



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

INGRETY LORRANA ALVES DA SILVA

**Contaminação por metais em juvenis e subadultos da tainha *Mugil liza*
Valenciennes, 1836 no sistema estuarino Tramandaí-Armazém (RS)**

PORTO ALEGRE

2024

INGRETY LORRANA ALVES DA SILVA

**Contaminação por metais em juvenis e subadultos da tainha *Mugil liza*
Valenciennes, 1836 no sistema estuarino Tramandaí-Armazém (RS)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Área de concentração: Biologia Animal.

Linha de pesquisa: Manejo e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Lameiro Rodrigues.

PORTO ALEGRE


2024

INGRETY LORRANA ALVES DA SILVA


**Contaminação por metais em juvenis e subadultos da tainha *Mugil liza*
Valenciennes, 1836 no sistema estuarino Tramandaí-Armazém (RS)**

Aprovada em 21 de fevereiro de 2024.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **RACHEL ANN HAUSER DAVIS**
Data: 23/02/2024 15:07:20-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dra. Rachel Ann Hauser-Davis
Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ

Documento assinado digitalmente
 **CAMILA DE MARTINEZ GASPAR MARTINS**
Data: 23/02/2024 10:08:23-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dra. Camila De Martinez Gaspar Martins
Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Documento assinado digitalmente
 **JULIANO FERRER DOS SANTOS**
Data: 23/02/2024 15:51:01-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. Juliano Ferrer dos Santos
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Dedico ao Deus da minha vida:

“Se há em mim alguma capacidade é por Tua causa. Se sou capaz de compreender algo é por Tua misericórdia. Se o que compreendo produz em mim alguma mudança é por Tua Vontade. Nada tenho eu e estou completamente rendido à Ti.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus da minha vida, que faz grandes coisas por mim.

À minha família, por sempre terem acreditado em mim e me apoiarem na busca pelos meus sonhos. Sou eternamente grata pelo amor, preocupação e incentivo que recebi de todos vocês. Minha querida mãe, Sirleuza, meu amado irmão, Herik, minha amada prima e irmã do coração, Jéssica, minha querida avó, Deuza, e meu querido primo, Railson, vocês são o verdadeiro motivo das minhas conquistas.

Ao Emerson, meu marido, que teve paciência e coragem ao enfrentar a distância que por algum tempo nos separou. Obrigada por teu amor incondicional e por sempre me apoiar e incentivar. Você é a minha maior inspiração e a quem eu mais amo, e essa realização é tão tua quanto minha.

Ao meu orientador, Dr. Fabio Lameiro, por ter aceitado me orientar e por ter depositado sua confiança em mim desde o início de nossa jornada juntos. Sua dedicação e competência são um exemplo inspirador para mim. Agradeço pelo constante incentivo, ensinamentos e por todas as oportunidades que me concedeu para crescer e me desenvolver profissionalmente.

Aos meus coautores, Dr. Adalto Bianchini e Dra. Patrícia Costa pela nossa parceria. Expresso minha gratidão ao Dr. Adalto por gentilmente ceder o laboratório e os recursos na FURG, tornando possível a análise de metais, e à Dra. Patrícia, que conduziu essa etapa e me ensinou tudo com muito cuidado.

Aos pescadores artesanais de Imbé e Tramandaí que me auxiliaram na coleta das tainhas e compartilharam comigo valiosos ensinamentos e um novo amor pela pesca artesanal. Gostaria de destacar especialmente o pescador Jorge (Jorginho), que demonstrou um empenho incansável em me auxiliar e sempre se mostrou afetuoso.

Ao Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos – CECLIMAR da UFRGS por toda a estrutura necessária para a realização dessa pesquisa.

Aos membros da banca de acompanhamento do mestrado, Dr. Ignacio Benites e Dr. Guilherme Nunes, pelas valiosas sugestões durante a realização dessa pesquisa.

Aos membros da banca examinadora da dissertação, Dra. Rachel Hauser-Davis, Dra. Camila Martins e Dr. Juliano Ferrer, por aceitarem participar da banca e por dedicarem seu tempo na avaliação dessa pesquisa.

À CAPES, pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP), da CAPES, pelos recursos financeiros concedidos durante a realização dessa pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq [Processo: 404010/2021-0], pelo recurso que financiou a coleta das amostras.

Ao Grupo Carrefour pela concessão da bolsa permanência.

À todos que me ajudaram na realização desse sonho.

Obrigada!

"O mar, uma vez lançado seu feitiço, mantém a pessoa em sua rede de maravilhas para sempre."

Jacques Yves Cousteau

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Exemplar de *Mugil liza* capturado na costa do Rio Grande do Sul. Foto: Laboratório de Ecologia Pesqueira – CECLIMAR/CLN/UFRGS.....**17**
- Figura 2.** Canal da barra do rio Tramandaí, local de deságue no oceano, de toda água proveniente da bacia hidrográfica do rio Tramandaí. Foto: Laboratório de Ecologia Pesqueira – CECLIMAR/CLN/UFRGS.....**20**

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS

Ag – Prata

Al – Alumínio

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

As – Arsênio

Cd – Cádmio

CECLIMAR – Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos

Cr – Cromo

Cu – Cobre

Fe – Ferro

FURG – Universidade Federal do Rio Grande

Hg – Mercúrio

IBIO – Instituto de Biociências

ICB – Instituto de Ciências Biológicas

ICP-MS – do inglês *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* ou Espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente

IUPAC – do inglês *International Union of Pure and Applied Chemistry* ou União Internacional de Química Pura e Aplicada

Mn – Manganês

Ni – Níquel

Pb – Chumbo

RS – Rio Grande do Sul

SC – Santa Catarina

SETA – Sistema Estuarino Tramandaí-Armazém

UO – Unidade ontogenética

Zn – Zinco

APRESENTAÇÃO

Essa dissertação está estruturada em “Introdução Geral”, “Capítulo I” e “Considerações Finais”, de acordo com a Resolução nº 44/2023 do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal (PPGBAN). A Introdução Geral compreende uma síntese sobre a toxicidade dos metais, a dinâmica desses elementos em ambientes aquáticos, o ciclo de vida da tainha *Mugil liza* Valenciennes, 1836, a atividade pesqueira relacionada a essa espécie e o sistema estuarino Tramandaí-Armazém, além de descrever os objetivos desta pesquisa. O Capítulo I tem forma de um artigo científico, intitulado "Metal contamination in juvenile and subadult of the Lebranche mullet *Mugil liza* (Mugiliformes: Mugilidae) in an estuarine system in southern Brazil", e aborda os padrões de contaminação por metais em juvenis e subadultos na tainha *M. liza* do sistema estuarino Tramandaí-Armazém. Por fim, as Considerações Finais apresentam uma síntese dos resultados e as conclusões obtidas a partir desta pesquisa. A Introdução Geral e as Considerações Finais estão redigidas em língua portuguesa e seguem as normas estabelecidas pelo PPGBAN. O Capítulo I está redigido em língua inglesa e foi elaborado de acordo com as normas da revista científica *Environmental Pollution*.

RESUMO

A tainha *Mugil liza* é uma das principais espécies exploradas pela pesca artesanal e industrial no sudeste e sul do Brasil. Além da importância econômica, social e cultural, desempenha fundamental papel ecológico na transferência de nutrientes entre ecossistemas e níveis tróficos. A espécie é pelágica, iliófaga-detritívora e anualmente realiza migração reprodutiva, migrando dos estuários até o mar aberto para reproduzir. O Sistema Estuarino Tramandaí-Armazém (SETA) é o segundo maior estuário do Rio Grande do Sul e é reconhecido por sua alta diversidade e produtividade. Os peixes são considerados bons bioindicadores da qualidade ambiental de ambientes aquáticos e tendem a acumular metais em seus tecidos e transferi-los para outros organismos através da teia trófica. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi investigar a contaminação por metais na tainha do SETA, uma importante área de alimentação, crescimento e desenvolvimento para a espécie. A captura de espécimes foi realizada com redes picaré e tarrafa, considerando duas unidades ontogenéticas (UO), com base no desenvolvimento da espécie e tamanho mínimo de captura à pesca: UO-I, juvenis com comprimento total < 150 mm e UO-II, subadultos com comprimento total \geq 150 mm e < 350 mm. As concentrações de mercúrio, cobre, chumbo, cádmio, cromo e arsênio foram analisadas em brânquias, fígado, moela e músculo de 30 espécimes (15 por UO) usando espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). Foram encontradas diferenças significativas nas concentrações de metais entre tecidos, com maiores concentrações no fígado em ambas as UO. A UO-I revelou maiores concentrações de metais, indicando um padrão de contaminação mais elevado em peixes juvenis comparados aos subadultos. Com exceção do mercúrio, todos os metais analisados excederam os limites de segurança regulamentados. Esses resultados revelam que os juvenis apresentam elevadas taxas de metais, representando risco para a espécie devido à bioacumulação, e para os predadores, devido à biomagnificação e até mesmo intoxicação aguda. Sugerimos a continuidade dos monitoramentos para avaliar as variações na disseminação dessa contaminação ao longo do tempo e para apresentar estratégias eficazes visando atenuar seus impactos. Este estudo destaca-se como um dos raros na região para essa espécie, ressaltando a necessidade urgente de atenção e ação.

Palavras-chave: Bioacumulação, contaminantes, recurso pesqueiro.

ABSTRACT

The Lebranche mullet *Mugil liza* is one of the main species exploited by artisanal and industrial fishing in the southeast and south of Brazil. In addition to its economic, social and cultural importance, it plays a fundamental ecological role in the transfer of nutrients between ecosystems and trophic levels. The species is pelagic, ilióphagous-detritivorous and annually carries out reproductive migration, migrating from estuaries to the open sea to reproduce. The Tramandaí-Armazém Estuarine System (TAES) is the second largest estuary in Rio Grande do Sul and is recognized for its high diversity and productivity. Fish are considered good bioindicators of the environmental quality of aquatic environments and tend to accumulate metals in their tissues and transfer them to other organisms through the food web. In this sense, the objective of this study was to investigate metal contamination in Lebranche mullet from TAES, an important feeding, growth and development area for the species. Specimens were captured using beach seine nets and cast nets, considering two ontogenetic units (OU), based on the development of the species and minimum size of fishing catch: OU-I, juvenile with total length < 150 mm and OU-II, subadult with total length \geq 150 mm and < 350 mm. Concentrations of mercury, copper, lead, cadmium, chromium and arsenic were analyzed in gills, liver, gizzard and muscle of 30 specimens (15 per OU) using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Significant differences were found in metal concentrations between tissues, with higher concentrations in the liver in both OU. The OU-I revealed higher concentrations of metals, indicating a higher contamination pattern in juvenile fish compared to subadult. With the exception of mercury, all metals analyzed exceeded regulated safety limits. These results reveal that juvenile have high levels of metals, representing a risk for the species due to bioaccumulation, and for predators, due to biomagnification and even acute intoxication. We suggest continuing to monitoring to assess variations in the spread of this contamination over time and to present effective strategies to mitigate its impacts. This study is of the rare ones in the region for this species, highlighting the urgent need for attention and action.

