, Maranhão, Brasil. **Biota Amazônia**, 6 (1): 46-54. 2016.
- ALVES, Clarice Gonçalves Rodrigues et al. Educação do campo e educação ambiental: interconexões possíveis para a construção de um ensino crítico e transformador. **Debates em Educação**, v. 9, n. 18, p. 87-87, 2017.
- ANDRADE, D. F., & rocha, M. S. (2016). A toxicidade do arsênio e sua natureza. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz. Ano**, 3, 102-111.
- ARAÚJO, Ana Rosa da Rocha; SILVA, Fernanda D. Aspectos da pesca e biologia da tainha, mugil curema (*Osteichthyes: Mugilidae*), no estuário do Rio Vaza Barris, Sergipe, Brasil. 2013.
- AZEVEDO, F. A.; chasin, A. M. Metais Gerenciamento da toxicidade. **Belo Horizonte: Atheneu**, 2003. 554 p.
- Barbieri, M. J. J. G. G. (2016). The Importance Of Enrichment Factor (Ef) And Geoaccumulation Index (Igeo) To Evaluate The Soil Contamination. **J Geol Geophys**, 5(1), 1-4.
- BARBOSA, Vitória Aguiar et al. Meio ambiente e Saúde Pública: potenciais riscos à saúde humana por altas concentrações de arsênio na água em Portugal. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e109129945-e109129945, 2020.
- BARRA, Cristina Maria et al. Especiação de arsênio-uma revisão. **Química Nova**, v. 23, p. 58-70, 2000
- BONNES, Mirilia; SECCHIAROLI, Gianfranco. Psicologia ambiental: Uma introdução psicossocial. 1995.
- BRAGA, Fabio Henrique Ramos et al. Educação Ambiental: estudo da percepção ambiental na comunidade ribeirinha na proximidade dos rios Munim e Iguará (MA). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 18, n. 5, p. 29-38, 2023.
- Brasília, DF, 2023. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 25 de mar,
- CABRAL, H. M.; DA SILVA, M. A. A percepção ambiental da população ribeirinha dos setores Jaó e Negrão de Lima, Goiânia (GO). *Brazilian Applied Science Review* , v.4, n.1, pp.202 - 217, 2020

CABRAL, P.F.P., Silva, M.H.L., Da Silva, I.S. *Et Al.* Evaluation Of Heavy Metals In Streams Of The Bacanga And Cachorros Watersheds In São Luís, Brazil. **Bull Environ Contam Toxicol** 105, 299–306 (2020).

CALLISTER JR, William D.; RETHWISCH, David G. Callister's materials science and engineering. John Wiley & Sons, 2020. Disponível em: <https://www.wiley.com/engb/Callister%27s+Materials+Science+and+Engineering%2C+10th+Edition%2C+Global+Edition-p-9781119453918>>. Acesso em 14 de fev. 2023.

CARVALHO NETA, Raimunda Nonata Fortes; CASTRO, Antônio Carlos Leal de. Diversidade das assembleias de peixes estuarinos da Ilha dos Caranguejos, Maranhão. 2008.

Cervigón, F.; Cipriani, R. W.; Fischer, L.; Garibaldi, M.; Hendrickx, A.J.; Lemus, R.; Márquez, J.M.; Poutiers, G. & Rodriguez, B. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. FAO, Roma, 513 p., 1992

CHACON, J. O.; ALVES, M. I. M.; DE MESQUITA, M. S. C. Alguns aspectos da reprodução do bagre branco, *Selenapsis herzbergii* (Bloch 1794), Pisces: Ostariophysi, Siluriformes, Ariidae. **Bol. Tec. DNOCS**, v. 47, p. 43-78, 1994.

COELHO, Willian Marinho Dourado et al. Contaminantes em peixes provenientes dos rios paraná e tietê: um grave problema ambiental e de saúde pública. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 7, n. 2, p. e68035-e68035, 2024.

CURRALADAS, Isadora Dicher Reimão et al. Doenças Associadas à intoxicação por metal tóxico na população localizada próximo a um rio altamente impactado no ambiente portuário de Santos-SP, 2022.

DE ANDRÉS, María; BARRAGÁN, Juan M.; SCHERER, Marinez. Urban centres and coastal zone definition: Which area should we manage?. **Land use policy**, v. 71, p. 121-128, 2018.

DE ANDRÉS, María; MUNOZ, Juan Manuel Barragan. The limits of coastal and marine areas in Andalusia (Spain). A socio-ecological approach for ecosystem-based management. **Land Use Policy**, v. 120, p. 106250, 2022.

DE FREITAS MUNIZ, Daphne Heloisa; OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. **Universitas: Ciências da saúde**, v. 4, n. 1, p. 83-100, 2006.

Dias, T. G., & Calixto, F. (2018). Manganês. *CODEMGE—Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/substanciasminerais/manganes/>. Acesso em, 06/05, 2024.*

DIEGUES, Antonio Carlos. Human populations and coastal wetlands: conservation and

management in Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 42, n. 2-4, p. 187-210, 1999.

DO NASCIMENTO, Regina Célia Macêdo et al. Derramamento de óleo na zona costeira do Brasil:: Uma análise das unidades de conservação marinhas. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, 2022.

DORES, Eliana Freire Gaspar de Carvalho; DE-LAMONICA-FREIRE, Ermelinda Maria. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso-análise preliminar. **Química Nova**, v. 24, p. 27-36, 2001.

factors: Volume I: Stationary point and area sources, 1995. Disponível em:<

FERREIRA DA SILVA, Maria do Socorro; SOCORRO DA ANUNCIAÇÃO, Vicentina. ESTRATÉGIAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA A GESTÃO PARTICIPATIVA: EXPERIÊNCIAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, BRASIL. **Geo UERJ**, n. 43, 2023

FERREIRA, Sabrina Antunes et al. Efeitos do manganês sobre respostas neurocomportamentais e bioquímicas em peixe-zebra (*Danio rerio*). 2022.

FIORUCCI, Antonio Rogério; BENEDETTI FILHO, Edemar; DE OLIVEIRA, Noé. Os alótropos do estanho: ocorrências do estanho α e as novas soldas sem chumbo usadas em eletrônicos. Oliveira, M. F. **Efeito da exposição crônica ao níquel nos testículos de ratos Wistar adultos**. 2010. 67 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia Celular e Estrutural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

FUSHIMI, Melina; DE QUEIROZ RIBEIRO, Delony; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, Amazônia Oriental. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 42, p. e193453-e193453, 2022.

GOMES, Bárbara Leticia Corrêa et al. Análise temporal da exposição ao mercúrio na população ribeirinha da Amazônia: revisão integrativa. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 5, p. e7172-e7172, 2021.

GONÇALVES, Raul Moreira. Índices ambientais para elementos potencialmente tóxicos em sedimentos do rio Gualaxo do Norte. 2024.

Gontijo, B., & Bittencourt, F. (2005). Arsênio: uma revisão histórica. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, 80, 91-95.

HANG, A. Molecular aspects of aluminum toxicity. CRC Critical Reviews in Plant Sciences, Boca Raton, v.1, p.345-373, 1984.

http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/oldeditions/5th_edition/ap42_5thed_orig.pdf > Acesso em:

IKEDA, R. G. P. *Idade, crescimento e aspectos reprodutivos de Macrodon ancylodon na costa*

Norte do Brasil. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência, área de Oceanografia Biológica) - Universidade de São Paulo, 2003.

INCID-Instituto da Cidade, Pesquisa e Planejamento Urbano e Rural. Dados Socioeconômicos de São Luís. São Luís, 2023.

joining techniques perspective. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 178, p. 119-132,

KASPER, Daniele et al. Mercúrio em peixes-fontes e contaminação. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 2, p. 228-239, 2007.

LAURICELLA, Christiane Mázur. Toxicidade do chumbo e sua substituição em ligas estanho-chumbo. **Journal of the Health Sciences Institute**, v. 28, n. 2, p. 105-108, 2010.

LIANG, C.; JI, L.; XIANGYUN, G.; BIAO, T.; JIAWEN, Z.; XIAONAN, W.; ZHENGTAO, L. Human health ambient water quality criteria for 13 heavy metals and health risk assessment in Taihu Lake. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**. v.16, n.4, p.1-16, 2022

LIMA, Daniel Pandilha de et al. Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 4, p. 405-414, 2015.

LOPES, Ruy Bessa et al. **Percepção ambiental do risco químico e ocorrências de metais pesados no lago Iripixí, Oriximiná-PA**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Oeste do Pará.

mar. 2018. Elsevier BV. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.235>>

MARANDOLA JUNIOR, E.; HOGAN, D. J. O risco em perspectiva: tendências e abordagens. *Geosul*, Florianópolis, v. 19, n. 38, p. 25-58, jan. 2004.

Matthew; DUFLOU, Joost R. Sustainable aluminium recycling of end-of-life products: a

MELAZO, G. C. Percepção ambiental e educação ambiental: uma reflexão sobre as relações interpessoais e ambientais no espaço urbano. **Olhares & Trilhas**, Uberlândia, ano VI, n. 6, p. 45-51, 2005.

MOISEENKO, T.I.; N A GASHKINA, N.A. Distribution and bioaccumulation of heavy metals (Hg, Cd and Pb) in fish: influence of the aquatic environment and climate. **Environmental Research Letters**, v.15, n.11, p.115013-115036, 2020.

MONTEIRO, Lucas Cabrera. Bioacumulação de mercúrio na cadeia trófica aquática e terrestre de uma planície de inundação neotropical. 2023.

MORAIS, Elizete Rodrigues de et al. **Toxicidade de cádmio para organismos aquáticos: revisão cenciométrica e bioensaios em concentrações realísticas**. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MUKHERJEE, J.; SAHA, N.C.K. Bioaccumulation pattern of heavy metals in fish tissues and associated health hazards in human population. **Environmental Science and Pollution Research**, v.29, n.15, p.21365–21379, 2022.

NASCIMENTO, Tatiana Freitas Van Opstal; GONZALEZ, Fabiana Gaspar. Impactos do manganês na saúde pública. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 11, n. 3, 2018.

NETO, Fernando Antônio Ramos Schramm; VASCONCELOS, Juliana Fraga. O FERRO E SEU METABOLISMO: PRINCIPAIS ASPECTOS SOBRE SUAS PROPRIEDADES. **Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, v. 19, n. 1, 2021.

OLLER, Adriana R. Respiratory carcinogenicity assessment of soluble nickel compounds. **Environmental Health Perspectives**, v. 110, n. suppl 5, p. 841-844, 2002.

OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Nações Unidas Brasil.

PASCALICCHIO, Áurea Aparecida Eleutério. **Contaminação por metais pesados**. Annablume, 2002.

PINTO, Francisco Taveira; SANTOS, Paulo Rosa; FERRADOSA, Tiago. Integrated management and planning of coastal zones in CPLP Part 1 [Gestão e planejamento integrado das zonas costeiras da CPLP Parte 1]. 2020.

PRESTES, Rosi Maria; Vincenci, Kelin Luiza. Bioindicadores Como Avaliação De Impacto Ambiental. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, V. 2, N. 4, P. 1473-1493, 2019.

PRICE, Gwilym AV et al. The influence of hardness at varying pH on zinc toxicity and lability to a freshwater microalga, *Chlorella* sp. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v. 24, n. 5, p. 783-793, 2022.

PRICE, Gwilym AV et al. The influence of pH on zinc lability and toxicity to a tropical freshwater microalga. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 40, n. 10, p. 2836-2845, 2021.

PRITCHARD, D.W. Salinity distribution and circulation in the Chesapeake Bay estuarine system. **Journal of Marine Research**, v.11, p. 106-123, 1952.

RIBEIRO, Christian Ricardo; NASCIMENTO, Cristiane Motta; DA SILVA, Weley Rodrigues. Percepção Ambiental e Resíduos Sólidos: estudo aplicado com alunos de uma Instituição de Ensino Superior localizada no Município de Juiz de Fora (MG). **Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental**, v. 28, n. 1, p. 1-35, 2023.

RIBEIRO, M.A. et al. Gestão da Água e Paisagem Cultural. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, 2016

ROCHA, Janaína Sobreira et al. BIOACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS EM PEIXES: IMPACTOS SOBRE A SAÚDE HUMANA E MEIO AMBIENTE. **Ciência Animal**, v. 33, n. 1, p. 40-43, 2023.

RODRIGUES, Karlen; DE OLIVEIRA SEREIA, Desses Aparecida; OBARA, Ana Tiomi. Estudos de percepção ambiental em Unidades de Conservação: uma revisão sistemática da literatura. **Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental**, v. 28, n. 2, p. 1-31, 2023.

SANTOS, Carla; FONSECA, Jorge. Zinco: fisiopatologia, clínica e nutrição. **Hospital Garcia de Orta, EPE–Grupo de Estudo de Nutrição Entérica–GENE**, 2012.

SANTOS, Denise Cristine Carvalho et al. *BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS CACHORROS: POPULAÇÃO, SAÚDE E AMBIENTE*. 2015.

SANTOS, Flávio Reis; CÂNDIDO, Cristiane Raquel Ferreira. A percepção sobre meio ambiente e Educação Ambiental na prática docente das professoras das escolas municipais rurais de Morrinhos, GO. **Interações (Campo Grande)**, v. 24, n. 1, p. 175-191, 2023.

SILVA, Vivien Ariel Gatinho da. *Bioacumulação de mercúrio total em tecido muscular de peixes e avaliação de risco à saúde pública em áreas impactadas por atividades de mineração na serra de Carajás–Pará*. 2023.

SMITH, K. S.; HUYCK, H. L. O. An overview of the abundance, relative mobility, bioavailability, and human toxicity of metals. In: PLUMLEE, G. S.; LOGSDON, M. J. (Eds). The environmental geochemistry of mineral deposits, Part A. Processes, Techniques, and Health Issues, Society of Economic Geologist, Reviews in Economic Geology, v.6 (A), p.29-70, 1999.

SOO, VI Kie; PEETERS, Jef; PARASKEVAS, Dimos; COMPSTON, Paul; DOOLAN,

SOUZA, Ana Kely Rufino et al. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomédica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, p. 95-106, 2018.

SOUZA, Ana Laura Monteiro de. Avaliação de impacto ambiental gerado pelas UHEs do Rio Madeira com base em aspectos funcionais de bioindicadores aquáticos. 2023.

STATISTA. Metals & Electronics-Metals: Global end use of primary aluminum by sector 2020, Published by Statista Research Department, Jan 5, 2023. Disponível em:<<https://www.statista.com/statistics/280983/share-of-aluminum-consumption-by-sector/>>

TREICHL, Nicolas Gaberz de Almeida. Revisão sistemática de contaminação por metais nos estuários do sul-sudeste brasileiro. 2022.

Tuan, Y.F. (1974) Topophilia: A Study of Environmental Perception, Attitudes and Values. Columbia University Press.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Compilation of air pollutant emission

VARGAS, Paula Isabelita Reis; HUSSEN, M.; BARBOSA, Gisele. Intoxicação por Chumbo: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Ciências Médicas e da Saúde**, v. 7, p. 1-7, 2019.

VAZZOLER, A. E. A. M. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: Ed da UEM, 1996.