Keywords: Bioaccumulation, contaminants, fishing resource.

SUMÁRIO

1. Introdução Geral.....	14
1.1. Metais com potencial tóxico.....	14
1.2. Metais em ecossistemas aquáticos.....	15
1.3. A tainha <i>Mugil liza</i>	16
1.4. A atividade pesqueira de <i>Mugil liza</i> no Brasil.....	17
1.5. O sistema estuarino Tramandaí-Armazém.....	19
2. Objetivos.....	21
2.1. Objetivo geral.....	21
2.2. Objetivos específicos.....	21
CAPÍTULO I. Metal contamination in juvenile and subadult of the Lebranche mullet <i>Mugil liza</i> (Mugiliformes: Mugilidae) in an estuarine system in southern Brazil.....	22
Considerações Finais.....	23
Referências.....	24
ANEXOS.....	29
Anexo – I.....	30
Anexo – II.....	31
Anexo – III.....	32
Anexo – IV.....	39

1. Introdução Geral

1.1. Metais com potencial tóxico

Os metais são elementos encontrados naturalmente no ambiente, presentes na composição de rochas, solos, sedimentos, águas e na atmosfera (BURAK et al., 2008; MASINDI & MUEDI, 2018). Eles são quimicamente definidos como elementos caracterizados por conduzir eletricidade, ter brilho metálico, serem maleáveis, dúcteis, formarem cátions e produzirem óxidos básicos. Com base nessa definição, diversos elementos podem ser classificados como metais. Nesse sentido, é importante adotar denominações específicas que considerem as propriedades individuais de cada elemento (IUPAC, 2002).

Na literatura, existem várias denominações para os metais que têm potencial tóxico para os organismos. Tradicionalmente, o termo "metais pesados" tem sido utilizado ao longo das últimas décadas, fazendo referência a subdivisões de metais puros e semimetais/metaloides com potencial de contaminação e toxicidade. No entanto, a União Internacional de Química Pura e Aplicada alerta que esse termo é sem sentido e enganoso, pois nem todos os chamados "metais pesados" possuem propriedades altamente tóxicas (IUPAC, 2002). Portanto, o termo "metais" parece ser mais apropriado para abranger essa categoria de elementos. No entanto, é fundamental contextualizar essa denominação para avaliar a verdadeira toxicidade desses elementos, levando em consideração fatores como concentração, tipos de organismos expostos, vias de exposição, capacidade de assimilação dos metais, entre outros (BURAK et al., 2008).

Alguns metais são essenciais para diversos processos do metabolismo dos seres vivos (SILVA et al., 2019). Elementos como cromo (Cr), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), e níquel (Ni) são necessitados pelos organismos em determinadas quantidades para seu bom funcionamento, sendo considerados tóxicos somente quando encontrados em concentrações superiores às necessárias (RODRIGUES et al., 2021; ALMEIDA et al., 2022). Por outro lado, existem aqueles metais que não desempenham funções biológicas e são considerados nocivos à saúde dos organismos em qualquer concentração. Este é o caso dos elementos como arsênio (As), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), alumínio (Al), prata (Ag) e chumbo (Pb) (SILVA et al., 2019; RODRIGUES et al., 2021).

Tanto os metais não essenciais quanto os essenciais, quando em quantidades excessivas, são capazes de provocar efeitos tóxicos em animais e humanos. Metais como Al, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Hg e Ag são classificados como "particularmente

preocupantes”, pois apresentam características como alta persistência, capacidade de bioacumulação e biomagnificação, além de efeitos potencialmente tóxicos (HAUSER-DAVIS & WOSNICK, 2022).

Os organismos podem ser expostos aos metais por meio do consumo de água e alimentos, inalação e contato dérmico, sendo os alimentos a maior fonte de exposição (VIRGA et al., 2007). A intoxicação por metais, seja aguda ou crônica, pode causar danos celulares, enzimáticos e em órgãos e sistemas do corpo, aumentando o risco de variados tipos de câncer e outros problemas relacionados à saúde e que podem ser fatais para o organismo. A gravidade desses efeitos depende de fatores como: o tempo de exposição, a dose assimilada, o tipo de metal e a forma química em que ele se encontra (KANAMARLAPUDI et al., 2018).

1.2. Metais em ecossistemas aquáticos

Os metais são encontrados no ambiente em diferentes formas, como hidróxidos, fosfatos, sulfetos, silicatos, sulfatos, óxidos e compostos orgânicos. Eles são elementos de ocorrência natural, no entanto as atividades antrópicas têm contribuído significativamente para o aumento dos níveis de metais no ambiente (MASINDI & MUEDI, 2018). Os processos naturais, como o intemperismo de rochas, movimentam os metais entre diferentes compartimentos ambientais em velocidades e extensões variadas (SOUZA et al., 2018; VIRGA et al., 2007). As atividades antrópicas como a liberação de esgotos, liberação de efluentes de indústrias, emissões de veículos, queima de combustíveis fósseis, atividades metalúrgicas, atividades de mineração e as atividades agrícolas, têm despejado quantidades substanciais de metais no ambiente de maneira descontrolada (PEREIRA et al., 2010; BURAK et al., 2008).

Nos ecossistemas aquáticos, os metais são influenciados por fatores hidrodinâmicos, biogeoquímicos e físico-químicos (HAUSER-DAVIS & WOSNICK, 2022). Ao atingirem a água, esses metais podem se ligar às partículas suspensas e formar complexos que precipitam sobre os sedimentos, onde são depositados. As cargas positivas dos íons metálicos facilitam a complexação com as partículas sedimentadas, que possuem carga negativa, como argila, carbono orgânico, ferro, óxidos de manganês ou sulfetos. Portanto, os sedimentos desempenham um papel crucial na dinâmica dos metais no ambiente aquático (RODRIGUES et al., 2021).

A ressuspensão dos sedimentos, quando estes são revolvidos e suas partículas são colocadas novamente em suspensão na coluna d’água, torna os metais biodisponíveis para

absorção pela biota, seja através das brânquias ou hábitos alimentares. A absorção desses metais pode levar à bioacumulação nos organismos e consequente biomagnificação ao longo da cadeia trófica. Porém, a biodisponibilidade dos metais em ecossistemas aquáticos depende de fatores abióticos como pH, oxigênio, salinidade, temperatura, e matéria orgânica (RODRIGUES et al., 2021; BEVITÓRIO et al., 2022).

Os peixes são os animais mais numerosos dentre os vertebrados e habitam uma variedade de ambientes aquáticos (NELSON et al., 2016). Além disso, geralmente ocupam níveis tróficos mais elevados e tendem a acumular grandes quantidades de contaminantes (FERNANDEZ et al., 2014). Em ambientes degradados, têm sido observadas várias patologias em peixes, muitas delas relacionadas ao nível de contaminação local (CUNHA, 1994).

Devido à sua capacidade de absorver metais do ambiente e acumulá-los em seus tecidos, os peixes são frequentemente utilizados como bioindicadores de qualidade ambiental. Além disso, são uma importante fonte de alimento para espécies de nível trófico superior, incluindo os seres humanos. Portanto, a avaliação da contaminação em peixes pode fornecer informações relevantes sobre a qualidade do ambiente, a saúde da espécie e sua capacidade de transferir contaminantes para predadores, incluindo os seres humanos (TREVIZANI, 2019).

1.3. A tainha *Mugil liza*

A tainha *Mugil liza* Valenciennes, 1836 (Figura 1) é um peixe pertencente à classe Actinopterygii, ordem Mugiliformes e família Mugilidae (DORNBURG & NEAR, 2021). Os peixes desta família, conhecidos como tainhas, paratis e curimãs, estão amplamente distribuídos por todo o mundo, habitando zonas costeiras de mares tropicais, subtropicais e temperados (MENEZES et al., 2010). Constituem um importante recurso pesqueiro, sendo bastante explorados em todas as regiões que ocorrem. No Brasil, os mugilídeos estão distribuídos em todo o litoral e possuem grande importância comercial, social e cultural (SILVA & ARAÚJO, 2000; MENEZES et al., 2015).



Figura 1. Exemplar de *Mugil liza* capturado na costa do Rio Grande do Sul. Foto: Laboratório de Ecologia Pesqueira – CECLIMAR/CLN/UFRGS.

Mugil liza é uma espécie pelágica, iliófaga e ocorre desde o Golfo do México até a Argentina (MENEZES et al., 2010). A maior parte do seu ciclo de vida acontece em lagoas e estuários, o que a faz ser considerada uma espécie catádroma. Essa espécie utiliza ambientes de água doce e estuarinos como locais de refúgio e desenvolvimento até o recrutamento dos juvenis, quando ocorre a migração para o mar para reproduzir (LEMOS et al., 2021; MAI et al., 2018).

A compreensão completa da estrutura populacional de *M. liza* ainda está por ser alcançada, sendo fundamental para a gestão de seus recursos pesqueiros. Na costa atlântica da América do Sul, são delimitadas duas populações para *M. liza*, do Brasil à Argentina: uma população norte, distribuída do norte do estado do Rio de Janeiro para o restante do Brasil, e uma população sul, distribuída desde o estado de São Paulo até a província de Buenos Aires, na Argentina (SCHROEDER et al., 2023). A população sul é a mais abundante e explorada, onde a captura representa até 95% da captura total combinada de todos os outros estados do Brasil (LEMOS et al., 2014).