I. CAPÍTULO I

BIOACUMULAÇÃO DE METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM PEIXES CAPTURADOS NO ESTUÁRIO DO RIO DOS CACHORROS, SÃO LUÍS, MARANHÃO

INTRODUÇÃO

Os estuários são zonas de transição entre rios e mares, se apresentam como ambientes dinâmicos e produtivos que abrigam uma rica biodiversidade. Estes ecossistemas são vitais devido à sua notável produtividade biológica e à sua função como habitat para uma vasta gama de organismos, desde estágios larvais até fases maduras em alguns casos (Karthikeyan et al., 2020; Nascimento, 2020). Além disso, os estuários desempenham um papel crucial na filtragem de nutrientes e na proteção contra chuvas, contribuindo para a manutenção da saúde dos ecossistemas costeiros (De Miranda, 2002).

No entanto, a intensificação das atividades humanas, como agricultura, indústria e urbanização, contribui com a inserção de contaminantes de diferentes naturezas como resíduos sólidos e compostos metálicos nesses ambientes (Rocha *et al.*, 2023). Essas alterações podem comprometer as funções ecossistêmicas, impactando diretamente a qualidade ambiental e a subsistência das comunidades que estão assentadas nas proximidades dessas zonas (Adetutu; Agebola; Aborisade, 2023; Rocha *et al.*, 2023; Da Silva, 2024).

Além de sua relevância ecológica, os estuários desempenham um papel fundamental na economia local, sustentando diversas atividades socioeconômicas (Rocha *et al.*, 2023). Setores como pesca artesanal e comercial, a aquicultura e o turismo dependem diretamente da integridade ambiental dessas regiões (Souza *et al.*, 2024). Dessa forma, a degradação dos estuários pode gerar impactos não apenas biológicos, mas também econômicos e sociais, afetando o sustento de populações que dependem dos recursos naturais (Da Silva, 2024).

Os metais pesados são uma das principais causas de contaminação ambiental em todo o mundo (Rocha *et al.*, 2023). São compostos que podem acumular-se em diferentes órgãos dos organismos aquáticos (Treichl, 2022; Rocha *et al.*, 2023). Neste sentido, seja por ingestão de animais, e/ou água contaminados, os metais podem causar problemas à saúde dos

seres humanos e nas espécies aquáticas, bioacumular nos organismos e biomagnificar através das teias alimentares (Farahat *et al.*, 2015). Assim, os impactos podem se estender para regiões que não possuem contato direto com a área afetada pela poluição (Farahat *et al.*, 2015; Barbieri, 2016; Xia *et al.*, 2022).

Além dos efeitos na saúde humana, a presença de metais pesados nos ambientes aquáticos pode provocar alterações fisiológicas e comportamentais em diversas espécies, afetando sua reprodução, crescimento e sobrevivência (Rocha *et al.*, 2023). Estudos indicam que concentrações elevadas de metais podem comprometer a estrutura das comunidades aquáticas, reduzindo a biodiversidade e impactando serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação da qualidade da água e a manutenção das cadeias tróficas (Xia *et al.*, 2022).

Uma estratégia para avaliar a saúde do ecossistema é a utilização de organismos vivos como bioindicadores (Mehana *et al.*, 2020). Os peixes têm demonstrado resposta positiva no biomonitoramento de áreas afetadas por metais devido à sua disponibilidade e por ocupação de diferentes níveis tróficos, o que os torna mais vulneráveis aos processos de contaminação (De Matos; Pires, 2023).

Estudos vêm sendo conduzidos em diferentes órgãos dos espécimes utilizados em pesquisas, no entanto, a maioria concentra-se na análise do tecido muscular, por se tratar da porção comestível do animal, o que pode expor os superpredadores ao risco de intoxicação por esses elementos-traços (Tabinda, *et al.*, 2010; Qui, *et al.*, 2011; Pandey *et al.*, 2017).

A cidade de São Luís tem se destacado pelo acelerado desenvolvimento industrial, com a maior parte dessas atividades concentrando-se na zona costeira, em função das facilidades logísticas para o escoamento de produção. Diante deste cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a presença de metais potencialmente tóxicos em peixes de interesse comercial capturados no estuário do rio dos Cachorros.

METODOLOGIA

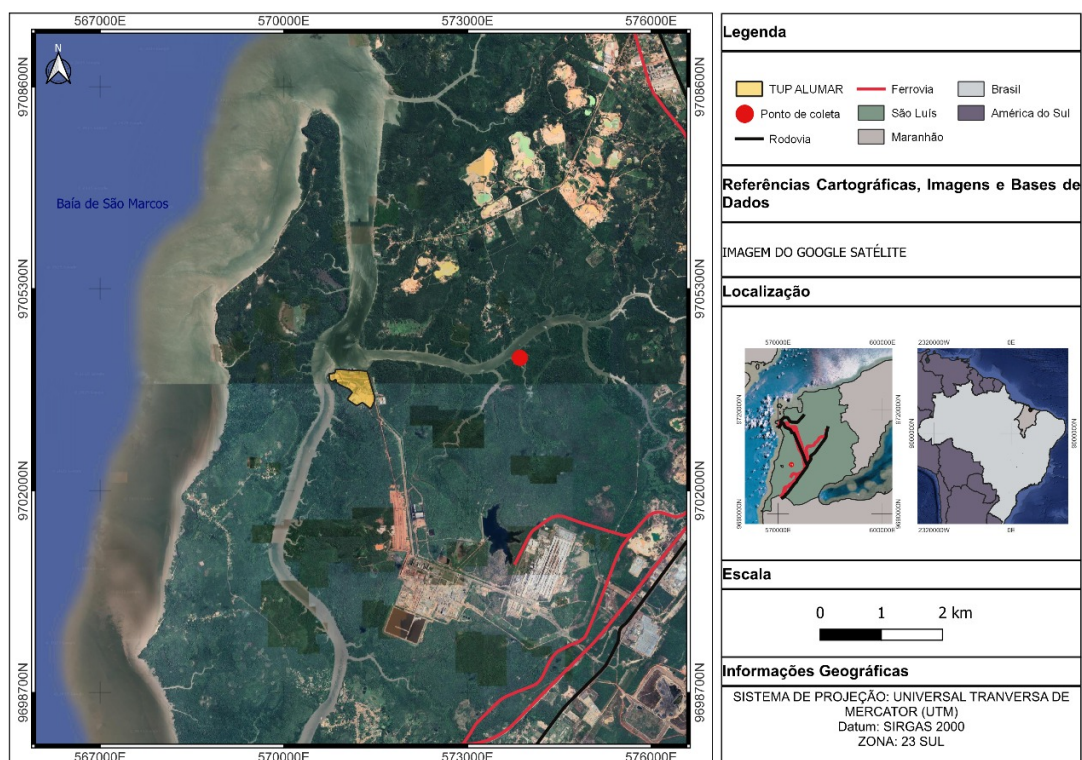
Área de Estudo

O presente estudo foi conduzido na região central do Golfão Maranhense, com foco no estuário do Rio dos Cachorros, situado no município de São Luís, Maranhão, Brasil (Fig.1). Esse estuário está inserido em um sistema hidrodinâmico que se conecta, ao norte, à baía de São Marcos por meio do estreito dos Coqueiros, e ao sul ao estreito dos Mosquitos, que recebe influência das águas da baía de São José (Porto, 1983; Castro, 1986). A região é

caracterizada por marés de macromaré, típicas do litoral maranhense, que exercem forte influência sobre os processos de mistura, circulação e deposição de sedimentos (Ferreira, 1988).

O Rio dos Cachorros percorre diversas localidades ribeirinhas, banhando comunidades como Cajual, Limoeiro, Porto Grande, Rio dos Cachorros, Vila Maranhão e Taim. A região também é composta por riachos e igarapés que, em conjunto com o rio principal, desempenham um papel essencial na subsistência das populações locais, especialmente para aquelas envolvidas em atividades como pesca artesanal, navegação, abastecimento de água e lazer (Santos, 2015; Fushimi, 2022).

Figura 1. Mapa de Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores

Amostragem

O material biológico foi obtido por meio de aquisição direta junto a pescadores artesanais atuantes na área de estudo. Posteriormente, os espécimes foram acondicionados em caixas isotérmicas contendo gelo e transportados ao Laboratório de Ictiologia e Recursos

Pesqueiros (LABIRPesq), da Universidade Federal do Maranhão, onde foram devidamente armazenados e processados para posterior análise.

Análise em Laboratório

As análises foram realizadas com duas espécies de peixes de reconhecida importância comercial: *Sciades herzbergii* (bagre-guribu) e *Cynoscion acoupa* (pescada-amarela). Foram utilizados 12 indivíduos de cada espécie, totalizando 24 exemplares.

As espécies selecionadas apresentam diferenças quanto ao hábito alimentar e à ocupação do ecossistema estuarino (Quadro 1). *Sciades herzbergii* possui hábito onívoro e distribuição bentônica, sendo encontrado preferencialmente junto ao fundo e se apresenta como um organismo estuarino residente. Por outro lado, *Cynoscion acoupa* é uma espécie carnívora de hábito nectônico, habitando a coluna d'água.

Durante o processo, foram capturadas 12 espécies de Bagre guribu (*Sciades herzbergii*) e 12 espécies de Pescada amarela (*Cynoscion acoupa*). Os peixes foram acondicionados em sacos plásticos, conservados no gelo e transportados para análise em laboratório.

Quadro 1: Classificação, habitat, hábito alimentar das espécies de peixes estudadas

Espécie	Nome Popular	Hábito alimentar	Habitat
<i>Sciades Herzbergii</i>	Bagre Guribu	Onívoro	Bentônico
<i>Cynoscion acoupa</i>	Pescada Amarela	Carnívoro	Nectônico

Cada exemplar da espécie foi pesado com balança de precisão centesimal e medido com ictiômetro de precisão decimal para obtenção de peso total (Wt) e comprimento total (Lt).

Uma porção muscular, correspondente à parte comestível dos indivíduos, foi retirada e armazenada em tubos do tipo Falcon (15 ml). Todas as amostras foram maceradas e, em seguida, pesadas em balança digital de precisão, em alíquotas de aproximadamente 0,5 g. A desidratação dos músculos foi realizada em estufa.

Posteriormente, as amostras foram pulverizadas com gral e almofariz e armazenadas até a digestão ácida. Para esta etapa, foram adicionados 3 ml de ácido nítrico (HNO₃

Suprapur[®], Merck), 2 ml de ácido perclórico (HClO₄, PA, Merck) e 1 ml de água Milli-Q em balões de fundo redondo apropriados para digestão.

As amostras foram então submetidas a aquecimento em placa a 90°C, por um período de duas horas. Após o resfriamento, as soluções digeridas foram transferidas para balões volumétricos de 50ml, completando-se o volume com água ultrapura tipo Milli-Q (18,2 μS·cm⁻¹).

Procedimentos analíticos

As concentrações dos elementos metálicos nos peixes foram determinadas por meio de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma (ICP OES). A calibração foi realizada com base em curvas padrão construídas a partir de soluções padrões multielementares (SpecSol, Brasil), com concentrações variando 0,001 mg/L a 1 mg/L. Os resultados foram expressos em mg/kg (peso úmido) e comparados com os limites máximos tolerados estabelecidos pela RDC nº 722, de 1º de julho de 2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Análise dos dados

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Quando os pressupostos de normalidade não foram atendidos, aplicou-se a análise não-paramétrica de Kruskal-Wallis (p<0,05), seguida do teste de Mann-Whitney com correção de Bonferroni para identificar diferenças significativas entre os grupos.

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizada como método de ordenação multivariada, com o objetivo de identificar os principais componentes responsáveis pela variação entre as espécies analisadas. Todas as análises foram realizadas no software PAST, versão 3.14 (PAleontological STatistics - HAMMER et al. 2003), adotando-se o nível de significância de 5% α = 0,05).

Avaliação de risco

A estimativa do Quociente de Risco – QR, também denominado *Target Hazard Quotient* (THQ), foi utilizada para avaliar o risco não carcinogênico associado à ingestão de metais potencialmente tóxicos por meio do consumo de pescado. O método adotado foi proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1989). A estimativa do QR tem como base do seu cálculo a concentração do metal no alimento, taxa de ingestão e dose oral de referência.

$$QR = \frac{FE \times DE \times TI \times C}{DOR \times PMC \times TE} \times 10^{-3}$$

Onde:

FE – frequência de exposição (365 dias/ano);

DE – duração da exposição (70 anos, correspondente à expectativa média de vida);

TI – taxa de ingestão de alimento (peixe: 35g/pessoa/dia);

C – concentração do metal no pescado ($\mu\text{g/g}$);

DOR – dose oral de referência/ingestão ($\text{As} = 0,3 \times 10^{-3}$, $\text{Cr} = 9 \times 10^{-4} \mu\text{g/g/dia}$)

PMC – peso médio corporal adulto (70 kg);

TE – tempo médio de exposição para não cancerígeno (365 dias/ano x 70 anos).

Na avaliação do risco, assume-se que a dose ingerida do contaminante é totalmente absorvida pelo organismo humano e que o processo de cocção não altera significativamente a concentração ou toxicidade do metal no pescado (USEPA, 1989).

De acordo com a interpretação do modelo, quando o valor de QR é inferior a 1, considera-se que não há risco apreciável à saúde humana. Por outro lado, valores de QR superiores a 1 indicam risco potencial à saúde decorrente do consumo do pescado contaminado (Storelli, 2008). Para fins comparativos e validação dos resultados, os valores de concentração dos metais foram confrontados com os limites máximos tolerados estabelecidos pela Resolução RDC nº 722, de 1º de julho de 2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que dispõe sobre padrões sanitários aplicáveis a contaminantes inorgânicos em alimentos comercializados no território brasileiro (BRASIL, 2022).

RESULTADOS

A análise das concentrações de metais potencialmente tóxicos nos tecidos musculares de *Sciades herzbergii* e *Cynoscion acoupa* evidenciou a presença de elementos de relevância toxicológica, com destaque para o Alumínio (Al), Arsênio (As), Cromo (Cr), Chumbo (Pb) (Tabela 1). As concentrações detectadas demonstram variações consideráveis entre os indivíduos, sendo todos os elementos quantificados em pelo menos parte das amostras de ambas as espécies.

Nas amostras de *Sciades herzbergii*, o alumínio apresentou concentrações variando de 55 a 305 mg/kg. Esse elemento foi detectado em todos os indivíduos, configurando os maiores valores absolutos entre os metais analisados para a espécie. O arsênio variou entre o

limite de detecção (<LD) e 11,12 mg/kg, sendo que nove das doze amostras apresentaram concentrações superiores ao limite de 1,0 mg/kg definido pela legislação vigente. O cromo foi quantificado em concentrações que oscilaram de <LD a 1,59 mg/kg, sem ultrapassagens a qualquer valor de referência normativa, uma vez que este elemento ainda não é contemplado por limites específicos em pescado. Já as concentrações de chumbo variaram entre <LD e 28,5 mg/kg, sendo que nove amostras excederam o limite regulamentar de 0,30 mg/kg, com destaque para um exemplar que apresentou valor 95 vezes superior ao permitido.

Em *Cynoscion acoupa*, as concentrações de alumínio variaram entre 12,7 e 184 mg/kg, sendo também detectadas em todos os indivíduos. O arsênio foi identificado em níveis que variaram de <LD a 7,14 mg/kg, com seis amostras ultrapassando o limite de 1,0 mg/kg. O cromo apresentou concentrações entre <LD e 0,60 mg/kg, sem excedentes ao limite de detecção em algumas amostras e, da mesma forma que em *S. herzbergii*, sem referência normativa aplicável. O chumbo apresentou variações de <LD a 9,43 mg/kg, com cinco amostras apresentando valores superiores ao limite regulamentar.