A população sul de *M. liza* realiza anualmente uma migração reprodutiva que parte da Argentina, Uruguai e dos estuários do sul do Brasil em direção às áreas de desova, durante os meses de abril e maio (LEMOS et al., 2021). A desova acontece em águas marinhas localizadas no norte de Santa Catarina e Paraná, logo após a migração reprodutiva, entre maio e julho (GARBIN et al., 2014; LEMOS et al., 2016, 2021). Após a desova, os indivíduos adultos retornam ao seu local de origem e permanecem lá até a próxima migração. As larvas e os primeiros juvenis são transportados pelas correntes marítimas até a costa, onde se concentram na zona de arrebenção. Posteriormente, os juvenis entram nos estuários quando atingem comprimento total entre 20-30 mm (STEENBOCK, 2019; LEMOS et al., 2014; GARBIN et al., 2014).

1.4. A atividade pesqueira de *Mugil liza* no Brasil

Mugil liza é um importante recurso pesqueiro no sudeste e sul do Brasil. A espécie é capturada em estuários e mar aberto, sendo bastante explorada pela pesca artesanal e industrial (SOUZA et al., 2017; LEMOS et al., 2014). A pesca da tainha ocorre, majoritariamente, durante sua migração reprodutiva, quando forma grandes agregações (cardumes), entre os meses de maio a julho. (LEMOS et al., 2021). As capturas artesanais ocorrem com uso de redes de emalhar e tarrafas, enquanto a frota industrial utiliza principalmente redes de cerco (GARBIN et al., 2014).

No Brasil, a pesca da tainha desempenha um papel de grande importância, tanto do ponto de vista econômico quanto sociocultural. Através da pesca artesanal, a captura dessa espécie fornece sustento e trabalho para muitas famílias que residem em regiões costeiras do sudeste e sul do país. Além disso, a tainha possui um valor cultural significativo, sendo objeto de manifestações culturais de comunidades pesqueiras tradicionais, o que impulsiona o mercado turístico-gastronômico nessas regiões (MIRANDA et al., 2007). A importância cultural da tainha é reconhecida pelo estado de Santa Catarina, que a incluiu como parte de seu Patrimônio Cultural através da Lei Nº 17.565, de 06 de agosto de 2018 (SANTA CATARINA, 2018).

Por outro lado, a pesca em escala industrial da tainha desempenha um papel relevante, considerando-a como uma fonte alternativa para substituir recursos tradicionais que têm enfrentado declínios significativos em termos de captura e rendimento. Além disso, a pesca industrial da tainha também é relevante no comércio internacional devido à exportação de suas ovas (MIRANDA et al., 2007; SOUZA et al., 2017).

Devido à pesca em excesso (ou sobrepesca) de outros recursos tradicionais, como a sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* Steindachner, 1879, a tainha tem se tornado cada vez mais valorizada pelo mercado consumidor. No Brasil, o peixe fresco é comercializado para consumo interno, enquanto as ovas e moelas são destinadas principalmente ao mercado internacional (OCEANA, 2016).

Em algumas regiões do Brasil, além do filé, o fígado de tainha também é consumido e considerado uma iguaria (HAUSER-DAVIS et al., 2016). As ovas de tainha são exportadas como Bottarga®, um produto culinário conhecido como caviar brasileiro, com alto valor de mercado, o que tem impulsionado a pressão pela pesca (LEMOS et al., 2014; GARBIN et al., 2014). Já a moela, como um tecido muscular, também é bastante apreciada, e consiste numa estrutura atípica encontrada em algumas espécies de peixes, como a tainha, sendo essencial para uma digestão mais eficiente, especialmente naqueles

que se alimentam no fundo do ambiente aquático. A moela atua na trituração mecânica, separando o alimento do sedimento que a tainha ingere durante sua alimentação. (VIEIRA, 1991).

Em 2004, *M. liza* foi classificada como sobreexplotada pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2004) com base na redução das capturas anuais. Em 2015, o Ministério do Meio Ambiente e o então Ministério da Pesca e Aquicultura aprovaram o “Plano de gestão para o uso sustentável da tainha, *Mugil liza* Valenciennes, 1836, no sudeste e sul do Brasil”, visando regulamentar a pesca da tainha para garantir a conservação da espécie (BRASIL, 2015).

A pesca da tainha, tanto pela frota industrial quanto por pescadores artesanais, é considerada tradição no Brasil e figura um patrimônio imaterial. *Mugil liza* está envolvida, inclusive, em uma interação singular que ocorre na natureza, a pesca cooperativa. Essa pesca ocorre principalmente na desembocadura do rio Tramandaí, entre os municípios de Imbé e Tramandaí (RS), e no estuário do município de Laguna (SC) (ILHA et al., 2020).

Na pesca cooperativa, pescadores artesanais de tarrafas e botos-de-Lahille *Tursiops geophysus* Lahille, 1908 interagem e trabalham juntos na captura da tainha, sendo ambos beneficiados (SIMÕES-LOPES et al., 1998). Os botos-de-Lahille atuam perseguindo e encurralando os cardumes de tainhas junto aos pescadores e sinalizando a eles o momento certo de lançarem suas tarrafas. Quando as tarrafas são lançadas, os pescadores capturam o cardume e as tainhas que conseguem escapar das tarrafas são posteriormente capturadas pelos botos (SILVA, 2021).

A atividade pesqueira de *M. liza* possui grande importância social, econômica, ambiental e cultural. Práticas de manejo sustentável são fundamentais para garantir a preservação da espécie (SOUZA et al., 2017). Os esforços de conservação devem abordar não apenas a pesca excessiva, mas também outros problemas, como a degradação dos habitats, que podem ter impactos negativos sobre a espécie (BRASIL, 2015).

A tainha é afetada por perturbações de origem natural e antrópica, que impactam cada uma das suas fases ontogenéticas (ovos/larvas, juvenil, subadulta e adulta). Esta espécie habita diferentes ambientes aquáticos e com conexões complexas que precisam ser atravessadas em diferentes fases de sua vida, o que a torna especialmente vulnerável a essas perturbações (BRASIL, 2015).

1.5. O Sistema Estuarino Tramandaí-Armazém

Os estuários são ecossistemas costeiros de transição entre o continente e o oceano. São as áreas onde ocorre a diluição da água salgada do mar, a partir do seu encontro com a água doce de um rio. Devido às suas características hidrodinâmicas, os estuários possuem grandes quantidades de nutrientes. Isso confere uma importância ecológica significativa a esses ambientes, que servem como berçário para várias espécies (MIRANDA et al., 2002).

Nos últimos anos, tem sido observado um aumento considerável na degradação dos ecossistemas estuarinos e costeiros. Essa situação é particularmente alarmante nos estuários e nas áreas costeiras próximas a regiões densamente habitadas, pois estão sujeitas a uma elevada exposição à contaminação química devido à proximidade das fontes poluidoras (KEHRING et al., 2006).

O Sistema Estuarino Tramandaí-Armazém (SETA) localiza-se no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul e conecta a bacia hidrográfica do rio Tramandaí com o oceano. O SETA é formado pelas lagoas Tramandaí e Armazém, às margens das cidades litorâneas de Imbé e Tramandaí, fazendo conexão com o mar através do canal da “barra do rio Tramandaí” (Figura 2) (CORRÊA et al., 2021; SILVA-GONÇALVES & D’INCAO, 2016).



Figura 2. Canal da barra do rio Tramandaí, local de deságue no oceano, de toda água proveniente da bacia hidrográfica do rio Tramandaí. Foto: Laboratório de Ecologia Pesqueira – CECLIMAR/CLN/UFRGS.

Historicamente, o SETA tem sido afetado por diversos impactos ambientais resultantes da expansão urbana desordenada, como a contaminação por efluentes domésticos, a pesca predatória e o turismo irresponsável. Esses fatores culminaram na

poluição e degradação progressiva do SETA ao longo do tempo (CAMARGO et al., 2020; MOURA et al., 2015).

Um estudo conduzido por Castro e Rocha (2016) identificou a presença de metais tóxicos no sistema estuarino, sugerindo uma possível relação com a falta de tratamento adequado de esgoto, atividades de produção de arroz irrigado, práticas de silvicultura, pecuária nas margens do estuário e extração de areia na região.

O SETA abriga uma rica diversidade de fauna marinha, incluindo *M. liza* (CASTRO & MELLO, 2016). Um estudo ao longo da bacia do rio Tramandaí, realizado por Tesser et al. (2021), revelou que espécies como o cará-cartola *Geophagus brasiliensis* Quoy & Gaimard, 1824, a branca *Oligosarcus* spp. Günther, 1864, a traíra *Hoplias malabaricus* Bloch, 1794 e o cascudo-viola *Loricariichthys anus* Valenciennes, 1836 estão acumulando concentrações significativas de metais provenientes do ambiente.

A presença desses poluentes no ambiente tem consequências prejudiciais, afetando a diversidade de organismos que habitam o ecossistema. Além disso, essa contaminação gera efeitos adversos sobre os moradores locais e os visitantes que frequentemente consomem pescados e utilizam as águas do estuário para atividades de lazer (CASTRO, 2019).

Essas descobertas destacam a importância de um manejo ambiental mais sustentável e a implementação de medidas de conservação para garantir a proteção da rica biodiversidade encontrada no ecossistema do SETA.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Investigar a contaminação por metais na tainha *M. liza* do SETA e seu potencial risco para a espécie e para seus predadores.

2.2. Objetivos específicos

- 1) Determinar as concentrações de Hg, Cu, Pb, Cd, Cr e As nas brânquias, fígado, moela e músculo de juvenis e subadultos;
- 2) Analisar os padrões da contaminação por metais em juvenis e subadultos;
- 3) Verificar as concentrações de metais detectadas nos espécimes e comparar com os valores estabelecidos pelas agências reguladoras brasileiras e internacionais para consumo humano.