A Tabela 1 consolida os valores individuais obtidos para cada metal nas duas espécies estudadas, permitindo observar a distribuição dos dados e o número de amostras que ultrapassaram os parâmetros normativos de arsênio e chumbo, conforme definido pela RDC nº 722/2022.

Tabela 1 - Concentrações (mg/kg) de metais pesados (Al, As, Cr, Pb) nos tecidos musculares das espécies *Sciades herzbergii* e *Cynoscion acoupa*, capturadas no estuário do rio dos Cachorros, São Luís, Maranhão.

Espécie	Concentração mg/kg			
	Al	As	Cr	Pb
<i>Sciades herzbergii</i> (Bagre Guribu)	87	7,89	1,23	12
	55	5,13	<LD	7,01
	88	6,57	0,79	13
	76	7,66	1,1	10,6
	55	7,09	1,06	8,15
	94	<LD	<LD	<LD
	90	8	1,2	16,5

	305	<LD	<LD	<LD
	200	<LD	<LD	<LD
	55	6,44	0,65	15,7
	83	11,12	1,59	28,5
	58	4,2	0,66	6,92
<i>Cynoscion acoupa</i> (Pescada Amarela)	89	<LD	<LD	<LD
	53	7,14	0,06	8,49
	22,2	0,86	<LD	5,79
	184	4,68	<LD	<LD
	65	<LD	<LD	<LD
	52	<LD	0,6	<LD
	29,6	6,7	0,29	9,43
	50	2,5	<LD	5,84
	52	<LD	<LD	<LD
	37	2,56	<LD	<LD
	66	2,9	<LD	5,88
	12,7	0,59	<LD	<LD
Limite estabelecido em mg/kg		1,0		0,30

a RDC nº 722, de 1º de julho de 2022.

A estimativa do Quociente de Risco (QR), utilizada para avaliar o potencial de risco à saúde humana decorrente da ingestão de pescado contaminado, foi calculada com base nas concentrações médias de arsênio (As) e cromo (Cr) encontradas nas espécies analisadas (Tabela 2).

Em relação ao arsênio, 15 das 24 amostras apresentaram concentrações superiores ao limite de 1,0 mg/kg estabelecido pela RDC nº 722/2022, sendo nove da espécie *Sciades herzbergii* e seis de *Cynoscion acoupa*. A maior concentração registrada foi de 11,12 mg/kg. Com base nas médias observadas, o QR calculado foi de 5,3 para *S. herzbergii* e de 2,3 para *C. acoupa*, ambos superiores ao valor de referência de 1,0, indicando risco potencial associado ao consumo crônico.

Para o cromo, as concentrações variaram de <LD a 1,59 mg/kg em *S. herzbergii* e de <LD a 0,60 mg/kg em *C. acoupa*. As médias registradas resultaram em valores de QR de 0,55

e 0,16, respectivamente, abaixo do limite de referência, sugerindo baixa preocupação toxicológica, com base nesse parâmetro.

Tabela 2- Concentração média (mg/kg) e Quociente de Risco - QR (THq) dos metais Arsênio (As) e Cromo CR) nas espécies *Sciades herzbergii* e *Cynoscion acoupa* oriundas do Rio dos Cachorros.

METAIS	Espécie	Concentração média (mg/kg)	QR (THq)
Arsênio (As)	<i>Sciades herzbergii</i> (Bagre guribu)	7,58	5,3
	<i>Cynoscion acoupa</i> (Pescada Amarela)	3,29	2,3
Cromo (Cr)	<i>Sciades herzbergii</i> (Bagre Guribu)	1,0	0,55
	<i>Cynoscion acoupa</i> (Pescada Amarela)	0,6	0,16

A análise estatística indicou diferenças significativas nas concentrações médias de Al, As, Cr e Pb entre as espécies analisadas. Para Alumínio $Z=2,62$; $p = 0,008$, o Arsênio $t=3,0$; $p= 0,007$; o Cromo $t= 3,5$; $p= 0,005$, o Chumbo $Z=2,1$; $P= 0,03$. Comparações pareadas entre as duas espécies indicaram diferenças estatisticamente significativas, com valores mais elevados observados em *Sciades herzbergii* em relação a *Cynoscion acoupa* ($p < 0,05$).

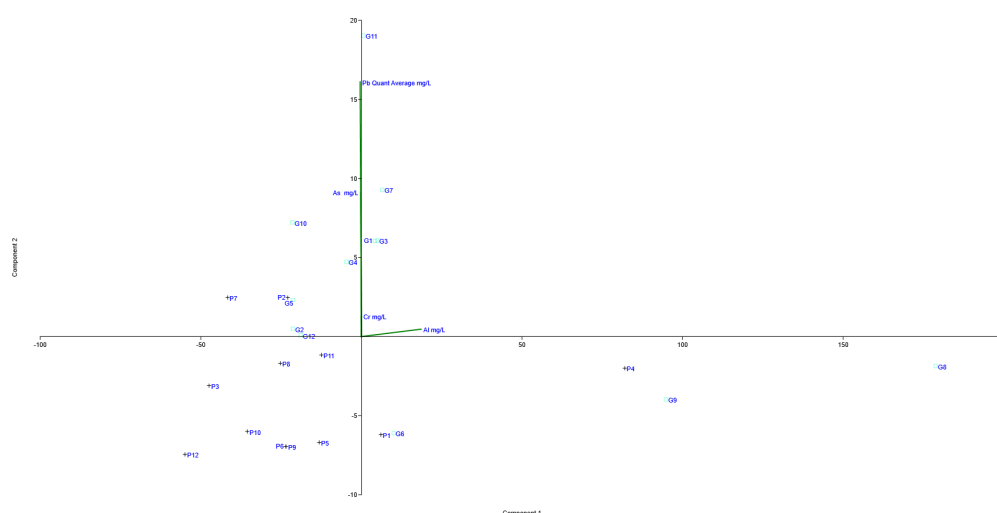
A Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada às concentrações dos metais Al, As, Cr e Pb permitiu identificar padrões distintos de bioacumulação entre as espécies analisadas (Figura 2). Os dois primeiros componentes explicaram conjuntamente 81,06% da variância total dos dados, sendo 52,31% atribuídos ao Componente 1 (PC1) e 28,75% ao Componente 2 (PC2).

O PC1 apresentou forte correlação positiva com os elementos alumínio (Al) e cromo (Cr), diferenciando principalmente as amostras da espécie *Sciades herzbergii*, que se distribuíram ao longo deste eixo. O PC2, por sua vez, foi mais influenciado pelas variáveis

arsênio (As) e chumbo (Pb), contribuindo para a dispersão adicional de outras amostras dessa mesma espécie no espaço fatorial.

As amostras de *Cynoscion acoupa* apresentaram distribuição concentrada no quadrante inferior esquerdo do gráfico de dispersão, caracterizando um agrupamento mais coeso e com menor influência dos vetores de metais. Em contraste, *S. herzbergii* exibiu ampla dispersão ao longo dos dois componentes principais, com projeção orientada na direção dos quatro vetores, evidenciando maior variabilidade intraespecífica e padrão de acúmulo mais acentuado dos elementos avaliados.

Figura 2 - Análise de Componentes Principais (ACP) para identificação de padrões de contaminação de peixes no Rio dos Cachorros



DISCUSSÃO

A análise das concentrações de metais nos tecidos musculares de *Sciades herzbergii* e *Cynoscion acoupa* revelou níveis preocupantes de alumínio (Al), arsênio (As), cromo (Cr) e chumbo (Pb), especialmente em *S. herzbergii*, espécie de hábito bentônico. Essa diferença é atribuída, principalmente, à sua maior interação com o sedimento — compartimento ambiental reconhecido como reservatório de metais pesados. Resultados semelhantes foram relatados por Souza-Araújo et al. (2022), que observaram maior bioacumulação de arsênio em peixes bentônicos da costa amazônica. De modo geral, a presença generalizada desses metais nos tecidos das espécies analisadas evidencia a influência de fontes antrópicas sobre o

estuário do rio dos Cachorros, em especial aquelas associadas às atividades portuárias, industriais e urbanas, que liberam efluentes e resíduos metálicos no ambiente aquático.

Neste estudo, o alumínio foi detectado em todas as amostras de tecido muscular das espécies analisadas. Embora não existam limites estabelecidos pela ANVISA para o Al em pescado, organismos como a OMS e a FAO reconhecem sua presença como preocupante quando relacionada à ingestão crônica. O maior acúmulo de alumínio foi observado em Bagre Guribu reforçando a hipótese de que espécies de hábito bentônico, por sua interação contínua com sedimentos compartimento no qual metais como o alumínio tendem a se concentrar, apresentam maior susceptibilidade à bioacumulação.

Santos (2015) já havia relatado concentrações de 69,22 mg/kg de alumínio em pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) e até 361,9 mg/kg em *Mugil curema*, espécie detritívora. Esses dados corroboram a tendência de maiores teores em organismos com hábitos alimentares ou comportamentais mais próximos ao fundo (Harrison, 2002).

O alumínio pode ser introduzido nos ecossistemas aquáticos por meio de processos naturais, como a lixiviação de rochas, e por fontes antropogênicas, especialmente mineração, lançamento de efluentes industriais e uso de agrotóxicos (Pinheiro *et al.*, 2020). Embora o alumínio não seja classificado como carcinogênico via ingestão alimentar, diversos estudos apontam seus efeitos adversos sobre organismos aquáticos e potenciais riscos à saúde humana (ATSRD, 2008). A exposição crônica está associada a efeitos neurotóxicos, distúrbios no metabolismo do cálcio e envolvimento em doenças degenerativas (Tomljenovic, 2011; Pinheiro *et al.*, 2020).

Um ensaio com a espécie *Astyanax altiparanae* (Lambari) demonstrou que o alumínio prejudica a qualidade do sêmen, reduzindo sua motilidade, além de induzir malformações em embriões e larvas, associadas a danos irreversíveis no DNA (Pinheiro *et al.*, 2022). Esses podem comprometer o equilíbrio ecológico dos ambientes e a estrutura populacional. A diminuição das populações de lambari e outras espécies sensíveis compromete a disponibilidade de recursos pesqueiros, afetando a segurança alimentar e a subsistência de populações humanas.

A proximidade da área de estudo com o complexo portuário e industrial de São Luís, que abriga terminais de uso privado vinculados ao beneficiamento de bauxita em alumina e à produção de alumínio, pode constituir uma importante fonte de antrópica de alumínio no estuário do rio dos Cachorros, ainda que não se possa estabelecer, com os dados disponíveis, uma relação direta.

Resultados preliminares de outro estudo desenvolvido por Almeida *et al* (2021) indicam que peixes da espécie guribu capturados nas proximidades do Complexo Portuário do Itaqui — localizado na mesma baía do Rio dos Cachorros — apresentaram maior frequência de ‘alterações genéticas, como mutações e quebras de DNA, em comparação a áreas sem o desenvolvimento dessa atividade. Sugerindo que a presença de xenobióticos nessa região pode estar induzindo efeitos genotóxicos relevantes na ictiofauna local.

No caso do Arsênio, todas as amostras de bagre guribu que apresentaram concentrações acima do limite de detecção (LD) ultrapassaram o valor máximo permitido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2013). Sirisangarunroj *et al.* (2023) relataram concentrações de Arsênio variando de 0,46 a 8,51 mg/kg em espécies de peixes com hábito bentônico, reforçando o potencial de bioacumulação desse elemento em organismos associados ao fundo.

Em um estudo realizado por Medeiros (2011) com espécies de peixes de importância comercial no estado do Rio de Janeiro, indivíduos da espécie popularmente conhecida como batata (*Lopholatilus villarii*) que possui hábito bentônico, apresentaram concentrações máximas de arsênio de até 11,8 mg/kg, valor semelhante aos encontrados no presente estudo. Embora o teor de arsênio encontrado por Wang *et al.* (2023) em corvina amarela (*Pseudosciaena crocea*) tenha atingido 6,67 mg/kg valor superior ao observado para a pescada amarela neste estudo, os níveis registrados aqui ainda representam um risco significativo à saúde humana, considerando os limites estabelecidos pelas agências reguladoras.

É importante destacar que o Arsênio é um elemento não essencial ao metabolismo humano e sua forma inorgânica é altamente tóxica (Oga; Camargo; Batistuzzo, 2021). Classificado pela Organização Mundial da Saúde como uma das dez substâncias químicas de maior preocupação para a saúde pública global, o elemento pode provocar efeitos neurotóxicos, genotóxicos e carcinogênicos (ATSDR, 2007; WHO, 2022). A principal via de exposição não

ocupacional ocorre por meio da ingestão de água e alimentos contaminados, como peixes oriundos de ambientes impactados por atividades antrópicas, especialmente mineração e fundição de metais (ATSDR, 2007).

Nesse contexto, Rabbane *et al.* (2022) destacam que a contaminação por arsênio pode gerar alterações significativas na morfologia, no comportamento, no desenvolvimento, na histopatologia e nos mecanismos moleculares dos peixes. Embora a literatura aponte que a maior parte do arsênio presente nos tecidos comestíveis de peixes esteja na forma orgânica (arsenobetaina), considerada de baixa toxicidade (Liao & Ling, 2003; Liu *et al.*, 2006), estima-se que entre 10% e 15% do total possa estar na forma inorgânica, que é consideravelmente mais tóxica (Liu *et al.*, 2006; 2018).

Os valores do Quociente de Risco (QR) foram calculados com base no arsênio total, o que pode superestimar o risco real. Ainda assim, os resultados indicam a necessidade de medidas preventivas diante do potencial impacto à saúde humana por exposição alimentar. O Bagre Guribu apresentou um QR médio de 5,3, enquanto a Pescada Amarela apresentou um QR de 2,39— ambos superiores ao valor de referência igual a 1, que representa o limiar de segurança para efeitos não carcinogênicos. Os valores de HQ foram considerados como potenciais riscos à saúde não carcinogênicos, considerando o efeito do seu consumo em altas quantidades ao longo do tempo.

Usese *et al.* (2017) encontrou valores semelhantes aos da pescada amarela para *Bathygobius soporator*, obtendo um Qr de 3,26, e para *Liza falcipinnis*, com valor de 3,75, indicando risco potencial à saúde humana associado ao consumo dessas espécies devido à exposição ao arsênio.

Outro estudo conduzido por Souza-Araújo *et al.* (2022), 25 das 27 espécies analisadas oriundas da costa amazônica, incluindo representantes dos gêneros *Ariidae* e *Cynoscion*, apresentaram valores de HQ superiores a 1, evidenciando um risco potencial associado ao consumo frequente desses peixes.

O elevado QR observado para o Bagre Guribu pode estar relacionado ao seu comportamento alimentar. Essa espécie consome predominantemente crustáceos bentônicos, que tendem a acumular elevadas concentrações de arsênio devido à maior deposição desse elemento

nos sedimentos, em comparação com as águas superficiais (Ribeiro; Almeida; Carvalho- Neta, 2012; Marques *et al.*, 2022).