Capítulo I

Metal contamination in juvenile and subadult of the Lebranche mullet *Mugil liza* (Mugiliformes: Mugilidae) in an estuarine system in southern Brazil

As normas para publicação no periódico “*Environmental Pollution*” estão disponíveis em:
<https://www.sciencedirect.com/journal/environmental-pollution/publish/guide-for-authors>

1 **Metal contamination in juvenile and subadult of the Lebranche mullet *Mugil liza***
2 **(Mugiliformes: Mugilidae) in an estuarine system in southern Brazil**

3
4 Ingrety Lorrana Alves da Silva ^{a, *} Patrícia Gomes Costa ^b, Adalto Bianchini ^b, Fabio
5 Lameiro Rodrigues ^{a, c}

6
7 ^a Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências,
8 Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Av. Bento Gonçalves 9500,
9 Agronomia, 91.540-000 Porto Alegre, RS, Brazil

10 ^b Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Av.
11 Itália km 8, Carreiros, 96.203-900 Rio Grande, RS, Brazil

12 ^c Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos - CECLIMAR, Universidade
13 Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Av. Tramandaí 976, Centro, 95.625-000 Imbé,
14 RS, Brazil

15 * Corresponding author at: Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de
16 Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Av. Bento Gonçalves
17 9500, Agronomia, 91.540-000 Porto Alegre, RS, Brazil. E-mail: 00339726@ufrgs.br (I.
18 Silva)

19 **Abstract**

20 The Lebranche mullet *Mugil liza* is one of the most abundant species in the Tramandaí-
21 Armazém Estuarine System (TAES), a region susceptible to several environmental
22 impacts. This system has faced significant challenges due to contamination by several
23 contaminants, with metals being highlighted as the main ones, in accordance with
24 numerous studies. The present study aimed to investigate metal contamination in *M. liza*
25 and evaluate the patterns of this contamination in juvenile and subadult fish. The metals
26 Cr, As, Pb, Cd, Cu e Hg were determined in gills, liver, gizzard, and muscle, using
27 inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The concentrations of these
28 metals were significantly different between the tissues, with the highest concentrations
29 found in the liver and gills in juvenile fish and in the liver and gizzard in subadult fish.
30 The muscle was the tissue with the lowest concentrations of metals in juvenile and
31 subadult fish. Juvenile presented higher concentrations of Cr and Pb than subadult fish in
32 all the samples. The highest concentrations in subadult fish were observed only in the
33 liver for the metals As, Cd, Cu, and Hg. This indicates a pattern of metal contamination
34 higher in smaller fish. The levels of Cr, As, Pb, Cd, and Cu exceeded the maximum limits
35 established by different agencies in 100%, 68%, 29%, 15%, and 6% of the samples,
36 respectively. Hg was below the regulatory limit in all the samples. These results indicate
37 that *M. liza* from the TAES are susceptible to metal accumulation, as evidenced by the
38 high levels found in juvenile fish and in the liver of subadult fish. This contamination
39 poses risks not only to the species itself but also to its predators, including humans, due
40 to the potential for biomagnification of metals throughout the entire food web.

41

42 **Keywords:** Fishing resource, toxicity evaluation, environmental monitoring.

43

44 **1. Introduction**

45 Recent studies in ecotoxicology are being conducted regarding the growing
46 diversity and complexity of the contaminants released into the environment. These studies
47 consider several variables that are often neglected but that present a significant impact on
48 the organisms' response regarding exposure to these substances, like the contaminants'
49 characteristics, their entry routes, bioindicators, and biomarkers (Salomão et al., 2020).
50 Metals are particularly alarming as contaminants due to their toxicity, environmental
51 persistence, resistance to degradation, and potential for bioaccumulation in organisms and
52 biomagnification in the food chain (Masindi and Muedi, 2018; Trevizani et al., 2019;

53 Silva et al., 2023). In the aquatic environment, metals are deposited on the sediments and
54 only reach the biota when they are resuspended, becoming bioavailable. However, the
55 behavior of metals and their bioavailability are regulated by abiotic factors such as pH,
56 temperature, salinity, oxygen, and organic matter (Rodrigues et al., 2021; Trevizani et al.,
57 2019). Furthermore, bioaccumulation in the biota also depends on biotic factors, like
58 physiological state, trophic level, age, body size, feeding habits, sex, and the organism's
59 reproductive period (Jayaprakash et al., 2015; Azevedo et al., 2009). All these factors are
60 relevant to the comprehension of the variation patterns in the concentrations of
61 contaminants that accumulate in the organism's organs. Among them, body size
62 represents one of the most significant influencing variables in the accumulation of these
63 substances (Farkas et al., 2003; Canli and Atli, 2003). The body size is frequently related
64 to the ontogenetic stage of the organism, which includes hatching, larval, juvenile, and
65 adult (Salomão et al., 2020).

66 Fish usually occupy high trophic levels and tend to accumulate large amounts of
67 metals. This renders them more sensitive to the aquatic environments' pollution, making
68 them the regular choice for biological indicators to monitor the presence of metals in
69 aquatic ecosystems (Fernandez et al., 2014; Silva et al., 2023). However, the evaluation
70 of the contamination in fish not only provides information about the state of the
71 environment but also about the fish's health and the potential risk to its predators,
72 including human beings (Jayaprakash et al., 2015; Fazio et al., 2019; Trevizani et al.,
73 2019). The Lebranche mullet *Mugil liza* Valenciennes, 1836 is a fish species of estuarine
74 and marine coastal environments, occurring from the Gulf of Mexico to Argentina
75 (Menezes et al., 2010). This species inhabits estuaries and adjacent coastal areas,
76 migrating to the sea during the reproduction period (Mai et al., 2018). Consequently, it
77 crosses different aquatic environments in distinct phases of its life (initial, juvenile, adult),
78 which makes it particularly vulnerable to perturbations caused by human activities
79 (Brasil, 2015). Furthermore, due to iliophagy, this species plays an important role in the
80 detection of contamination by metals, since it can be affected by the contamination
81 associated with sediments (Hauser-Davis et al., 2016).

82 The Tramandaí-Armazém Estuarine System (TAES) is the second biggest estuary
83 in the state of Rio Grande do Sul, on the Brazilian south coast, with a total area of
84 approximately 30 km² (Ramos and Vieira, 2001; Silva-Gonçalves and D'Incao, 2016).
85 This ecosystem is known for its high diversity and productivity, and is considered a
86 priority area for the conservation of Brazilian biodiversity (Camargo et al., 2020). Despite

87 its ecological importance, the region is intensely impacted by human activities varying
88 from predatory fishing to tourism, including practices like silviculture, rice cultivation,
89 and livestock farming (Camargo et al., 2020; Moura et al., 2015; Castro and Rocha, 2016).
90 The need for studies aiming at the possible environmental impacts generated by these
91 anthropic activities is evident. The environmental quality of the TAES is threatened by
92 several types of pollutants since it receives contaminated water and sediments from all
93 the water courses of the Tramandaí River basin and is the point where these waters join
94 the ocean (Castro, 2019). Among the pollutants, metals are pointed out as a significant
95 concern, as they have already been detected in the estuarine system (Castro and Mello,
96 2019).

97 Studies on the impacts of these pollutants on fish health are important to
98 understand environmental contamination and its effects on the ecosystem, due to their
99 characteristics as sentinel species. In particular, the mullet *M. liza* may be accumulating
100 this contamination observed at TAES and may also be a route of transfer to predators,
101 including humans, through consumption. The present study highlights the differential
102 contamination between tissues, demonstrating a generalized contamination pattern in
103 juvenile fish and a specific accumulation in the liver of subadult fish, indicating
104 bioaccumulation in the species. In this context, this study aimed to identify the presence
105 of contamination by metals in the mullet *M. liza* and to evaluate the specific patterns of
106 this contamination in juvenile and subadult that inhabit this complex estuarine system.
107 The levels of Hg, Cu, Pb, Cd, Cr and As were determined in the gills, liver, gizzard, and
108 muscle. Furthermore, the levels of the identified metals were examined regarding the
109 potential risk to the species and its predators.

110

111 **2. Materials and methods**

112 2.1. Study area

113 The study was carried out in the Tramandaí-Armazém Estuarine System (TAES),
114 located on the northern coast of Rio Grande do Sul, Brazil (-29.984281°S, -
115 050.148274°W). This system covers the final portion of the Tramandaí River basin, it
116 comprehends the Tramandaí and Armazém lagoons and the canal that connects them to
117 the sea, bordering the cities of Imbé and Tramandaí (Fig. 1) (Côrrea et al., 2021). The
118 TAES region has a humid subtropical climate and is strongly influenced by winds and
119 rainfall (Castro, 2019). The depth of the TAES body of water is low, varying between 1.0
120 and 2.0 meters in the Tramandaí and Armazém lagoons. The sediments in the Tramandaí

121 lagoon vary from coarse to fine-grained, meanwhile, in the Armazém lagoon, the
122 sediments vary from fine to very fine-grained (Cotrim and Miguel, 2007; Corrêa et al.,
123 2021).

124

125 **Fig. 1.** Study area and representation of the *Mugil liza* individuals caught, in southern
126 Brazil.

127

128 2.2. Sample collection

129 The analyzed fish were caught from July to October 2022. For these individuals,
130 two ontogenetic units (OU) were established: OU-I, juvenile with a total length < 150
131 mm, and OU-II, subadult with a total length \geq 150 mm and <350 mm. For each OU, the
132 number of individuals caught was 15. None of the individuals presented sexual
133 maturation, since it occurs near 350 mm (Morado et al., 2021). Juvenile individuals were
134 caught near the shallow zones of the Tramandaí and Armazém lagoons using beach seine
135 nets with 13 m length and 1.5 m height with a mesh size of 5 mm. Subadult individuals
136 were caught in the central zones of the lagoons, in regions of deeper depth (~ 1.8 m),
137 using cast nets with mesh sizes of 25 mm and 60 mm.

138 The fish were euthanized with a 150 mg L-1 benzocaine solution (Benzocaine \geq
139 99%, Merck, Germany), packed individually in plastic bags, and stored at -4°C until
140 arrival at the laboratory. All the procedures for sample collection were authorized by the
141 environmental agency (SISBIO n° 81874-1) and by the Ethics Committee for Animal
142 Use. The sample processing was carried out at the Fishery Ecology Laboratory
143 (CECLIMAR/CLN/UFRGS). Before removing the internal tissues, the total length (mm)
144 and the weight (g) of each individual were recorded. The gills, liver, gizzard, and muscle
145 samples were dissected using a stainless steel scalpel, stored in 50 mL falcon tubes, and
146 frozen at -20°C until the metal analysis.