As concentrações de cromo detectadas nas amostras de bagre guribu (*Sciades herzbergii*) ultrapassaram os limites estabelecidos pela Anvisa para metais em alimentos, enquanto os valores obtidos para a pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) permaneceram dentro dos parâmetros permitidos (Tabela 1).

O cromo (Cr) é um elemento encontrado em rochas, animais, plantas e solo, predominantemente em sua forma trivalente insolúvel. A intensificação das atividades industriais e outras atividades antropogênicas levaram à ocorrência global de Cromo hexavalente que é facilmente lixiviado do solo para águas subterrâneas ou superficiais, em concentrações acima dos níveis permitidos (Velma, Vutukuru, Tchounwou, 2009; Kamila *et al.*, 2023).

Embora este estudo não tenha diferenciado as espécies químicas do cromo, é importante destacar que a forma hexavalente (Cr^{6+}) é a mais tóxica, estando associada a diversos efeitos adversos à saúde humana, como lesões hepáticas e renais, mutações genéticas e interferência nos processos de replicação do DNA (De Paiva e Da Silva, 2024).

Além disso, o cromo é um elemento de elevada persistência no ambiente, o que favorece sua recirculação nos ecossistemas aquáticos e sua transferência ao longo das cadeias alimentares (Kamilla *et al.*, 2003). O fato de o bagre guribu ser uma espécie estuarina residente, com hábito bentônico e estreita interação com o sedimento pode explicar sua maior bioacumulação do metal, em comparação com espécies que se movem de forma mais ativa na água ou com hábitos menos próximos ao fundo como a pescada amarela.

A avaliação do risco à saúde humana por meio do cálculo do Hazard Quotient (HQ) indicou um valor de 0,55 para o consumo de bagre guribu e 0,16 para pescada, revelando um baixo risco para a saúde.

Os teores de chumbo encontrados apresentaram-se muito acima dos limites estabelecidos pela Anvisa. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) considera que não há nível seguro de exposição ao chumbo, o que torna esses resultados ainda mais preocupantes. Esse metal pode provocar efeitos tóxicos significativos nos sistemas

nervoso central e periférico, resultando em alterações neurocomportamentais como perda de memória, hiperexcitabilidade, depressão e apatia.

Uma análise realizada anteriormente na região do Rio dos Cachorros já indicava níveis significativos de contaminação por chumbo em espécies de peixes consumidas localmente. No estudo de Santos (2015), por exemplo, a pescada amarela apresentou uma concentração média de 6,35 mg/kg, enquanto o bagre guribu atingiu valores ainda mais elevados, com média de 10,15 mg/kg. Esses dados corroboram os resultados encontrados neste estudo, evidenciando a persistência da contaminação ao longo do tempo. Os dados apresentados também contribuem para essa interpretação, ao demonstrar que o hábito alimentar influencia diretamente na bioacumulação de metais em espécies bentônicas e detritívoras apresentando maiores.

De forma semelhante, o estudo conduzido por Olopade, Bemidele e Taiwo (2019) identificou concentrações comparáveis em espécies de água doce na África Ocidental, com teores variando entre 5,69 e 5,83 mg/kg em *Mormyrus* spp. e *Gymnarchus niloticus*, respectivamente. A convergência dos valores observados em diferentes regiões e espécies sugere que a bioacumulação de chumbo em ambientes aquáticos impactados é um fenômeno recorrente, reforçando a necessidade de monitoramentos contínuos e de políticas eficazes de controle de poluentes.

A principal fonte de contaminação ambiental por chumbo é de origem antrópica. Entre os principais vetores de liberação deste metal no ambiente estão os resíduos industriais e o uso de chumbo em baterias, tintas e plásticos. Além disso, atividades como o serviço de docagem em margens de rios também podem contribuir significativamente para a introdução de chumbo nos ecossistemas aquáticos.

A análise de estudos sobre a exposição de peixes ao chumbo evidencia os efeitos tóxicos deste metal mesmo em concentrações relativamente baixas. Em pesquisa realizada com peixes-zebra (*Danio rerio*), observou-se que a mortalidade aumentou proporcionalmente tanto com o tempo de exposição quanto com a concentração do chumbo (Arjariya *et al.*, 2019).

De forma semelhante, em experimento conduzido com *Oreochromis niloticus*, a exposição ao chumbo provocou alterações significativas em parâmetros bioquímicos, como

níveis de carboidratos, proteínas e lipídios, afetando órgãos essenciais como brânquias, fígado, músculos e rins (Sasikumar, 2022). Esses achados reforçam a necessidade de monitoramento constante da presença de metais pesados nos ambientes aquáticos, dado seu potencial impacto na saúde dos organismos e nos ecossistemas aquáticos.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam um cenário preocupante de contaminação ambiental no estuário do rio dos Cachorros, localizado em uma zona estuarina altamente impactada da costa maranhense. A detecção de metais potencialmente tóxicos, como alumínio, arsênio, cromo e chumbo, em tecidos musculares de peixes de importância comercial, como *Sciades herzbergii* e *Cynoscion acoupa*, indica não apenas a bioacumulação desses elementos, mas também a possibilidade de sua transferência ao longo da cadeia alimentar, representando risco direto à saúde das populações humanas que consomem esses organismos.

A espécie *S. herzbergii* apresentou concentrações mais elevadas para todos os metais analisados, o que se relaciona ao seu hábito bentônico e à maior interação com o sedimento, ambiente propício ao acúmulo de contaminantes. Esse padrão reforça a importância de considerar características ecológicas na avaliação da exposição e do risco ambiental.

A análise do Quociente de Risco evidenciou um risco potencial à saúde humana, especialmente no caso do arsênio, cujos valores médios ultrapassaram o limite de segurança em ambas as espécies. Embora o cromo tenha apresentado índices abaixo do nível crítico, sua persistência no ambiente e seu potencial de efeitos cumulativos requerem atenção. As concentrações de chumbo, por sua vez, excederam os limites legais em grande parte das amostras, sendo motivo de preocupação sanitária, sobretudo por sua toxicidade e ausência de dose segura de exposição.

Diante desse contexto, é necessário implementar ações integradas de monitoramento ambiental, revisar os parâmetros legais de qualidade para metais ainda não regulados, e ampliar os estudos ecotoxicológicos em diferentes compartimentos ambientais. Além disso, torna-se fundamental o desenvolvimento de estratégias de educação ambiental e de programas participativos junto às comunidades pesqueiras, como forma de fortalecer a gestão ambiental e a prevenção de riscos à saúde.

Os dados aqui apresentados contribuem de forma relevante para subsidiar políticas públicas voltadas à segurança alimentar, à proteção da biodiversidade e à promoção de práticas sustentáveis, alinhadas aos princípios da equidade social e da responsabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

ADETUTU, Adewale; ADEGBOLA, Peter Ifeoluwa; ABORISADE, Abiodun Bukunmi. Heavy metal concentrations in four fish species from the Lagos lagoon and their human health implications. **Heliyon**, v. 9, n. 12, 2023.

Agência de Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças (ATSDR). 2007. Perfil toxicológico do arsênio. Atlanta, GA: Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos EUA, Serviço de Saúde Pública.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2008. Toxicological Profile for Aluminum. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Arjariya N, Sahu NP, Pal AK, Das SS, Debnath D, Roy D, et al. Determination of toxic effects of lead acetate on different sizes of zebra fish (*Danio rerio*) in soft and hard water. *Saudi J Biol Sci*. 2020;27(1):317-325. doi:10.1016/j.sjbs.2019.10.013.

BARBIERI, MJJGG. The importance of enrichment factor (EF) and geoaccumulation index (Igeo) to evaluate the soil contamination. **J Geol Geophys**, v. 5, n. 1, p. 1-4, 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RDC nº 722, de 1º de julho de 2022*. Dispõe sobre as boas práticas em estudos não clínicos de segurança realizados com medicamentos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 04 jul. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-722-de-1-de-julho-de-2022-413795853>. Acesso em: 15 maio 2025.

DA SILVA, Karina Puga et al. Traços de metais e o consumo de pescados: aspectos epidemiológicos, ocorrências, uma revisão. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 17, n. 4, p. e6288-e6288, 2024.

DANCEY, Christine; REIDY, John. **Estatística Sem Matemática para Psicologia-7**. Penso Editora, 2006.

DE MATOS, Zênia Moreira; DE JESUS PIRES, Débora. TC09 BIOINDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA: UMA REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA. **Anais do**

Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG Câmpus Sudoeste–Quirinópolis, v. 3, p. 275-283, 2023.

DE MIRANDA, Luiz Bruner. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários Vol. 42**. Edusp, 2002. L: UM PANORAMA DO PROJETO COASTSNAP RS. **Geografias do Sul**, p. 164.

DE PAIVA, Reginaldo Sabóia; DA SILVA, Daniele Cristina Sousa. ANOMALIAS CONGÊNITAS OBSERVADAS EM ÍNDIOS XIKRINS NA ÁREA PRÓXIMA À MINERAÇÃO ONÇA-PUMA NO ESTADO DO PARÁ: AVALIAÇÃO DE TERATOGENICIDADE DE METAIS PESADOS. **Anais New Science Publishers| Editora Impacto**, 2024.

DE SOUZA-ARAUJO, Juliana et al. Human risk assessment of toxic elements (As, Cd, Hg, Pb) in marine fish from the Amazon. **Chemosphere**, v. 301, p. 134575, 2022.

DO NASCIMENTO, Regina Célia Macêdo et al. Qualidade da água de três estuários tropicais expostos a diferentes níveis de urbanização. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 20, n. 3, 2020.

FARAHAT, Emad; LINDERHOLM, Hans W. The effect of long-term wastewater irrigation on accumulation and transfer of heavy metals in *Cupressus sempervirens* leaves and adjacent soils. **Science of the Total Environment**, v. 512, p. 1-7, 2015.

HARRISON, I. J. 2002. Mugilidae. In: CARPENTER K. E. Species Identifications Sheets for fishery purposes. Roma: Food and Agriculture Organizations of the United Nation, VII. INCID-Instituto da Cidade, Pesquisa e Planejamento Urbano e Rural. Dados Socioeconômicos de São Luís. São Luís, 2024

KAMILA, Sreejata et al. Ecotoxicology of hexavalent chromium in fish: An updated review. **Science of the Total Environment**, v. 890, p. 164395, 2023.

LIAO, C. M.; LING, M. P. Assessment of human health risks for arsenic bioaccumulation in tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and large-scale mullet (*Liza macrolepis*) from blackfoot disease area in Taiwan. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 45, p. 264-272, 2003.

LIU, Chen-Wuing et al. Assessing the human health risks from exposure of inorganic arsenic through oyster (*Crassostrea gigas*) consumption in Taiwan. **Science of the Total Environment**, v. 361, n. 1-3, p. 57-66, 2006.

LIU, Yuan et al. Heavy metals (As, Hg and V) and stable isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) in fish from Yellow River Estuary, China. **Science of the total environment**, v. 613, p. 462-471, 2018.

MARQUES, Maria Nogueira et al. DETERMINAÇÃO DE ESPÉCIES QUÍMICAS EM SCIADES PROOPS (VALENCIENNES, 1840)(SILURIFORMES, ARIIDAE) COLETADAS NO ESTUÁRIO DO RIO JAPARATUBA, SE. **Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 290-303, 2022.

MEDEIROS, Renata Jurema. Avaliação de elementos inorgânicos e bifenilas policloradas no pescado comercializado no município de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. 2011.

MEHANA, El-Sayed E. et al. Biomonitoramento da poluição por metais pesados usando parasita acantocéfalos no ecossistema: uma visão geral atualizada. **Animais** , v. 10, n. 5, pág. 811, 2020.

OGA, S.; CAMARGO, M.M.A; BATISTUZZO, J.A.O. (eds). Fundamentos de Toxicologia. 5ª edição. São Paulo: Atheneu Editora, 2021. 848.

PANDEY, Mayank et al. Assessment of metal bioaccumulation in Mastacembelus armatus (eel) and exposure evaluation in human. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 7, p. 103-109, 2017.

PINHEIRO, JPS et al. A temperatura da água e o pH ácido influenciam os efeitos citotóxicos e genotóxicos do alumínio no teleósteo de água doce *Astyanax altiparanae* (Teleostei: characidae). *Chemosphere* 220, 266e274 [em linha]. 2019.

Qiu, Yao-Wen, Et Al. Bioaccumulation Of Trace Metals In Farmed Fish From South China And Potential Risk Assessment. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, 2011, 74.3: 284-293.

RABBANE, Md Golam et al. Toxic effects of arsenic in commercially important fish rohu carp, *Labeo rohita* of Bangladesh. **Fishes**, v. 7, n. 5, p. 217, 2022.

RIBEIRO, E. B.; ALMEIDA, Z. S.; CARVALHO-NETA, R. N. F. Hábito alimentar do bagre *Sciades herzbergii* (Siluriformes, Ariidae) da Ilha dos Caranguejos, Maranhão, Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 1761-1765, 2012

ROCHA, Janaína Sobreira et al. BIOACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS EM PEIXES: IMPACTOS SOBRE A SAÚDE HUMANA E MEIO AMBIENTE. **Ciência Animal**, v. 33, n. 1, p. 40-43, 2023.

SANTOS, Denise Cristine Carvalho. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS CACHORROS: POPULAÇÃO, SAÚDE E AMBIENTE.. 2015.

SASIKUMAR, S.; LEON, J. Prakash Sahaya. Efeitos toxicológicos do nitrato de chumbo nos parâmetros bioquímicos do peixe de água doce *Oreochromis niloticus*. (2022). **Int. J. Life Sci. Pharma Res** , v. 12, n. 5, p. L23-28, 2022.

SIRISANGARUNROJ, Prasit et al. Toxic heavy metals and their risk assessment of exposure in selected freshwater and marine fish in Thailand. **Foods**, v. 12, n. 21, p. 3967, 2023.

STORELLI, M. M. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). *Food and Chemical Toxicology*, London, n. 46, p. 2782-2788, 2008.

TABINDA, A. B. et al. Accumulation of toxic and essential trace metals in fish and prawns from Keti Bunder Thatta District, Sindh. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 42, n. 5, 2010.

TAIWO, Iyabode Olusola; OLOPADE, Olaniyi Alaba; BAMIDELE, Nathanael Akinsafe. Concentração de metais pesados em oito espécies de peixes da Lagoa Epe (Nigéria). **Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research** , v. 21, n. 1, p. 69-82, 2019.

TOMLJENOVIC, Lucija. Aluminum and Alzheimer's disease: after a century of controversy, is there a plausible link?. *Journal of Alzheimer's disease*, v. 23, n. 4, p. 567-598, 2011.

TREICHL, Nicolas Gaberz de Almeida. Revisão sistemática de contaminação por metais nos estuários do sul-sudeste brasileiro. 2022.

United States Environmental Protection Agency. Chemicals, Pesticides and Toxics Topics. Acesso em: 27 set. 2023
<https://www.epa.gov/environmental-topics/chemicals-pesticidesand-toxics-topics>

USESE, Amii et al. Concentrations of arsenic in water and fish in a tropical open lagoon, Southwest-Nigeria: Health risk assessment. **Environmental Technology & Innovation**, v. 8, p. 164-171, 2017.

VAZZOLER, A. E. A. M. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Ed da UEM, 1996.

VELMA, Venkatramreddy; VUTUKURU, S. S.; TCHOUNWOU, Paul B. Ecotoxicology of hexavalent chromium in freshwater fish: a critical review. **Reviews on environmental health**, v. 24, n. 2, p. 129-146, 2009.

WANG, Xiaoxiong et al. Anthropogenic As pollution mediated by submarine groundwater discharge in a marine ranch. **Marine Pollution Bulletin**, v. 196, p. 115681, 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Arsenic. Geneva: WHO, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>. Acesso em: 11 maio 2025.

XIA, Zihan et al. Heavy metals in suspended particulate matter in the Yarlung Tsangpo River, Southwest China. **Geosystems and Geoenvironment**, p. 100160, 2022.

Zar, J., 2010. Biostatistical analysis. 5th. Pearson Prentice-Hall, Up. Saddle River.

II. CAPÍTULO II

Percepção Ambiental de uma comunidade costeira da Amazônia Oriental sobre processos de contaminação por metais pesados em ambiente aquático

Larissa Gabrielle Pinheiro Ferreira ^{a, b, *}, Marcelo Henrique Lopes Silva ^{a, b}

^a Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Rede PRODEMA - Mestrado e Doutorado, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, São Luís, Maranhão, Brasil

^b Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros – LABIRPesq, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, São Luís, Maranhão, Brasil

RESUMO

Este estudo investiga a percepção ambiental e os aspectos sociais de uma comunidade costeira amazônica em relação aos processos de alteração ambiental e à contaminação por metais em ambientes aquáticos. A pesquisa tem como objetivo compreender como os membros da comunidade do Rio dos Cachorros percebem as mudanças no ecossistema local, especialmente no que se refere à contaminação por metais pesados, e os impactos socioambientais associados. Através de uma abordagem qualitativa, foram realizadas a coleta de dados através de questionários permitindo identificar as percepções da comunidade sobre os riscos ambientais e os efeitos dessa contaminação em suas práticas diárias e na saúde coletiva. Além disso, a análise dos aspectos sociais revela como fatores como cultura, economia e acesso aos recursos influenciam a relação da comunidade com o rio e a percepção dos impactos ambientais. Os resultados apontam para uma crescente consciência ambiental, mas também para uma falta de informações específicas sobre a contaminação por metais, que é frequentemente relacionada a problemas de saúde e degradação dos recursos naturais. Este estudo contribui para o entendimento das interações entre os processos ambientais e as dinâmicas sociais em comunidades costeiras amazônicas, destacando a importância da educação ambiental e da gestão sustentável dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Rio do cachorros; Poluição Hídrica, Riscos ambientais.

ABSTRACT

This study investigates the environmental perception and social aspects of a coastal Amazonian community regarding environmental change processes and metal contamination in aquatic environments. The research aims to understand how members of the Rio dos Cachorros community perceive changes in the local ecosystem, particularly with respect to heavy metal contamination and the associated socio-environmental impacts. Using a qualitative approach, data were collected through questionnaires, enabling the identification of community perceptions about environmental risks and the effects of this contamination on daily practices and public health. Furthermore, the analysis of social aspects reveals how factors such as culture, economy, and access to resources influence the community's relationship with the river and their perception of environmental impacts. The results indicate a growing environmental awareness, yet also a lack of specific information regarding metal contamination, which is often linked to health problems and the degradation of natural resources. This study contributes to the understanding of the interactions between environmental processes and social dynamics in coastal Amazonian communities, highlighting the importance of environmental education and the sustainable management of water resources.

Keywords: Rio dos cachorros, Marine Pollution, Environmental Risks.

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira é uma região que exibe uma dinâmica única, abrigando ecossistemas diversos e interconectados, os quais sustentam habitats ricos e essenciais para inúmeras espécies e que fornecem serviços ecológicos e recursos indispensáveis para as comunidades humanas (Barros, Milanez, 2020).

A interação entre o oceano, atmosfera e continente confere a esses ambientes características singulares, que podem ser observadas na geologia, geomorfologia e biodiversidade (Diegues, 1998; Hubner, 2020). Essa complexidade natural, somada à atratividade da área para atividades humanas e industriais, intensifica os impactos antrópicos, muitas vezes comprometendo o equilíbrio ambiental (Tischer; Polette, 2005).

As dinâmicas ambientais que impactam comunidades costeiras frequentemente extrapolam sua capacidade de controle, como apontam Gruber, Barboza e Nicolodi (2003) e Hubner (2020), evidenciando a necessidade de planejamento adequado do uso e ocupação desses territórios, com vistas à conservação ambiental e ao bem-estar coletivo. Ressaltam ainda que a conciliação entre crescimento econômico e preservação ambiental requer uma abordagem integrada e sustentável. Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável busca enfrentar as pressões ambientais sem negligenciar os aspectos econômicos, assegurando um ambiente equilibrado que atenda às necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras (Bohrer, 2023).

Diante desse cenário, o uso de ferramentas que permitam compreender as relações estabelecidas pelas comunidades com o território, incluindo suas atividades produtivas, formas de apropriação e percepção da dinâmica ambiental, é fundamental para diagnósticos precisos e para a formulação de soluções eficazes. Dentre essas ferramentas, destaca-se a percepção ambiental, que possibilita compreender como as populações interpretam e respondem ao ambiente que habitam (Rodrigues, 2012). A percepção do espaço é um fenômeno sensorial e emocional, influenciado não apenas pelas experiências diretas, mas também por informações e representações transmitidas culturalmente. Assim, o ambiente percebido transcende o conjunto de elementos físicos, constituindo-se como um sistema de significados construído ao longo do tempo (Tuan, 1974).

Diante das complexas questões socioambientais que permeiam as regiões costeiras do Brasil, somadas à urgente demanda por um debate mais participativo e efetivo sobre a gestão e mitigação dos impactos nesses territórios, torna-se fundamental investigar como a sociedade percebe as transformações em seu entorno (Lopes; Alencar, 2013). Nesse processo, é igualmente relevante compreender de que forma o indivíduo percebe e valoriza o ambiente em que vive, e como essa percepção influencia suas atitudes, comportamentos e decisões frente ao uso dos recursos naturais, à conservação do meio ambiente e à adoção de práticas sustentáveis (Melazo, 2005; Ribeiro *et al.*, 2025).

Entre os territórios costeiros que evidenciam com clareza essas questões, destaca-se o estado do Maranhão, cuja configuração litorânea reflete a complexidade dos desafios socioambientais enfrentados por comunidades tradicionais e urbanas. O estado possui 640 km de costa, estendendo-se no sentido oeste-leste, da foz do rio Gurupi, na divisa com o Pará, até o delta do rio Parnaíba, na fronteira com o Piauí (Feitosa, 2006). Em razão das variações em

suas características geoambientais, o litoral maranhense está dividido em 5 setores: (1) Golfão Maranhense, (2) Litoral Oriental, (3) Litoral Ocidental, (4) Baixada Maranhense e (5) Parcel Manuel Luís.

Entre esses setores, o Golfão Maranhense concentra importantes centros urbanos e comunidades tradicionais que vivenciam diretamente os efeitos das transformações ambientais e sociais. Nesse contexto, destaca-se o povoado Rio dos Cachorros, localizado na zona rural de São Luís (MA) e inserido na Reserva Extrativista (RESEX) de Tauá-Mirim, como um caso emblemático dos desafios enfrentados pelas comunidades costeiras.

Historicamente dependente da pesca artesanal e da agricultura de subsistência, a localidade sofre intensas pressões ambientais decorrentes da expansão urbana desordenada e da contaminação hídrica por atividades industriais, comprometendo a qualidade ambiental da região e afetando diretamente as condições de vida da população local. (De Jesus; Junior, 2015).

Em comunidades como o Rio dos Cachorros, onde as transformações socioambientais podem afetar diretamente a subsistência e o bem-estar da população, a percepção ambiental dos moradores torna-se uma ferramenta estratégica para compreender as interpretações e os significados atribuídos a essas mudanças em seu cotidiano. O entendimento dessa percepção pode revelar tanto a consciência dos problemas ambientais quanto a disposição coletiva para colaborar em soluções (Melazo, 2005).

Nesse sentido, o presente estudo tem por objetivo investigar a percepção ambiental da comunidade do Rio dos cachorros frente aos processos de alteração ambiental decorrentes das diversas atividades desenvolvidas às margens do rio. A proposta visa dar voz às populações locais e contribuir para um debate mais amplo sobre o papel da percepção ambiental como ferramenta estratégica para a gestão de territórios costeiros.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

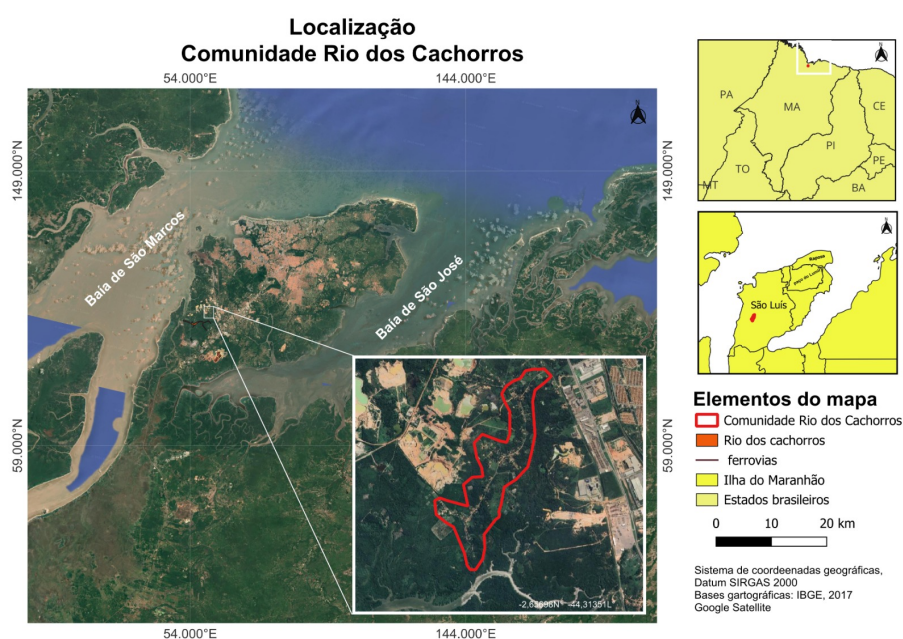
2.1 Área de Estudo

O Rio dos Cachorros é um povoado localizado no sudoeste da Ilha do Maranhão, a aproximadamente 2° ao sul da linha do Equador, nas proximidades da Vila Maranhão e dos complexos industriais da Vale e da Alumar, situado na zona rural do município de São Luís, Maranhão (Figura 1). Trata-se de uma área tradicionalmente ocupada por populações que

dependem dos recursos naturais para sua subsistência. O povoado está inserido na RESEX de Tauá-Mirim e foi uma das comunidades que protagonizou o processo de mobilização social pela criação da Unidade de Conservação (De Jesus; Junior, 2015).

A proximidade com áreas urbanas e industriais impõe à comunidade diversos desafios, como pressões ambientais, conflitos fundiários e expansão urbana desordenada, fatores que podem afetar diretamente o cotidiano da população local e comprometer os ecossistemas que sustentam sua sobrevivência.

Figura 1: Mapa da localização da comunidade do Rio dos Cachorros



Fonte: Elaborado pelos de autores (2025)

2.2 Amostragem e Critérios de Seleção

A seleção dos participantes seguiu o método de amostragem não probabilística, utilizando a técnica de *bola de neve* (*snowball sampling*), recomendada em estudos com populações tradicionais, nos quais o vínculo de confiança entre pesquisador e comunidade é essencial para a coleta de dados qualitativos sensíveis. O processo se iniciou com informantes-chave, que indicaram novos participantes, respeitando os critérios definidos.

Foram incluídos indivíduos com idade igual ou superior a 18 anos e que manifestaram consentimento voluntário. Os participantes que apresentaram dificuldades cognitivas ou recusaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foram

excluídos. O número amostral foi definido a partir do momento que as respostas mostraram um padrão repetitivo.

2.4 Coleta de Dados

A coleta foi realizada entre novembro e dezembro de 2024, por meio de entrevistas presenciais, conduzidas por equipe treinada da própria região, a fim de garantir familiaridade linguística e sociocultural.

As entrevistas foram registradas em formulários impressos e auditadas em campo. Foram aplicados 42 questionários válidos.

2.5 Instrumento de Pesquisa

O instrumento consistiu em um questionário semiestruturado elaborado com base em referenciais metodológicos sobre percepção ambiental e adaptado às especificidades socioculturais do território estudado. O questionário foi estruturado em dois eixos principais:

- Eixo I: informações socioeconômicas (sexo, idade, escolaridade, ocupação, tempo de residência);
- Eixo II: percepção ambiental, com ênfase na contaminação hídrica, percepção de riscos associados a metais e fontes de poluição reconhecidas pela comunidade.

2.6 Processamento e Análise dos Dados

As respostas às questões fechadas foram tabuladas no Microsoft® Excel 2021 e analisadas por estatística descritiva (frequências absolutas e relativas). Os dados qualitativos oriundos das questões abertas foram analisados por meio da técnica de análise de conteúdo temática proposta por Puglisi (2005), com codificação aberta e categorização por similaridade semântica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra do estudo reuniu 42 participantes da comunidade do Rio dos Cachorros, com distribuição equilibrada entre os sexos (22 homens e 20 mulheres) e faixa etária variando entre 18 e 84 anos, com média de 45 anos. Houve predominância de indivíduos entre 31 e 50 anos (40,5%), seguidos por 35,7% com 51 anos ou mais e 23,8% entre 18 e 30 anos.

Os participantes encontram-se, em sua maioria, em idade economicamente ativa, e grande parte declarou envolvimento direto com atividades como a pesca artesanal e outras práticas produtivas locais. Esse perfil é recorrente em comunidades costeiras da Amazônia, onde a organização do trabalho está fortemente relacionada à tradição, à subsistência e à territorialidade (Areia *et al.*, 2023; Amone-Mabuto *et al.*, 2023). A expressiva presença de moradores com 50 anos ou mais indica a permanência intergeracional na comunidade e o fortalecimento dos vínculos com o território. Segundo Lifschitz (2017), esse grupo etário contribui não apenas com sua longevidade produtiva, mas também com a transmissão de saberes tradicionais sobre a dinâmica ambiental local, atuando como repositório de memórias ecológicas.

A pesquisa também revelou uma ampla diversidade nos níveis de escolaridade, desde pessoas não alfabetizadas até aquelas com ensino superior completo. Essa heterogeneidade reforça a complexidade social da comunidade e destaca a necessidade de estratégias de sensibilização ambiental que considerem diferentes níveis de letramento ecológico (Mendoza *et al.*, 2023; Rodrigues, 2012). A presença de indivíduos com distintas formações educacionais pode ampliar o alcance das ações educativas, promovendo abordagens mais inclusivas e adaptadas às realidades locais. De acordo com Zanini *et al.* (2021), a articulação entre saberes empíricos e acadêmicos se constitui em um ativo estratégico na promoção da sustentabilidade, e não em um obstáculo à sua efetividade.

Outro aspecto relevante observado foi o fato de que 52,4% dos entrevistados nasceram no próprio povoado. Essa predominância reforça a construção de vínculos identitários e um sentimento de pertencimento territorial, os quais influenciam diretamente a forma como os indivíduos percebem o ambiente. A convivência com o território favorece a observação direta das transformações ecológicas e o desenvolvimento de interpretações sensíveis às dinâmicas ambientais locais (Areia *et al.*, 2023; Palawan *et al.*, 2022). A Tabela 1 apresenta a síntese das variáveis sociais analisadas.