147

148 2.3. Sample preparation and metal analysis

149 The sample preparation and the metal analysis were carried out at the
150 Determination Laboratory 2 (ICB/FURG). The gills, liver, gizzard, and muscle samples
151 were dehydrated by freeze dryer for 24h at -55°C and 76 μ mHg. All the samples were
152 then ground and approximately 0.5 g of each tissue were weighed on an analytical balance
153 with a 0.0001 g precision. Next, 2 mL of 65 % ultrapure nitric acid (Suprapur, Merck,
154 Germany) was added to each sample, and the acid digestion was carried out in a

155 microwave (Multiwave 3000, Anton Paar, USA) for 40 minutes. The extract resulting
156 from the acid digestion was diluted with 9 mL of ultrapure water (resistivity of 18
157 M Ω /cm) (Aquapur Evolution AQ3000, Permution, Brazil) and submitted to the metal
158 content analysis.

159 The concentrations of Hg, Cu, Pb, Cd, Cr and the metalloid As were determined
160 using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS, PlasmaQuant MS Q,
161 Analytik Jena, Germany). The instrument was calibrated using calibration curves
162 prepared with multielement solutions, which were obtained by diluting a standard
163 solution containing all the analytes (Multi-Element Standards Solution 5 For ICP, Merck,
164 Germany), and the linear range was from 0.001 to 1 mg L⁻¹. Yttrium (Y) was used as an
165 internal standard to correct matrix interferences. The limits of detection (LOD) and
166 quantification (LOQ) were calculated using the standard deviation (SD) of the signal of
167 a blank solution. The LOD was calculated as three times the SD and the LOQ as ten times
168 the SD. The values found for both LOD and LOQ were 0.000 mg L⁻¹ for all the metals,
169 showing the method's extremely high sensitivity.

170 The quality control and guarantee were ensured by the analysis of an analytical
171 blank and using reference materials certified by the Canada National Research Council
172 (TORT-3: lobster hepatopancreas; DORM-4: fish protein and DOLT-5: fish liver). The
173 recovery values for the certified materials were always >90% and >83%. The results of
174 the metal concentrations were expressed as mg kg⁻¹ of wet weight.

175

176 2.4. Data analysis

177 The data were tested for normality and homogeneity assumptions using the
178 Shapiro-Wilk and Levene tests, respectively. Since the assumptions were not met, the
179 Kruskal-Wallis test was applied to evaluate the significant differences in metal
180 concentrations between ontogenetic units and tissues (Zar, 2010). When the result
181 presented statistical significance, the Dunn test was used as pots-hoc to identify which
182 groups were different from each other. The Kendall correlation test was applied to verify
183 the relationship between metal concentrations and the total length and weight of the fish.
184 The influence of the environmental variables (temperature and salinity) in metal
185 concentrations was also evaluated by the Kendall correlation. This test was applied
186 considering that when the correlation coefficient (τ) value was higher than 0.00 (zero), it
187 would indicate a positive relationship. A principal component analysis (PCA) was carried
188 out to explore the association between the metals in OU and the mullet's tissues. The

189 function 'prcomp' was used to execute the PCA and the eigenvalues were employed as
190 metrics to determine the number of components that could offer the most effective
191 explanation of the data set. The interpretation of the results focused on the first two
192 principal components of the PCA. All of the statistical analyses were carried out using
193 the R environment version 4.2.3, with a statistical significance level of $p < 0.05$, and using
194 the packages 'ggplot2', 'car', 'dunn.test', and 'kendall'. The results were presented as
195 median \pm interquartile range, due to the presence of extreme values in the data.

196

197 2.5. Comparison of the metal concentrations with the limits established by regulatory
198 agencies

199 The concentrations of metals found in *M. liza* were compared to the maximum
200 tolerated limits (MTL) of contaminants in food established by the Brazilian legislation
201 (ANVISA), by Decree N° 55.871 of March 26, 1965, and the Normative Instruction N°
202 160 of July 1, 2022, by the European Commission (EC) Regulation N° 1881 of December
203 19, 2006, and by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
204 Circular N° 764 of January 1, 1983 (Table 3) (Brasil 1965, 2022; EC, 2006; Fao, 1983).
205 For As, Pb, Cd, and Hg we considered the limits established by the normative instruction
206 N° 160 of ANVISA of 2022, which represents the most recent Brazilian legislation for
207 these metals in fish, and by the regulation N° 1881 of EC of 2006. For Cr and Cu, we
208 considered the limits provided by ANVISA in the decree N° 55.871 of 1965 and by FAO
209 Circular of 1983, since the most recent Brazilian legislation does not comprise limits
210 established for the concentration of these metals in fish.

211 Due to the great number of samples (30 fishes x 4 tissues x 6 metals = 720
212 samples), the concentrations of the metals were grouped in pools of individuals.
213 Therefore, the concentration of each metal in a specific tissue was represented by the
214 median, considering the pool of all individuals in each OU, instead of considering the
215 individual concentrations of the 15 individuals in each OU.

216

217 **3. Results**

218 3.1. Fish weight and total length

219 The length and the weight of the individuals varied significantly in each OU (Fig.
220 2). In OU-I, the total length varied between 33 and 120 mm, with a median of 71 mm (\pm
221 23 mm). In OU-II, the variation of the total length was from 210 to 340 mm, and the
222 median was 310 mm (\pm 45 mm). Regarding the weight, in OU-I, the variation was from

223 0.41 to 20.43 g and the median was 5.38 g (\pm 4.89 g). The weight in OU-II varied between
224 95 to 350 g and presented a median of 290 g (\pm 100 g).

225

226 **Fig. 2.** Total length and weight distribution of the individuals in each ontogenetic unit. •
227 inside each box represents average value.

228

229 3.2. Relationship between the length and the metal concentrations

230 A correlation analysis was carried out to determine the relationship between the
231 metal concentrations and length and between metal concentrations and the individuals'
232 weights (Table 1). The results followed the same pattern for length and weight.

233

234 **Table 1.** Kendall's correlation coefficients (τ) and significance levels (p) of the
235 relationships between metal concentrations and total length and weight of the *M. liza*
236 individuals analyzed. Bold values indicate a significant difference with $p < 0.05$.

237

238 It was observed that for the metals Hg, Cu, Cd, and Cr the correlation was negative
239 and statistically significant ($p < 0.05$) for both OU, indicating that as the total length and
240 the weight increased, the concentrations of these metals did not increase. As for As, the
241 correlation was positive, but it was considered weak (close to 0.00) and non-significant
242 (Total length $p > 0.47$ and weight $p > 0.38$), suggesting that there is no clear relationship
243 between the concentrations of As detected and the total length and weight of the
244 individuals.

245

246 3.3. Metal concentrations in tissues and ontogenetic units

247 In general, among the tissues, the concentrations of Hg, Cu, Cd, Cr, and As were
248 higher in the liver, with the following order of accumulation: liver > gizzard > gills >
249 muscle. The concentrations of Pb were higher in gills, with the order of accumulation
250 being: gills > liver > gizzard > muscle. It was identified significant differences ($p < 0.05$)
251 in the concentrations of metals between most of the analyzed tissues, indicating notable
252 variations in the levels of contamination of different tissues. The only pattern similarity
253 observed was between gills and gizzard, except for Pb, and between all the tissues for As,
254 except for the liver (Fig. 3).

255

256 **Fig. 3.** Variation of metal concentrations in the different tissues of the *M. liza* analyzed.

257 Comparing the two OU, significant differences ($p < 0.05$) were found in the
258 concentrations of Hg, Cu, Pb, Cd, and Cr, while for As there was no significant difference
259 ($p > 0.15$). The concentrations of Pb and Cr were higher in all the analyzed tissues in OU-
260 I. For Cu, Cd, and Hg, the concentrations in the tissues were higher in OU-I, except for
261 the liver, which presented the highest concentrations of these metals in OU-II. As for As,
262 the concentrations were not significantly different in the tissues in both OU, except in the
263 liver, which showed higher As concentrations in OU-II (Fig. 4).

264

265 **Fig. 4.** Metal concentrations and maximum tolerated limits (MTL) in tissues analyzed in
266 the two ontogenetic units (juvenile and subadult) of the *M. liza* in the Tramandaí-
267 Armazém Estuarine System, Brazil.

268

269 These results demonstrated that the pattern of metal accumulation was higher in
270 OU-I than in OU-II, with a different order of accumulation in the tissues in each OU. In
271 OU-I, the highest concentrations were found in the liver and gills, the gizzard presented
272 intermediate values, and the lowest concentrations were detected in the muscle. In OU-
273 II, the highest concentrations were observed in the liver and gizzard, gills presented
274 intermediate values, and the lowest concentrations were observed in the muscle. As for
275 the metals, the same pattern was observed in both OU: Cu>As>Cr>Pb>Hg>Cd.

276

277 3.4. Relationship between metals

278 The Principal Component Analysis explained 69.32 % of the total variance of the
279 data (Fig. 5), considering the first two principal components (PC). The first PC
280 contributed with 48.61 % to the variance of the data, while the second PC contributed
281 with 20.71 %. The PCA results indicated a positive relationship between Pb and Cr,
282 especially regarding the gills and liver in OU-I. Furthermore, the PCA also demonstrated
283 a strong association between the elements Cd, Hg, Cu, and As, mainly regarding the liver
284 in OU-II.

285

286 **Fig. 5.** Principal Component Analysis (PCA) demonstrating the relationships between
287 metals.

288

289 3.5. Relationship between water parameters and metal concentrations

290 Among the physical-chemical parameters of water, the temperature and salinity
291 were measured, and their relationship with metal concentrations was investigated using a
292 correlation analysis (Table 2).

293

294 **Table 2.** Kendall's correlation coefficients (τ) and significance levels (p) of the
295 relationships between metal concentrations and water temperature and salinity. Bold
296 values indicate a significant difference with $p < 0.05$.

297

298 There was a statistically significant negative correlation ($p < 0.05$) between
299 temperature and metals, except for As. As for the salinity, a positive correlation with As
300 and Cd was observed, although these correlations were weak (close to 0.00) and were not
301 statistically significant ($p > 0.49$) for Cd. Regarding Hg, Pb, Cu, and Cr, salinity
302 demonstrated a statistically significant negative correlation ($p < 0.05$), except for Hg,
303 which presented a negative correlation, but with no statistical significance ($p < 0.07$).