Tabela 1- Informações socioeconômicas dos entrevistados

INFORMAÇÕES SOCIOECONÔMICAS (N=42)					
CLASSES	%	CLASSES	%	CLASSES	%
SEXO		ESTADO CIVIL		ESCOLARIDADE	
F	47,6%	Solteiro	50	Analfabeto	2,4
M	52,4%	Casado	47,6	Ensino Fundamental Incompleto	37,7
		Viúvo	2,4	Ensino Fundamental Completo	7,1
		Nascidos na comunidade		Ensino Médio Incompleto	9,5
18-30	23,8	Sim	52,4	Ensino Médio Completo	31
31-50	40,5	Não	47,6	Ensino Superior Incompleto	4,8
51 ou mais	35,7			Ensino Superior Completo	9,5

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

No contexto ocupacional, a maior parte dos envolvidos (78,5%) demonstraram realizar alguma atividade extrativista diretamente ligada aos recursos pesqueiros, mesmo que essa não seja sua ocupação principal (Tabela 2). A pesca artesanal foi a atividade pesqueira mais citada (78,6%), seguido da mariscagem (21,4%) e do arrasto de camarão (8,3%). Uma parcela de 12,12% dos indivíduos afirma realizar duas ou mais dessas práticas. Essas funções reforçam uma dependência econômica e de subsistência dos moradores do povoado em relação aos corpos hídricos locais (Diegues, 1995; Pinto *et al.*, 2022).

Todas as pessoas que citaram a mariscagem são mulheres. A atividade das marisqueiras frequentemente é vista como "ajuda complementar", o que diminui seu reconhecimento como ocupação de fato, algumas mulheres se revelaram donas de casa que praticam mariscagem, mas não colocam a coleta de mariscos como ocupação principal.

A mariscagem é, muitas vezes, a única atividade em comunidades pesqueiras e que permite às mulheres contribuírem economicamente sem se afastar de suas responsabilidades domésticas ou dos pós pesca dos homens. Esse cenário reforça a importância de valorizar o papel das marisqueiras como agentes produtivos no contexto da pesca artesanal (Borges, 2017; De Araújo *et al.*, 2023).

A pesca foi mencionada por 66,6% dos homens entrevistados como principal ou secundária atividade produtiva. Além das práticas extrativistas, os participantes também

relatarem outras ocupações, como trabalhador doméstico (14,2%), estudante (9,5%), pedreiro (7,1%), lavrador (7,1%) e aposentado (4,8%). Em 30,2% das respostas, foram indicadas ocupações diversas, incluindo trabalhos informais e intermitentes. Em vários casos, observou-se o acúmulo de funções, revelando a necessidade de múltiplas fontes de renda para garantir a manutenção da subsistência familiar em contextos socioeconômicos marcados pela instabilidade e pela sazonalidade da pesca.

Tabela 2- Informações sobre atividade e ocupação dos participantes

Ocupação Principal	%	Prática de Atividade Pesqueira	%
Pescador	33,3	Sim	78,6
Trabalhadores Domésticos	14,2	Não	21,4
Estudantes	9,5	Tipo de atividade pesqueira	%
Pedreiro	7,1	Pesca	78,6
Lavrador	7,1	Mariscagem	21,4
Aposentado	4,8	Arrasto de camarão	8,3
Marisqueira	4,8		
Outros	30,2		

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Quando questionados sobre as finalidades associadas ao uso do rio, os participantes apontaram múltiplas formas de aproveitamento do recurso hídrico, revelando um perfil de uso diversificado (Figura 2). A pesca foi indicada como principal atividade por 43,3% dos entrevistados, o que ressalta a importância do rio tanto para a segurança alimentar quanto para a geração de renda da comunidade. O uso para banho (22,2%) e lazer (11,7%) evidencia o valor simbólico, social e cultural atribuído ao corpo d'água. Outras funções, como a mariscagem (10%) e a utilização doméstica (5%), reforçam o caráter multifuncional do rio na dinâmica cotidiana da população local.

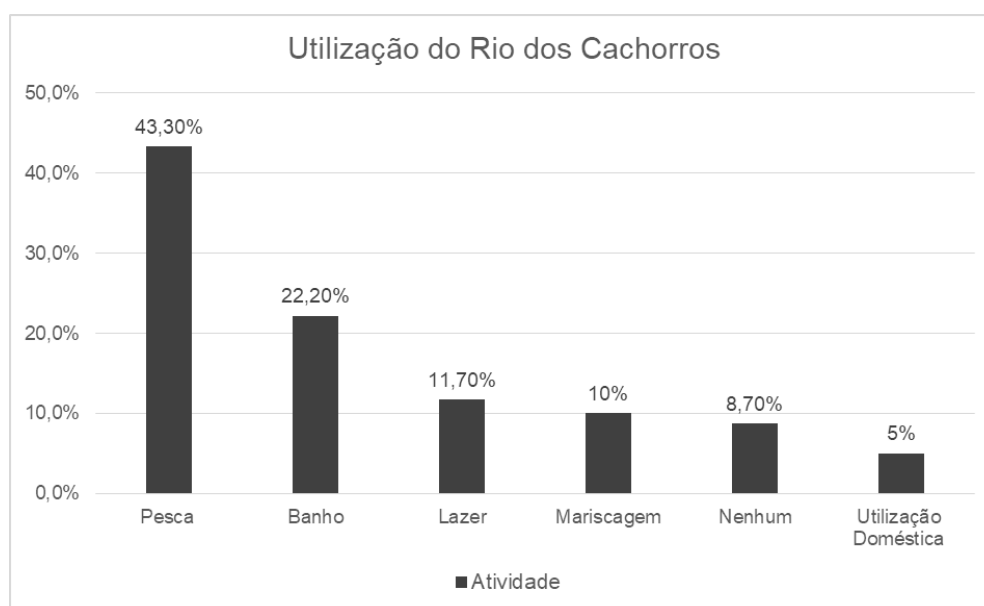
É relevante destacar que 8,7% dos respondentes declararam não utilizar diretamente o rio, o que pode indicar vínculos ocupacionais desvinculados de sua dependência direta ou percepção negativa quanto à sua qualidade ambiental.

A diversidade de usos atribuídos ao rio pelos moradores evidencia não apenas sua função ecológica, mas também seu papel como elemento estruturante da vida comunitária.

Em territórios tradicionais, corpos hídricos não são percebidos unicamente como recursos naturais, mas como espaços de sociabilidade, memória, trabalho e afeto (Souza, 2016; Diegues, 1995).

A pesca e a mariscagem, por exemplo, integram sistemas produtivos de base familiar, transmitidos intergeracionalmente, enquanto práticas como o banho e o lazer revelam dimensões simbólicas do pertencimento ao território. Ao mesmo tempo, o fato de alguns moradores não utilizarem o rio pode refletir transformações socioeconômicas, degradação ambiental percebida ou mesmo processos de desconexão cultural com o ambiente (Berkes *et al.*, 2000; Rodrigues, 2012). Esse contexto reforça a necessidade de políticas públicas e ações de gestão que reconheçam a multifuncionalidade dos ecossistemas aquáticos e as diferentes formas de relação das populações com a natureza.

Figura 2- Categorias e porcentagem identificadas como respostas aos usos do Rio dos Cachorros

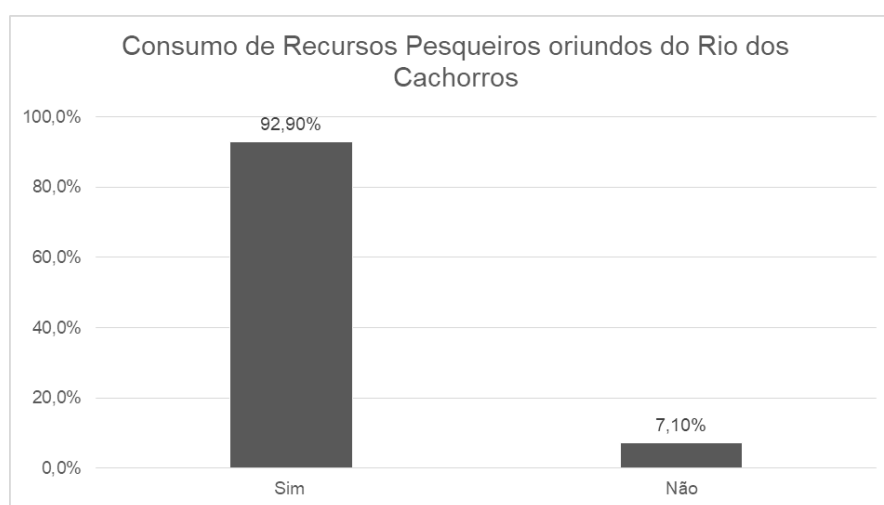


Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A maioria dos entrevistados (92,9%) relatou consumir recursos pesqueiros capturados no Rio dos Cachorros, enquanto apenas 7,1% declararam não consumir organismos oriundos desse ambiente aquático (Figura 3). Esse dado evidencia a centralidade do rio na dieta alimentar da comunidade, indicando não apenas a importância cultural e econômica da pesca, mas também sua relevância para a segurança alimentar local.

A pesca em rios é reconhecida como uma das principais fontes de proteína animal para populações ribeirinhas e costeiras, contribuindo não apenas para o sustento econômico, mas também para a estabilidade nutricional dessas comunidades (Begossi *et al.*, 2018). O elevado índice de consumo local indica que, mesmo diante de possíveis riscos de contaminação, os moradores continuam acessando esses recursos, o que reforça a necessidade de ações de monitoramento, educação ambiental e gestão participativa voltadas à qualidade da água e dos estoques pesqueiros.

Figura 3- Categorias e porcentagem como respostas para consumo de organismos oriundos do Rio dos Cachorros



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Entre os 131 registros de consumo de organismos aquáticos, a tainha foi a espécie mais mencionada, com 31 ocorrências (22,96%), evidenciando sua ampla disponibilidade nos estuários maranhenses e sua importância tanto econômica quanto cultural para as comunidades pesqueiras locais. Em seguida, destacaram-se o bagre (22 menções; 16,79%), a pescada (16; 12,21%) e o camarão (15; 11,45%), este último sendo o invertebrado mais citado.

A sardinha, o pacamão e o sururu foram igualmente mencionados (7 ocorrências cada; 5,34%), enquanto caranguejo e tralhoto receberam 5 citações (3,82%). Camurim (4; 3,05%), siri (3; 2,29%), peixe-pedra (2; 1,53%) e guriuba (1; 0,76%) foram os organismos menos mencionados (Figura 4).

A variedade de espécies citadas revela não apenas os hábitos alimentares da comunidade, mas também uma possível relação com a diversidade funcional presente nos ecossistemas costeiros, reforçando a importância ecológica de uma fauna rica e diversificada para a manutenção do equilíbrio ambiental (Pauly; Christensen, 1995).

Um estudo realizado por Carvalho (2024) na área portuária de São Luís identificou 14 ordens distintas de peixes, demonstrando a elevada diversidade da ictiofauna na região. Entre os pontos de coleta, o Rio dos Cachorros apresentou predominância de organismos das ordens Siluriformes, Perciformes e Mugiliformes, os quais também foram amplamente reconhecidos pela população local neste estudo. Essa coincidência entre o conhecimento empírico da comunidade e os dados científicos reforça não apenas a importância ecológica desses grupos, mas também sua relevância socioeconômica para a segurança alimentar e a economia artesanal da região.

Figura 4 – Categorias e porcentagem identificadas como respostas para quais organismos oriundos do Rio dos Cachorros são consumidos



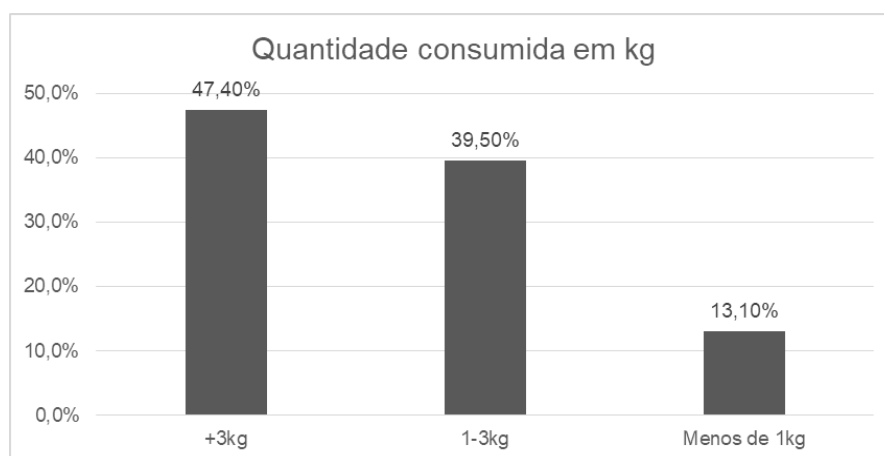
Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Ao responderem sobre a quantidade consumida semanalmente de pescados oriundos do Rio dos Cachorros, 45,37% dos entrevistados indicaram consumir mais de 3 kg de peixe por semana (Figura 5). Esse dado revela uma forte dependência da comunidade em relação aos recursos pesqueiros locais, os quais representam a principal fonte de proteína animal na dieta cotidiana.

Considerar a pesca como parte de um sistema alimentar, torna a importância da segurança nutricional mais clara, pois não se trata apenas da disponibilidade de alimentos, mas também de sua acessibilidade e de práticas sustentáveis que garantam a continuidade desses recursos ao longo do tempo (Hellebrandt; Allison; Delaporte, 2014; Reis- Filho *et al.*, 2019).

Considerando o elevado consumo relatado, torna-se mais relevante refletir sobre a vulnerabilidade alimentar e os riscos associados à qualidade dos recursos pesqueiros consumidos. Em contextos de contaminação hídrica por metais pesados, como já apontado em estudos realizados na zona portuária de São Luis (Santos, 2015) o consumo contínuo de organismos aquáticos pode representar um risco à saúde, sobretudo em populações cuja dieta depende fortemente do pescado.

Figura 5 – Categorias e Porcentagem identificadas como respostas para quantidade de organismos oriundos do Rio consumidos semanalmente



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Para compreender como a comunidade percebe a qualidade ambiental do Rio dos Cachorros e os possíveis riscos à saúde associados à sua poluição, foram incluídas no questionário perguntas voltadas a três aspectos principais: conhecimento sobre a ocorrência de mortandade de organismos, percepção sobre o nível de poluição da água e preocupação com doenças relacionadas ao ambiente contaminado.

A maioria dos entrevistados (54,8%) declarou não ter conhecimento sobre episódios de mortandade de organismos aquáticos no rio. Esse desconhecimento pode estar relacionado à baixa exposição a evidências diretas de impactos ambientais. A percepção de problemas

ambientais pode ser influenciada pela observação de sinais concretos, como alterações na coloração ou odor da água, acúmulo de resíduos ou presença de animais mortos. O que sugere que a ausência de sinais visíveis pode limitar a conscientização da comunidade sobre os problemas ambientais locais.

Por outro lado, 81% dos participantes afirmaram acreditar que o rio está poluído, sugerindo que a percepção de poluição está amplamente disseminada na comunidade. A relação entre a qualidade da água e a saúde foi ainda mais evidente: 88,1% dos entrevistados associaram a poluição do rio à possibilidade de ocorrência de doenças, demonstrando uma consciência ampliada sobre os impactos ambientais na saúde humana.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2018), mais de 12 milhões de mortes anuais no mundo estão relacionadas a fatores ambientais, incluindo a poluição hídrica, especialmente em regiões de maior vulnerabilidade social. A preocupação demonstrada pelo povoado pode estar vinculada à presença recorrente de enfermidades de veiculação hídrica em áreas sem acesso pleno a saneamento ou informação. Esse cenário reforça a urgência de políticas públicas que promovam o controle da poluição, a melhoria da qualidade da água e o acesso a ações de educação ambiental voltadas à prevenção de riscos sanitários (Lopes, 2020).

Tabela 3 – Distribuição percentual das respostas relacionadas à percepção ambiental sobre a qualidade da água, ocorrência de mortandade de organismos e riscos à saúde associados à poluição do Rio dos Cachorros.

Conhecimento da mortandade de organismos no rio	%	Acredita que o rio está poluído?	%	Se esta poluição pode trazer doenças?	%
Sim	45,2 %	Sim	81 %	Sim	88,1 %
Não	54,8 %	Não	19 %	Não	11,9 %

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Para avaliar a percepção da comunidade sobre a presença e os riscos dos metais pesados, o questionário contemplou questões sobre o conhecimento geral do tema, os

impactos na saúde e no ambiente, os elementos mais reconhecidos pelos entrevistados e as possíveis rotas de exposição humana (Tabela 4).

Metade dos entrevistados (50%) afirmou saber o que são metais pesados, enquanto a outra metade declarou desconhecer o tema. Entre os que citaram exemplos, o ferro foi o mais mencionado (40%), seguido por alumínio (26,6%), cobre e chumbo (ambos com 10%), zinco (6,6%), e por fim, níquel e mercúrio (ambos com 3,4%). A prevalência do ferro pode estar associada à sua reconhecida importância biológica e à ampla presença em contextos cotidianos, como alimentos, suplementos e utensílios domésticos (Duarte, 2020).

A citação do alumínio pode refletir a influência da atividade industrial e portuária presente no entorno da comunidade, especialmente considerando a atuação de empresas de extração e beneficiamento do mineral na região. Por outro lado, a baixa frequência de menção a metais altamente tóxicos, como chumbo e mercúrio, sugere uma possível subestimação dos riscos associados a esses elementos ou uma lacuna no acesso a informações ambientais qualificadas (Sales *et al.*, 2019).

A percepção da contaminação hídrica por metais pesados é elevada: 92,9% dos entrevistados reconheceram a possibilidade de transferência desses poluentes para o organismo humano. A alimentação foi indicada como principal via de exposição (86%), especialmente pelo consumo de peixes e mariscos capturados no rio, enquanto o banho foi apontado por 14% dos respondentes.

Estudos demonstram que a biomagnificação é um processo recorrente nos ecossistemas aquáticos, em que os metais pesados se acumulam progressivamente nos organismos ao longo da cadeia trófica, aumentando os riscos à saúde humana (Rocha, 2023; Viana, 2023). Em comunidades dependentes do pescado como fonte de alimento, esse acúmulo representa um fator de risco relevante que é subnotificado.

Embora a ingestão de água e alimentos contaminados seja reconhecida como a principal via de exposição, outras rotas, como o contato dérmico com águas poluídas, também devem ser consideradas, especialmente em comunidades ribeirinhas que utilizam o rio para banho, recreação e outras atividades cotidianas. Ainda que pouco mencionada pelos entrevistados (14%), essa via pode representar riscos à saúde, a depender da toxicidade,

solubilidade e biodisponibilidade dos elementos presentes (USEPA, 2004; WHO, 2017; Da Silva *et al.*, 2019).

A discrepância entre a percepção da população e os riscos reais reforça a importância de ações voltadas à educação ambiental, com estratégias que promovam a disseminação de informações acessíveis sobre os impactos da poluição química e as formas de exposição menos visíveis, mas igualmente perigosas.

Compreender as rotas de exposição e os processos de bioacumulação e biomagnificação torna-se, portanto, fundamental para subsidiar estratégias preventivas, mitigar os efeitos adversos à saúde e garantir a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos.

Tabela 4– Distribuição percentual das respostas sobre percepção ambiental relacionada aos metais pesados, incluindo conhecimento, exemplos citados, vias de exposição e riscos à saúde

Conhece o que são metais pesados?	%	Quais metais pesados você conhece?	%
Sim	50%	Ferro	40%
Não	50%	Alumínio	26,6%
A contaminação de metais pode chegar aos seres humanos?	%	Cobre	10%
Sim	92,9%	Chumbo	10%
Não	7,1%	Zinco	6,6%
Quais são as principais vias de exposição?	%	Níquel	3,4%
Alimentação	86%	Mercúrio	3,4%
Banho	14%		

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Entre os fatores identificados como prejudiciais ao rio pelos participantes da pesquisa, o descarte incorreto de resíduos foi apontado por 50% dos entrevistados como a principal atividade impactante sobre o corpo hídrico que circunda a comunidade (Figura 5). A atividade industrial apareceu como o segundo fator mais citado (28,6%), o que pode estar

relacionado à proximidade da área de estudo com o polo industrial da cidade de São Luís. O desmatamento (8,9%), a pesca excessiva (7,2%) e o esgoto doméstico (5,3%) também foram mencionados, embora com menor frequência.

Esse resultado sugere que os moradores tendem a reconhecer com mais facilidade os impactos cuja presença é visivelmente perceptível ou amplamente discutida nos meios de comunicação e no cotidiano comunitário. A presença de resíduos sólidos visíveis, como plásticos e entulhos, e a proximidade com áreas Industriais tornam esses fatores mais tangíveis aos olhos da população local.

No estudo de Fushimi, De Queiroz Ribeiro e Nunes (2022), realizado na própria Bacia Hidrográfica do Rio dos Cachorros, foram identificados diversos pontos de descarte inadequado de resíduos sólidos, com destaque para materiais plásticos, bem como áreas de redução da cobertura vegetal. Esses mesmos aspectos foram relatados por moradores durante a aplicação dos questionários no presente estudo. Os impactos observados podem estar diretamente relacionados às pressões exercidas pelo crescimento urbano e pela expansão industrial, fatores que agravam os processos de degradação ambiental nas margens do rio.

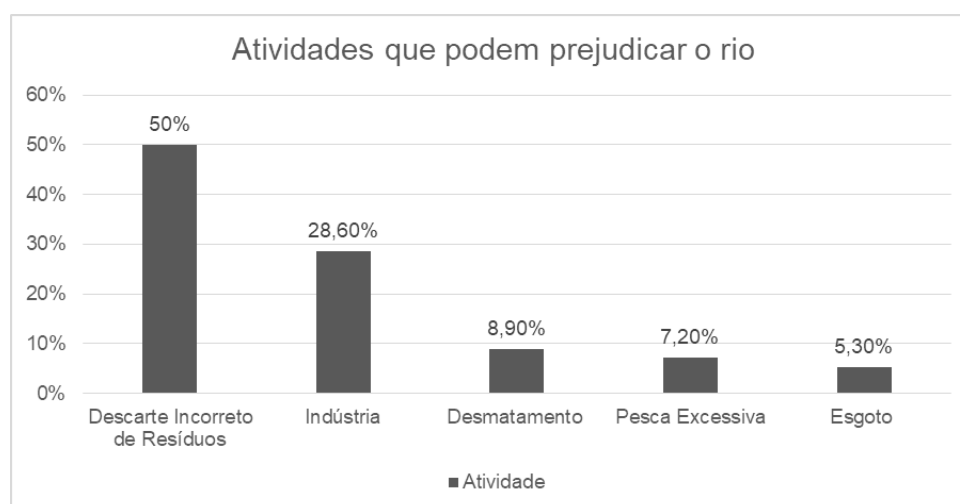
A frequência com que determinados fatores são citados pode refletir não apenas a gravidade dos impactos percebidos, mas também a forma como a degradação ambiental se manifesta de maneira sensorial e simbólica para a população. Impactos mais visíveis, como lixo acumulado e fumaça de áreas industriais, tendem a provocar respostas mais imediatas, enquanto ações menos perceptíveis, como o lançamento de esgoto não tratado ou a sobrepesca, são subestimadas, apesar de seus efeitos profundos e cumulativos sobre a saúde do ecossistema aquático (Rodrigues, 2012; Moura, 2019).

Essa assimetria na percepção ambiental evidencia a importância de ações educativas que promovam a leitura crítica do território, conectando os saberes tradicionais aos conhecimentos técnico-científicos (Loureiro, 2019). A construção coletiva de diagnósticos ambientais participativos pode fortalecer a vigilância comunitária e mobilizar práticas locais mais sustentáveis, além de pressionar por políticas públicas integradas e fiscalizações mais efetivas.

A ausência de infraestrutura de saneamento e o manejo inadequado de resíduos sólidos são indicadores de desigualdade ambiental e social, que comprometem o equilíbrio

ecológico e a qualidade de vida da população. O reconhecimento desses fatores pela comunidade já representa um passo importante, mas sua transformação em ações concretas depende de articulações intersetoriais entre poder público, organizações locais e grupos sociais afetados (Acseirad, 2008; Rodrigues, 2012).

Figura 6 – Distribuição percentual das respostas sobre atividades percebidas pela comunidade como prejudiciais ao Rio dos Cachorros



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Ao final do Eixo 2, foi questionado aos participantes quais ações seriam necessárias para promover a melhoria ambiental do entorno do Rio dos Cachorros. A sensibilização e a educação ambiental foram apontadas por 52,4% dos entrevistados, indicando um reconhecimento coletivo sobre a importância de processos educativos na transformação de comportamentos e na adoção de práticas sustentáveis (Tabela 5).

A educação ambiental atua como catalisador na formação de consciência crítica, sendo capaz de mobilizar indivíduos e grupos sociais para a preservação dos ecossistemas em que estão inseridos (Oliveira; Da Silva Cruz; Gomes, 2023). Iniciativas como oficinas, palestras, campanhas escolares e projetos comunitários possuem grande potencial de aproximar a população das questões ambientais locais, criando vínculos duradouros e promovendo o protagonismo comunitário (Ribeiro, 2025).

A categoria “limpeza e redução de resíduos” foi mencionada por 43,9% dos participantes, revelando a preocupação da comunidade com gestão inadequada dos resíduos

sólidos, um dos principais desafios enfrentados por regiões costeiras e estuarinas (De Souza; De Moura; Souza, 2022). A deposição inadequada desses materiais impacta diretamente a qualidade da água, afeta a fauna aquática e compromete atividades econômicas como pesca artesanal e turismo de base comunitária (Silva *et al.*, 2019).

Ações comunitárias de coleta de resíduos e mutirões de limpeza são frequentemente percebidas como estratégias eficazes para estimular o cuidado coletivo com o território. No entanto, sua efetividade depende da implementação de programas contínuos de reciclagem, logística reversa e infraestrutura adequada para destinação final dos resíduos (Lima, 2017).

A fiscalização e análise ambiental foram apontadas por 9,76% dos participantes, o que evidencia uma percepção, ainda que menor, da necessidade de instrumentos de controle e regulação ambiental. Segundo De Souza, Hartmann e Da Silveira (2016), a ausência de fiscalização favorece a perpetuação de práticas predatórias, além de comprometer diretamente os recursos naturais e a saúde das populações que deles dependem.

Por fim, infraestrutura e saneamento básico foi mencionada por 7,32% dos entrevistados, indicando preocupações com o abastecimento de água potável, coleta de esgoto e descarte seguro de resíduos líquidos. A precariedade desses serviços compromete tanto a saúde pública quanto a estabilidade ecológica da área. Conforme aponta Simonato (2019), investimentos em saneamento básico geram impactos positivos e devem ser priorizados em políticas públicas voltadas à justiça socioambiental.

Tabela 5 – Categorias de ações apontadas pela comunidade como necessárias para a melhoria ambiental da área

Categoria sugerida	% das menções*
Sensibilização e educação ambiental	52,4%
Limpeza e redução de resíduos	43,9%
Fiscalização e análise ambiental	9,76%
Infraestrutura e saneamento básico	7,32%

* Como os participantes podiam indicar mais de uma ação, os percentuais não somam 100%.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A percepção ambiental diz respeito à forma como o indivíduo compreende e estabelece sua relação com o meio ambiente. Esse conceito consolidou-se como uma importante fonte de pesquisas para investigações que buscam compreender as interações humanas com a natureza.

Ao analisar a relação socioeconômica e pesqueira na comunidade do Rio dos Cachorros, observa-se que o meio natural excede a função de recurso de subsistência, sendo um elemento central na construção da identidade social e histórica. Mas, como apontado por Veloso (2017), as populações podem adotar práticas prejudiciais ao ambiente quando expostas a situações de vulnerabilidade e pressões advindas da expansão urbana.

Nesse contexto, os resultados deste artigo reforçam a importância de uma gestão ambiental participativa, que considere as especificidades territoriais e sociais das comunidades rurais. Recomenda-se o fortalecimento de políticas públicas voltadas ao monitoramento ambiental da qualidade da água e à gestão dos resíduos sólidos na região. Além disso, é essencial promover ações de Educação Ambiental participativas que envolvam a comunidade na construção e na adoção de práticas sustentáveis.

Os moradores revelam uma percepção ambiental complexa em muitos aspectos. A interpretação dos dados evidencia que a população local demonstra uma consciência sobre os impactos ambientais causados pela contaminação por metais, mas ainda carece de informações mais detalhadas sobre os componentes metálicos, principalmente os riscos associados.

A comunidade preserva a prática pesqueira, uma atividade que reflete o conhecimento tradicional transmitido ao longo de gerações, combinando técnicas, e respeito aos ciclos naturais. Entretanto, a manutenção dessa atividade pode enfrentar desafios significativos, como a poluição hídrica e a crescente pressão industrial e urbana, que colocam em risco sua continuidade.

Em suma, o Rio dos Cachorros possui uma relação única com o ambiente, que não se limita a utilização prática, mas abrange a cultura, a história e um legado de resistência. Para que ações de gestão ambiental sejam eficazes, é necessário considerar as percepções e expectativas dessa população, promovendo uma abordagem integrada e participativa.

Assegurar a qualidade dos territórios rurais significa a manutenção da dignidade e o combate de injustiças sociais e ambientais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e, em especial, à comunidade do Rio dos Cachorros, pela colaboração e acolhimento durante o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais – o caso do movimento por justiça ambiental **Revista Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 103–119, 2010.

ALENCAR, G. V., de *et al.* Percepção Ambiental e Uso do Solo por Agricultores de Sistemas Orgânicos e Convencionais na Chapada da Ibiapaba, Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 2, p. 1–20, 2013. Disponível em: <https://orgprints.org/29006/>. Acesso em: 9 maio 2025.

AMONE-MABUTO, M., *et al.* Coastal community's perceptions on the role of seagrass ecosystems for coastal protection and implications for management. **Ocean & Coastal Management**, v. 244, 106811, 2023.

AREIA, M. S.; TAVARES, A.O.; COSTA, P. J. M. Public perception and preferences for coastal risk management. **Science of the Total Environment**, v. 882, 163440, 2023.