304

305 3.6. Metal limits established by regulatory agencies

306 All the metals were found in concentrations above the MTL, except Hg (Table 3).
307 The Cr concentrations exceeded the MTL in 100% of the samples. The concentrations of
308 As exceeded the MTL in most of the samples, 68%, and affected all of the tissues, with
309 the liver and gills being the most affected ones. In the case of Pb, the concentrations
310 exceeded the MTL in 29% of the samples, mainly in the liver and gills, with only three
311 samples of gizzard and one sample of muscle presenting concentrations above the MTL.
312 The Cd concentrations exceeded the MTL in 15% of the samples, and most of them were
313 liver samples, except for two gizzard samples which presented concentrations above the
314 MTL. As for Cu, the concentrations exceeded the MTL in 6% of the samples, all of which
315 were liver samples.

316

317 **Table 3.** Metal concentrations in juvenile and subadult of the *M. liza* caught in the
318 Tramandaí-Armazém Estuarine System, Brazil.

319

320 4. Discussion

321 A higher contamination pattern was observed in juvenile fish in comparison with
322 subadult. It is generally accepted that smaller fish are more vulnerable to contamination
323 by metals in comparison to larger fish (Salomão et al., 2020). Smaller individuals have

324 smaller biomass when compared to larger individuals of the same species. Therefore,
325 smaller fish possess a reduced amount of tissue available for metal distribution (Salomão
326 et al., 2020). Furthermore, in the case of fish, it is observed that the feeding rate decreases
327 as they grow, affecting the metal absorption via diet (Farkas et al., 2003). The preference
328 for specific sediment particles while eating also plays a significant role in this process.
329 Pedro et al. (2008) examined the preference for sediment particles in mullet *Liza ramada*
330 and observed that smaller individuals tend to choose fine particles. This choice is related
331 to the fish morphology, which presents differences according to the individual's size. In
332 the Guinea and Fernandez (1992) study, significant differences were found in the gaps
333 between the gill rakers of juvenile and adults of several Mugilidae species, like *Liza*
334 *aurata*, *Liza saliens*, *Liza ramada*, and *Chelon labrosus*. They demonstrated that these
335 gaps match the particles' size limit that can be filtered by these fishes, emphasizing the
336 importance of these characteristics in the metal absorption through diet. Finer sediment
337 fractions generally present elevated metal concentrations (Ikem et al., 2003), because
338 these metals tend to form stronger bonds with functional groups such as hydroxy, sulfate,
339 and carbonate group, which are abundant in smaller sediment particles (Tansel and
340 Rafiuddin, 2016). On the other hand, higher metal concentrations in smaller fish can be
341 attributed to detoxification and excretion mechanisms. Older fish can have a higher
342 capacity for metal detoxification for subsequent excretion since younger fish spend more
343 energy on growth than on detoxification (Merciai et al., 2014). However, there is a gap
344 in the literature on fish regarding the relationship between detoxification and excretion of
345 toxic substances and ontogeny.

346 For the analyzed tissues, the higher metal concentrations were found in the liver.
347 The liver is the main organ of accumulation, biotransformation and excretion of metals
348 in fish (Fernandes et al., 2007), due to its large amount of metallothioneins that regulate
349 these elements (Lawrence e Hemingway, 2003; MD-Shahjahan et al., 2022). Gills and
350 gizzard also presented significantly high metal concentrations and, in general, were
351 similar. The gills are the first organs exposed to the environment and, therefore, are one
352 of the main targets of interaction with metal ions (Hauser-Davis et al., 2016; Fernandes
353 et al., 2007). As for gizzard, it is directly exposed to the sediments and food that pass
354 through it. In the Mugilidae, gizzard plays a crucial role in grinding highly indigestible
355 food, using the sediments to help the mechanical process (Vieira, 1991). On the other
356 hand, muscle presented the lowest metal concentrations. This is because muscles have a
357 limited potential to accumulate metals (Jovičić et al., 2015) since they are not in direct

358 contact with the toxic substance due to skin protection (Vasanthi et al., 2013). Besides,
359 muscles present lower metabolic activity when compared to organs like the liver and gills
360 (Uysal et al., 2008).

361 The high concentrations of Cu and Cr in this study are due to the natural essence
362 of these metals and the fishes' capacity to regulate them in their tissues (Lobos et al.,
363 2019), but also reflect the environmental contamination of the TAES. Tesser et al. (2021)
364 evaluated the contamination by Cr in omnivorous, carnivore, and detritivore fishes in this
365 region and showed that all of the samples exceeded the limits considered safe by the
366 regulatory agencies. In the case of Cu, we did not find studies that evaluated the presence
367 of these metals in any of the environmental matrices from the TAES. However, in several
368 estuaries along the Brazilian coast, high levels of Cu have already been reported,
369 including in *Mugil liza* (Niencheski et al. 2014; Hauser-Davis et al., 2016). The evidence
370 of sediment exchange between estuaries and neighboring marine areas (Ridgway and
371 Shimmiel, 2002) suggests that the contamination by Cu can be transported and
372 influenced by factors beyond the geographic limits of the TAES. Furthermore, Cu is also
373 present in the composition of biocides and fertilizers (Rodrigues et al., 2021), and the
374 TAES region is characterized by highly developed agriculture (Lissner and Gruber,
375 2009). The high concentrations of As found in this study reflect the fact that this is one
376 of the main metals that contaminate the TAES. Several studies have already associated
377 the presence of As with the use of agrochemicals in irrigated rice culture, which is
378 predominant in this region (Petersen et al., 2019). Arsenic was historically used in
379 agriculture in a variety of agrochemicals, many of which are still used nowadays (Petersen
380 and Damin, 2016). Mercury, Pb, and Cd were the metals with the lowest concentrations
381 detected in our study. This is in accordance with the fact that these elements, in general,
382 are present in high concentrations in predator fish, since these metals are toxic and have
383 a cumulative effect (Filho et al., 2013). Data concerning Hg, Pd, and Cd in sediments,
384 water, and other fish from the TAES exceeding the limits recommended by the regulatory
385 agencies in some samples have been reported. However, most of the results showed that
386 these metals were not detected, or their concentrations were below the recommended
387 limits (Rocha, 2020a; Rocha 2020b; Rocha 2020c; Tesser et al., 2021). Additionally, the
388 absence of these elements in the mullet *M. liza* of the TAES has already been reported
389 (Petersen and Damin, 2016).

390 Regarding the relationship between the metals, a pattern between Pb and Cr, and
391 between Hg, Cu, Cd, and As was observed. This pattern does not necessarily indicate an

392 association between these metals but indicates a common route of metabolism in the
393 organism and a common origin of environmental contamination (Nussey et al., 2000;
394 Samantara et al., 2023). In the case of Pb and Cr, it was observed that these metals
395 presented high levels, especially in the gills and liver of the analyzed juvenile. The metals
396 Hg, Cu, Cd, and As demonstrated higher levels mainly in the liver of subadult. The gills,
397 in particular, are the largest surface area in direct contact with the aquatic environment
398 and, therefore, represent an important site for the incorporation and accumulation of
399 metals. As is the liver, which is the main organ for accumulation and metabolization of
400 metals (Hauser-Davis et al., 2016; Vasanthi et al., 2013).

401 The relationship between the environmental variables, like temperature and
402 salinity, and the metal concentrations in our study was not significant, although it is
403 already known that these variables can impact metal absorption (Tesser et al., 2021). In
404 our study, low temperature and salinity rates were observed, which influences a lower
405 bioavailability of metals, due to complexation and binding with ions and organic molecules
406 present in the water. Other factors may have a more prominent influence on the metal
407 accumulation in the species of the TAES, such as the organic matter content of this
408 environment and the physicochemical characteristics of the sediments. The influence of
409 other abiotic factors needs to be more thoroughly investigated to better understand its
410 effect on metal absorption, since different abiotic factors interact with each other and can
411 lead to an increase or reduction in metal bioavailability (Tansel and Rafiuddin, 2016).

412 In our study, all of the metals and metalloids, except for Hg, were found in
413 concentrations higher than the limits established by ANVISA, CE, and FAO in the
414 samples of *M. Liza*, indicating a concerning environmental contamination of the TAES,
415 which is corroborated by the contamination already observed in other fish species, water,
416 and sediments of this complex system (Tesser et al., 2021). This contamination reflects
417 the harm to *M. Liza's* health, which can compromise the species' development since it
418 depends on the estuary environment. Furthermore, our study demonstrated that metal
419 concentrations were generally higher in juvenile fish, except for concentrations in the
420 liver of subadult fish, which indicates bioaccumulation. However, there is a need to also
421 analyze adult individuals to identify the risks of perpetuating the species, as metal
422 contamination causes devastating effects on fish. Several histological, physiological,
423 behavioral, and genetic alterations that affect the correct functioning of the organism are
424 already well documented for many fish species exposed to different types and
425 concentrations of metals (Vasanthi et al., 2013; MD-Shahjahan et al., 2022). Because they

426 are a source of food for other animals, fish contamination represents a risk for the entire
427 food chain. In the case of mullet *M. liza* of the TAES, its predators include seabirds,
428 dolphins, and human beings.

429 Finally, the results of our study indicating the metal contamination in juvenile and
430 subadult of mullet *M. liza* in the TAES raise great concerns. The mullet *M. liza* is found
431 in abundance in the region, in different sizes, playing a significant economic role. The
432 contamination of this species can have considerable impacts on fishing activity and the
433 local economy, in addition to compromising its use as a food source. Therefore, we
434 recommend that more studies be carried out to monitor the contamination of *M. liza* in
435 the TAES to evaluate possible variations over time and propose techniques to mitigate
436 the existing contamination. This work represents one of the few studies performed for
437 this species in this region.

438

439 **5. Conclusions**

440 The negative correlations found between metal concentrations and fish size
441 indicated higher contamination in juvenile fish. This contamination poses a risk to *M.*
442 *liza*, associated with the bioaccumulation for larger specimens. The levels of the metals
443 As, Cr, Pb, Cd, and Cu exceeding the limits established by different regulatory agencies
444 in the analyzed tissues of *M. liza* from the TAES represent a significant risk to the health
445 of the species' predators by the biomagnification in the food web. The highest
446 concentrations of Cr, As, and Cu in the samples indicated that these were the metals that
447 influenced the most the contamination of the mullet *M. liza* from the TAES. Due to the
448 relevance of the mullet *M. liza* for fishing and local consumption, this study highlights
449 the importance of more metal contamination monitoring studies to guarantee the health
450 of the species and its predators, including human health.