BEGOSSI, A., *et al.* Consumo de Peixes na Amazônia: uma revisão sobre biodiversidade, hidrelétricas e segurança alimentar. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, p. 345-357, 2018.

BERKES, F.; FOLKE, C. **Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

BOHRER, Caroline Gomes. Projeto Orla e o olhar prospectivo sobre o desenvolvimento sustentável na zona costeira. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 12, n. 25, p.

46-63, 2023.

BORGES, Lirane Rocha. Mulheres na Pesca Artesanal: Uma Percepção Sobre Saúde e Segurança das Marisqueiras do Guaibim – Valença- BA. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental (PPGEcoH). Universidade do Estado da Bahia – UNEB. Paulo Afonso, BA, 2017.

CARVALHO, A. S. **Avaliação da ictiofauna na região portuária de São Luís caracterização ecológica, pesqueira e contaminação por microplásticos**. 2024. 71 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2024.

DE ARAÚJO, A. S., *et al.* Protagonismo invisível: a importância e os desafios das marisqueiras de ilha grande. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 4, n. 1, p. e412487-e412487, 2023.

DE JESUS, Tayanná Santos Conceição; JÚNIOR, Horácio Antunes de Sant’Ana. **ANCESTRALIDADE, TRAJETÓRIAS E RESISTÊNCIAS: conflitos ambientais em Rio dos Cachorros, São Luís-MA**. 2015.

DE SOUZA, E. C.; HARTMANN, M. T.; DA SILVEIRA, L. F. A importância da fiscalização ambiental para o controle da degradação em áreas costeiras. **Revista de Direito Ambiental**, v. 21, n. 84, p. 157–176, 2016.

DIEGUES, A. C. S. *Povos e mares: leituras em sócio-antropologia marítima*. São Paulo: NUPAUB/USP, 1995.

DUARTE, A. R. Elementos-traço metálicos no cotidiano: percepção e toxicidade. **Química Nova na Escola**, v. 42, n. 3, p. 217–225, 2020.

FUSHIMI, F. T.; DE QUEIROZ RIBEIRO, L. N.; NUNES, J. A. D. Avaliação participativa dos impactos ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio dos Cachorros (MA): enfoque nos resíduos sólidos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 127–140, 2022.

GRUBER, N. L. S.; BARBOZA, E. G.; NICOLODI, J. L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para gestão integrada da zona costeira. **Gravel**, v. 1, n. 1, p. 81-89,

2003.

HELLEBRANDT, Denis; ALLISON, Edward H.; DELAPORTE, Anne. Segurança alimentar e pesca artesanal: análise crítica de iniciativas na América Latina. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 32, p. 7-27, 2014.

HÜBNER, J. C., *et al.* Conflitos ambientais relacionados à pesca artesanal na zona costeira brasileira. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 53, ed. esp., p. 132–145, 2020.

LIFSCHITZ, S. P. Saberes tradicionais e territórios de pesca: A permanência dos velhos em comunidades costeiras. **Revista de Desenvolvimento Regional**, v. 13, n. 1, p. 112–129, 2017.

LIMA, M. F. Gestão de resíduos sólidos em comunidades costeiras: limites e potencialidades da ação comunitária. **Revista Geografia**, v. 42, n. 2, p. 121–138, 2017.

LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes; MILANÉS, C. Os limites espaciais da zona costeira para fins de gestão a partir de uma perspectiva integrada. **Gestão Ambiental e sustentabilidade em áreas costeiras e marinhas: conceitos e práticas**, v. 1, p. 22-50, 2020.

LOPES, M. C. Poluição hídrica e saúde pública em comunidades periféricas: desafios e soluções. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 15, n. 1, p. 22–36, 2020.

LOUREIRO, C. F. B. **Educação ambiental crítica: contribuições para a construção de sociedades sustentáveis**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2019.

MENDOZA, A. R.; RAMOS, R. E.; SANTOS, J. M. Climate change awareness and risk perceptions in the coastal communities of Palawan, Philippines. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 4, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20043214>.

OLIVEIRA, P. R.; DA SILVA CRUZ, E. C.; GOMES, A. A. Educação ambiental e transformação social: uma leitura crítica. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 212–228, 2023.

PALAWAN, A. R. *et al.* Climate vulnerability, adaptation and the value of local knowledge in coastal communities. **PLOS Climate**, v. 1, n. 3, p. 1–17, 2022. DOI:

<https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000103>.

PAULY, Daniel; CHRISTENSEN, Villy. Primary production required to sustain global fisheries. **Nature**, v. 374, n. 6519, p. 255-257, 1995.

PINTO, Danielle Mendonça *et al.* Mudanças na dinâmica pesqueira em comunidades afetadas por grandes hidrelétricas na Amazônia. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. e3211628775-e3211628775, 2022.

PUGLISI, M. L.; FRANCO, B. **Análise de conteúdo**. 2. ed. Brasília: LiberLivro, 2005. 79p.

RIBEIRO, J. L., *et al.* Instrumento de luta por justiça ambiental em territórios pesqueiros: o relato de construção do protocolo de consulta da comunidade tradicional da Várzea, São José do Norte, Brasi. **RELACult**, v. 11, p. 1–22, 2025.

ROCHA, J.S., *et al.* Bioacumulação de metais pesados em peixes: impactos sobre a saúde humana e meio ambiente. **Ciência Animal**, v. 33, p. 40-43, 2023.

RODRIGUES, A. L.; MOURA, A. N. Poluição difusa e percepção ambiental em comunidades urbanas. *Revista Ambiente & Sociedade*, v. 22, p. 1–20, 2des urbanas. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 22, p. 1–20, 2019.

RODRIGUES, M. L., *et al.* A percepção ambiental como instrumento de apoio na gestão e na formulação de políticas públicas ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 21, n. 3, p. 96-110, 2012.

SALES, A. J.; SOARES, R. B.; FERREIRA, M. D. Conhecimento sobre metais pesados em comunidades tradicionais e os riscos subestimados. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n. 6, p. 2293–2302, 2019.

SILVA, J. C. R.; LIMA, K. S.; BATISTA, M. T. Resíduos sólidos na zona costeira: impactos ecológicos e sociais. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 23, n. 2, p. 45–60, 2019.

SIMONATO, Danitielle Cineli *et al.* Saneamento rural e percepção ambiental em um assentamento rural–São Paulo–Brasil. **Retratos de Assentamentos**, v. 22, n. 2, p. 264-280, 2019.

SOUZA, Ana Caroline Damasceno. Proposições de gestão ambiental na zona costeira de Icarai de Amontada (CE), Nordeste, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 43, p. e189549-e189549, 2023.

SOUZA, Carolina Neves *et al.* Inclusão social e governança no Conselho gestor da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, p. e00741, 2022.

SOUZA, P. A. *et al.* Educação ambiental e justiça social: caminhos para a governança participativa. *Revista Educação e Meio Ambiente*, v. 31, p. 52–68, 2020.

TISCHER, Vinicius; POLETTE, Marcus. Proposta metodológica de estabelecimento de indicadores socioambientais para a zona costeira brasileira. **Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional**, v. 12, n. 2, 2016.

TUAN, Yi-Fu. **Topophilia: A study of environmental perception, attitudes, and values**. Columbia University Press, 1990.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Risk assessment guidance for dermal exposure to hazardous chemicals**. Washington, DC: USEPA, 2004.

VELOSO, E. M. Urbanização, vulnerabilidade e pressões socioambientais em áreas de manguezal. **Revista Geografia e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 33–48, 2017.

VIANA, A. C. C. Impactos antrópicos e percepção ambiental em áreas estuarinas: contribuições para o manejo participativo. **Cadernos de Geografia**, v. 33, n. 72, p. 1–21, 2023.

WHO – World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality*. 4. ed. Geneva: WHO, 2017.

WHO - World Health Organization. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks, 2018. Disponível em https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/. Acesso em: 20.dez.2024.

ZANINI, F. C.; ROCHA, T. L.; BATISTA, P. R. Saberes em diálogo: Educação ambiental

crítica e valorização do conhecimento tradicional. **Educação em Revista**, v. 37, e234376, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-4698234376>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação buscou compreender, de forma integrada, os aspectos ecológicos, sociais e perceptivos relacionados ao estuário do Rio dos Cachorros, no Maranhão, evidenciando a complexa interface entre a contaminação ambiental por metais e a percepção local. Os resultados obtidos apontam para uma sobreposição de vulnerabilidades: de um lado, a exposição dos organismos aquático e da população humana à contaminação por metais pesados e de outro, a pressão exercida sobre comunidades tradicionais por dinâmicas externas como a expansão urbana, o crescimento industrial e a ausência de políticas públicas eficazes.

A percepção ambiental dos moradores revelou-se multidimensional, marcada por um pela dependência do rio e ao mesmo tempo ressalta as lacunas de informação quanto aos riscos da poluição. A pesca artesanal, prática central à identidade e à subsistência da comunidade, enfrenta desafios crescentes diante da degradação ambiental, colocando em risco não apenas a subsistência da população, mas também a manutenção de uma prática que se mantém ao longo de gerações.

Os dados obtidos pela determinação de metais reforçam a contaminação hídrica, a bioacumulação de metais em peixes representa um alerta não apenas ambiental, mas também de saúde pública, indicando a necessidade de ações integradas que envolvam o monitoramento contínuo da qualidade da água e do pescado, bem como o controle efetivo das possíveis fontes de contaminação.

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de políticas públicas que integrem o conhecimento técnico-científico e saberes locais, promovendo uma gestão ambiental participativa sensível às especificidades das comunidades, principalmente as rurais. A educação ambiental se apresenta como uma estratégia, capaz de sensibilizar a adoção de práticas mais sustentáveis a partir do engajamento coletivo.

Conclui-se que a conservação dos ecossistemas costeiros e das formas de vida que deles dependem necessitam de monitoramento ambiental, o diálogo entre Estado, academia e sociedade civil. A qualidade ambiental e a dignidade das populações tradicionais são indissociáveis e devem ser garantidas de forma conjunta.

I. APÊNCIDES

APÊNDICE A - Instrumento de Coleta de Dados

Nome:

Data:

Características Sociodemográficas

Idade:

Estado Civil:

Escolaridade:

Profissão:

Nasceu na comunidade: () SIM () NÃO

Exerce alguma atividade pesqueira: () SIM () NÃO

Percepção da Contaminação por metais

Qual uso você faz do Rio dos Cachorros?

Você sabe o que são metais pesados? () SIM () NÃO

Conhece os Riscos dos Metais para a saúde e para o ambiente? Cite alguns.

Você consome peixes capturados no Estreito do Coqueiro? Se sim, quais?

Quantidade semanal de consumo de peixes coletados no rio?

Você tem conhecimento da ocorrência de mortandade e/ou diminuição de peixes na área?
() SIM () NÃO

Você acredita que o rio está poluído? () SIM () NÃO

Você acredita que essa poluição pode trazer doenças para o ser humano? () SIM () NÃO

Que atividades você julga que podem fazer mal a qualidade do rio?

Você acha que a contaminação por metais pode chegar aos peixes e conseqüentemente ao ser humano?

O que você acha necessário para melhorar a sua comunidade?

APÊNDICE B- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Moradores)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa: PERCEPÇÃO AMBIENTAL DO RISCO QUÍMICO E OCORRÊNCIA DE METAIS TÓXICOS NO ESTREITO DOS COQUEIROS, SÃO LUÍS- MA . Você foi convidado e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição. O objetivo deste estudo é avaliar a percepção ambiental dos moradores nas proximidades do estreito dos coqueiros frente à exposição e ocorrência de contaminantes metálicos em relação ao meio ambiente e a saúde pública. Sua participação nesta pesquisa consistirá em responder as perguntas que serão feitas por meio de um questionário, com duração aproximada de 15 minutos.

Não há risco previsível na realização desta pesquisa, uma vez que não haverá coleta de material biológico ou experimentos com seres humanos e a identidade dos entrevistados será preservada. Os benefícios relacionados com a sua participação decorrerão da possibilidade de uma maior mobilização e envolvimento direto das famílias na compreensão dos problemas existentes na comunidade quanto à percepção da exposição ao risco químico e da busca de soluções para os mesmos. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação em todas as fases da pesquisa e nos relatórios a serem elaborados posteriormente. A confidencialidade dos dados será garantida pela criação e análise dos dados em bancos protegidos por senhas eletrônicas. Além disso, nenhum dos entrevistados terá seu nome divulgado. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço institucional do pesquisador principal e do CEP, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Orientador:

Discente: Larissa Gabrielle Pinheiro (98) 983137906

Endereço: Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses, 1996, Departamento de Oceanografia e Limnologia.

Declaro que entendi os objetivos da pesquisa e que não há risco previsível na sua realização, concordando em participar.

Nome e assinatura do Entrevistado

Nome: _____ RG: _____

APÊNDICE C- Comprovante de Envio do Projeto

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
MARANHÃO - UFMA



COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Golfão Maranhense Sustentável: Indicadores Ambientais e Socioeconômicos na Década do Oceano

Pesquisador: MARCELO HENRIQUE LOPES SILVA

Versão: 1

CAAE: 73557323.0.0000.5087

Instituição Proponente: Universidade Federal do Maranhão

DADOS DO COMPROVANTE

Número do Comprovante: 097823/2023

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Informamos que o projeto Golfão Maranhense Sustentável: Indicadores Ambientais e Socioeconômicos na Década do Oceano que tem como pesquisador responsável MARCELO HENRIQUE LOPES SILVA, foi recebido para análise ética no CEP Universidade Federal do Maranhão - UFMA em 28/08/2023 às 12:34.

Endereço: Avenida dos Portugueses, 1966 CEB Velho Cidade Universitária Dom Delgado

Bairro: Bacanga

CEP: 65.080-805

UF: MA

Município: SAO LUIS

Telefone: (98)3272-8708

E-mail: cepufma@ufma.br

APÊNDICE D- Informações sobre a revista

Artigo 2	
Revista	Geografia Ensino & Pesquisa
ISSN	2236-4994
Meio de divulgação	Online
Periodicidade	Fluxo contínuo
Site	https://periodicos.ufsm.br/geografia
Diretrizes para autores	https://periodicos.ufsm.br/index.php/geografia/about/submissions#authorGuidelines
Qualis CAPES 2017-2020	A2- CIÊNCIAS AMBIENTAIS

APÊNDICE E- Submissão do Artigo II

20/05/2025, 13:14

Ferreira et al. | Percepção Ambiental de uma comunidade costeira da Amazônia Oriental sobre processos de contaminação p...

Geografia Ensino & Pesquisa


[← Voltar a Submissões](#)
92098 / **Ferreira et al.** / Percepção Ambiental de uma comunidade co:
[Biblioteca da Submissão](#)

Fluxo de Trabalho

Publicação

Submissão

Avaliação

Edição de Texto

Editoração

Arquivos da Submissão

[Q Buscar](#)

- 450684 [Percepção Ambiental de uma comunidade costeira da Amazônia Oriental sobre processos de contaminação por metais pesados em ambiente aquático.docx](#) **maio 20, 2025** Texto do artigo

[Baixar Todos os Arquivos](#)

Discussão da pré-avaliação

[Adicionar comentários](#)

Nome	De	Última resposta	Respostas	Fechado
Nenhum item				