451

452 **Funding**

453 This study was financed by the Brazilian Coordenação de Aperfeiçoamento de
454 Pessoal de Nível Superior – CAPES/PROAP [Process: 88887.687956/2022-00]. A.
455 Bianchini is a research fellow from the Brazilian Conselho Nacional de Desenvolvimento
456 Científico e Tecnológico (CNPq #307647/20161). Sample collection was financed by the
457 National Council for Scientific and Technological Development – CNPq [Process:
458 404010/2021-0].

459

460 **CRedit authorship contribution statement**

461 **Ingrety Lorrana Alves da Silva:** Conceptualization, Methodology, Formal
462 analysis, Data curation, Writing – original draft. **Patrícia Gomes Costa:** Resources.
463 **Adalto Bianchini:** Resources, Founding acquisition. **Fabio Lameiro Rodrigues:**
464 Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Writing – review & editing,
465 Supervision.

466

467 **Declaration of competing interest**

468 The authors declare that they have no known competing financial interests or
469 personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this
470 paper.

471

472 **Acknowledgments**

473 The authors would like to thank the artisanal fishers of Imbé and Tramandaí for
474 their help in capturing the specimens used in this study and the “Centro de Estudos
475 Costeiros, Limnológicos e Marinhos – CECLIMAR/CLN/UFRGS” and Determination
476 Laboratory 2 of FURG Carreiros for all the scientific support provided to authors. The
477 authors would also like to thank Emerson Mota for his help with the map and graphic
478 abstract.

479

480 **References**

481

482 Azevedo, J. S., Fernandez, W. S., Farias, L. A., Fávoro, D. T. I., Braga, E. S., 2009. Use
483 of *Cathorops spixii* as bioindicator of pollution of trace metals in the Santos Bay,
484 Brazil. *Ecotoxicology*, 18, 577-586. [https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-](https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-009-0315-4)
485 [009-0315-4](https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-009-0315-4).

486

487 Brasil. Ministério da Pesca e Aquicultura. Ministério do Meio Ambiente, 2015. Plano
488 de Gestão para o uso sustentável da tainha, *Mugil liza* Valenciennes, 1836, no Sudeste e
489 Sul do Brasil. <https://repositorio.icmbio.gov.br/handle/cecav/1514>.

490

491 Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução
492 Normativa - IN nº 160, de 1 de julho de 2022. [https://in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-](https://in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-160-de-1-de-julho-de-2022-413367081#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20estabelece,Par%C3%A1grafo%20C3%BAnico)
493 [normativa-in-n-160-de-1-de-julho-de-2022-](https://in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-160-de-1-de-julho-de-2022-413367081#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20estabelece,Par%C3%A1grafo%20C3%BAnico)
494 [413367081#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa](https://in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-160-de-1-de-julho-de-2022-413367081#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20estabelece,Par%C3%A1grafo%20C3%BAnico)
495 [%20estabelece,Par%C3%A1grafo%20C3%BAnico](https://in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-160-de-1-de-julho-de-2022-413367081#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Instru%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20estabelece,Par%C3%A1grafo%20C3%BAnico).

496

497 Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Decreto nº
498 55.871, de 26 de março de 1965. [https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/d55871.htm)
499 [1969/d55871.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/d55871.htm).

500
501 Camargo, Y. R. R., Dal Forno, M. A. R., Dorneles, D. R., Frainer, G., Ilha, E. B.,
502 Rigon, C. T., Santos, B., Santos, M. L., Serpa, N., Simas, T. P., Carlos, C. J., Moreno, I.
503 B., 2020. Diagnóstico ambiental do estuário do rio Tramandaí, litoral norte do Rio
504 Grande do Sul, Brasil. Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha, 9, 1-
505 18. <https://doi.org/10.37002/revistacepsul.vol9.1625e2020002>.
506
507 Canli, M., Atli, G., 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb,
508 Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environmental Pollution, 121
509 (1), 129-136. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00194-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00194-X).
510
511 Castro, D., 2019. Ciclo das águas na bacia hidrográfica do Rio Tramandaí. Porto
512 Alegre, Via Sapiens (176 p.).
513
514 Castro, D., Mello, R. S. P., 2016. Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade
515 na bacia hidrográfica do Rio Tramandaí. Porto Alegre, Via Sapiens (140 p.).
516
517 Castro, D., Mello, R. S. P., 2019. Atlas ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio
518 Tramandaí. Porto Alegre, Via Sapiens (180 p.).
519
520 Castro, D., Rocha, C. M., 2016. Qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio
521 Tramandaí. Porto Alegre, Via Sapiens (172p.).
522
523 Corrêa, L. S., Silveira, T. F., Rocha, C. M., Maffessoni, D., 2021. Microplásticos nas
524 águas do estuário Tramandaí - Armazém, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil e
525 relação com a qualidade da água. Revista de Gestão de Água da América Latina, 18, 1-
526 14. <https://doi.org/10.21168/reg.v18e10>.
527
528 Cotrim, D. S., Miguel, L. A., 2007. Uso do enfoque sistêmico na pesca artesanal em
529 Tramandaí - RS. Eisforia, 5 (2), 136-160.
530 [https://www.researchgate.net/publication/242143544_USO_DO_ENFOQUE_SISTEMI](https://www.researchgate.net/publication/242143544_USO_DO_ENFOQUE_SISTEMI_CO_NA_PESCA_ARTESANAL_EM_TRAMANDAI_-_RS)
531 [CO_NA_PESCA_ARTESANAL_EM_TRAMANDAI_-_RS](https://www.researchgate.net/publication/242143544_USO_DO_ENFOQUE_SISTEMI_CO_NA_PESCA_ARTESANAL_EM_TRAMANDAI_-_RS).
532
533 EC. Commission of the European Communities. Commission regulation (EC) n° 1881,
534 of 19 December 2006: setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
535 Official Journal of the European Union. [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:EN:PDF)
536 [lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:EN:PDF](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:EN:PDF).
537
538 Fao. Food and Agriculture Organization, 1983. Compilation of Legal Limits for
539 Hazardous Substances in Fish and Fishery Products. FAO Fishery Circular n°. 764.
540 Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
541 <https://www.fao.org/inland-fisheries/resources/detail/ar/c/1150083/>.
542
543 Farkas, A., Salánki, J., Specziár, A., 2003. Age- and size-specific patterns of heavy
544 metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-
545 contaminated site. Water, 37, 959-964. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00447-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00447-5).
546
547 Fazio, F., Saoca, C., Sanfilippo, M., Capillo, G., Spano, N., Piccione, G., 2019.
548 Response of vanadium bioaccumulation in tissues of *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758).

549 Science of The Total Environment, 689 (1), 774-780.
550 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.476>.
551
552 Fernandez, W. S., Dias, J. F., Bouffleur, L. A.; Amaral, L., Yoneama, M. L., Dias, J. F.,
553 2014. Bioacumulation of trace elements in hepatic and renal tissues of the white mullet
554 *Mugil curema* Valenciennes, 1836 (Actinopterygii, Mugilidae) in two coastal systems in
555 southeastern Brazil. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B:
556 Beam Interactions with Materials and Atoms, 318 (A), 94-98.
557 <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2013.05.103>.
558
559 Filho, P. J. S., Fonseca, V. K., Holbig, L., 2013. Avaliação de metais em pescado da
560 região do Pontal da Barra, Laguna dos Patos, Pelotas-RS. Journal of the Brazilian
561 Society of Ecotoxicology, 8, 104-111.
562 [https://www.researchgate.net/publication/304037934_Avaliacao_de_metais_em_pescad](https://www.researchgate.net/publication/304037934_Avaliacao_de_metais_em_pescado_da_regiao_do_Pontal_da_Barra_Laguna_dos_Patos_Pelotas-RS)
563 [o_da_regiao_do_Pontal_da_Barra_Laguna_dos_Patos_Pelotas-RS](https://www.researchgate.net/publication/304037934_Avaliacao_de_metais_em_pescado_da_regiao_do_Pontal_da_Barra_Laguna_dos_Patos_Pelotas-RS).
564
565 Guinea, J., Fernandez, F., 1992. Morphological and biometrical study of the gill rakers
566 in four species of mullet. Journal of Fish Biology, 41, 381-397.
567 <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1992.tb02667.x>.
568
569 Hauser-Davis R. A., Bordon, I. C. A. C., Oliveira, T. F., Ziolli, R. L., 2016. Metal
570 bioaccumulation in edible target tissues of mullet (*Mugil liza*) from a tropical bay in
571 Southeastern Brazil. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 36, 38-43.
572 <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.03.016>.
573
574 Ikem, A., Egiebor, N. O., Nyavor, K., 2003. Trace Elements In Water, Fish and
575 Sediment from Tuskegee Lake, Southeastern Usa. Water, Air, & Soil Pollution, 149,
576 51-75. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1025694315763>.
577
578 Ilha, E. B., Rigon, C. T., Dorneles, D. R., Camargo, Y. R., Kindel, E. A. I., Moreno, I.
579 B., 2020. Pescadores e botos: histórias de uma conexão em rede. Ambiente &
580 Educação, 25 (2), 512-535. <https://doi.org/10.14295/ambeduc.v25i2.8536>.
581
582 Jayaprakash, M., Senthil Kumar, R., Giridharan, L., Sujitha, S. B., Sarkar, S. K.,
583 Jonathan, M. P., 2015. Bioaccumulation of metals in fish species from water and
584 sediments in macrotidal Ennore creek, Chennai, SE coast of India: A metropolitan city
585 effect. Ecotoxicology and Environmental Safety, 120, 243-255.
586 <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.042>.
587
588 Jovičić, K., Nikolić, D. M., Višnjić-Jeftić, Ž., Đikanović, V., Skorić, S., Stefanović, S.
589 M., Lenhardt, M., Hegediš, A., Krpo-Ćetković, J., Jarić, I., 2015. Mapping differential
590 elemental accumulation in fish tissues: assessment of metal and trace element
591 concentrations in wels catfish (*Silurus glanis*) from the Danube River by ICP-MS.
592 Environmental Science and Pollution Research, 22, 3820-3827.
593 <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3636-7>.
594
595 Lawrence, A. J., Hemingway, K. L., 2003. Effects of pollution on fish: molecular
596 effects and population responses. Blackwell Science, (342 p.).
597

598 Lemos, V. M., Cabral, H., Pasquaudo, S., Vieira, J. P., 2021. Occurrence and abundance
599 of young mullet *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in the surf zone along the southern
600 coast of Brazil. *Scientia Marina*, 85 (5), 245-255.
601 <https://doi.org/10.3989/scimar.05129.021>.
602

603 Lissner, J. B., Gruber, N. L. S., 2009. Contaminação dos recursos hídricos e gestão
604 integrada no litoral norte do Rio Grande do Sul. *ParaOnde!?*, 3 (2), 1-18.
605 <https://doi.org/10.22456/1982-0003.22096>.
606

607 Lobos, M. G., Sáez, C., Chavarría, A., Sepúlveda, M., Díaz, P., Gaete, H., 2019.
608 Distribution of Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn in liver, gills and muscle of early life
609 stages of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Bulletin of Environmental Contamination and*
610 *Toxicology*, 102, 419-424. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02540-1>.
611

612 Mai, A. C. G., Santos, M. L., Lemos, V. M., Vieira, J. P., 2018. Discrimination of
613 habitat use between two sympatric species of mullets, *Mugil curema* and *Mugil liza*
614 (Mugiliformes: Mugilidae) in the rio Tramandaí Estuary, determined by otolith
615 chemistry. *Neotropical Ichthyology*, 16 (2), 1-8. [https://doi.org/10.1590/1982-0224-](https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170045)
616 [20170045](https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170045).
617

618 Masindi, V., Muedi, K. L., 2018. Environmental Contamination by Heavy Metals.
619 *Heavy Metals (InTech)*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76082>.
620

621 MD-Shahjahan., Taslima, K., Rahman, M. S., MD, Al-Emran, Alam, S. I., Faggio, C.
622 2022. Effects of heavy metals on fish physiology – A review. *Chemosphere*, 300, 1-18.
623 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134519>.
624

625 Menezes, N. A., Oliveira, C., Nirchio, M., 2010. An old taxonomic dilemma: the
626 identity of the western south atlantic lebranche mullet (Teleostei: Perciformes:
627 Mugilidae). *Zootaxa*, 2519, 59-68. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2519.1.4>.
628

629 Merciai, R., Guasch, H., Kumar, A., Sabater, S., García-Berthou, E., 2014. Trace metal
630 concentration and fish size: Variation among fish species in a Mediterranean river.
631 *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 107, 154-161.
632 <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.05.006>.
633

634 Morado, C. N., Andrade-Tubino, M. F., Araújo, F. G., 2021. Local ecological
635 knowledge indicates: There is another breeding period in the summer for the mullet
636 *Mugil liza* in a Brazilian tropical bay. *Ocean & Coastal Management*, 205, 1-11.
637 <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105569>.
638

639 Moura, N. S. V., Moran, E. F., Strohaecker, T. M. e Kunst, A. V., 2015. The
640 urbanization in the coastal zone: local and regional processes and the environmental
641 changes-the case of the north coast of the Rio Grande do Sul state, Brazil. *Ciência e*
642 *Natura*, 37 (3), 594- 612. <https://doi.org/10.5902/2179460X18503>.
643

644 Niencheski, L. F., Machado, E. C., Silveira, I. M. O., Flores Montes, M. J., 2014.
645 Metais traço em peixes e filtradores em quatro estuários da costa Brasileira. *Tropical*
646 *Oceanography*, 42 (1), 94-93. <https://doi.org/10.5914/tropocean.v42i1.5886>.
647

648 Nussey, G., Van-Vuren, J. H. J., Du-Preez, H. H., 2000. Bioaccumulation of chromium,
649 manganese, nickel and lead in the tissues of the moggel, *Labeo umbratus* (Cyprinidae),
650 from Witbank Dam, Mpumalanga. *Water AS*, 26 (2), 269-284.
651 https://journals.co.za/doi/abs/10.10520/AJA03784738_2360.
652

653 Pedro, S., Canastreiro, V., Caçador, I., Pereira, E., Duarte, A. C., Almeida, P. R., 2008.
654 Granulometric selectivity in *Liza ramado* and potential contamination resulting from
655 heavy metal load in feeding areas. *Coastal and Shelf Science*, 80, 281-288.
656 <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.08.011>.
657

658 Petersen, B. C., Tietböhl, T. H., Marqueze, A., 2019. Interference of heavy metals
659 present in the water of the Lagoa Tramandaí/RS on the carbohydrate metabolism of the
660 GURI Sea Catfish (*G. genidens*) and Bay whiff (*C. spilopterus*). *Comparative*
661 *biochemistry and physiology c-toxicology & pharmacology*, 219, 42-49.
662 <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2019.01.007>.
663

664 Petersen, B. C., Damin, I. C. F., 2016. Avaliação da qualidade do pescado da lagoa
665 Tramandaí/RS. 10º Simpósio Internacional De Qualidade Ambiental, Porto Alegre,
666 Anais Abes. [http://www.abes-](http://www.abes-rs.uni5.net/centraldeeventos/_arqTrabalhos/trab_20160902101515000000593.pdf)
667 [rs.uni5.net/centraldeeventos/_arqTrabalhos/trab_20160902101515000000593.pdf](http://www.abes-rs.uni5.net/centraldeeventos/_arqTrabalhos/trab_20160902101515000000593.pdf).
668

669 Ramos L. A., Vieira J. P., 2001. Composição específica e abundância de peixes de
670 zonas rasas dos cinco estuários do Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim do Instituto de*
671 *Pesca*, 27 (1), 109-121. [https://intranet.institutodepesca.org/27\(1\)-art_14.pdf](https://intranet.institutodepesca.org/27(1)-art_14.pdf).
672

673 Ridgway, J., Shimmiel, G., 2002. Estuaries as repositories of historical contamination
674 and their impact on shelf seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55 (6), 903-928.
675 <https://doi.org/10.1006/ecss.2002.1035>.
676

677 Rocha, C. M. Da, 2020a. Avaliação de metais pesados em água na Bacia Hidrográfica
678 do Rio Tramandaí – Relatório de dados brutos - Período 2011–2012.
679

680 Rocha, C. M. Da, 2020b. Avaliação de metais pesados em sedimento lagunar na Bacia
681 Hidrográfica do Rio Tramandaí – Relatório de dados brutos - Período 2011–2012.
682

683 Rocha, C. M. Da, 2020c. Avaliação de metais pesados em pescado na Bacia
684 Hidrográfica do Rio Tramandaí. Relatório de dados brutos - Período 2011-2012.
685

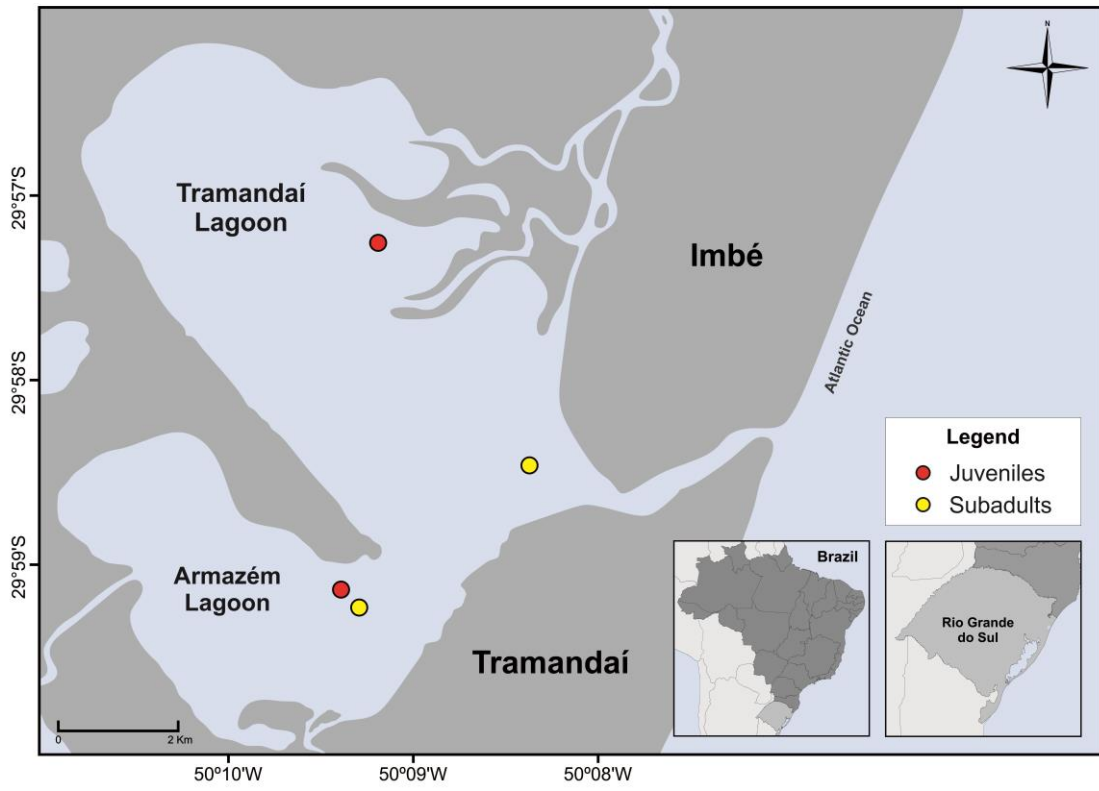
686 Rodrigues, P. A., Ferrari, R. G., Kato, L. S., Hauser-Davis, R. A., Conte-Junior, C. A.
687 A., 2021. Systematic review on metal dynamics and marine toxicity risk assessment
688 using crustaceans as bioindicators. *Biological Trace Element Research*, 200, 881-903.
689 <https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-021-02685-3>.
690

691 Salomão, A. L. S., Hauser-Davis, R. A., Marques, M., 2020. Critical knowledge gaps
692 and relevant variables requiring consideration when performing aquatic ecotoxicity
693 assays. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37 (5), 959-964.
694 <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110941>.
695

696 Samantara, M. K., Panigrahi, S., Mohanty, A. K., Sahu, G., Mishra, S. S., Palaniswami,
697 K., Subramanian, V., Venkatraman, B., 2023. Heavy metal concentration in marine

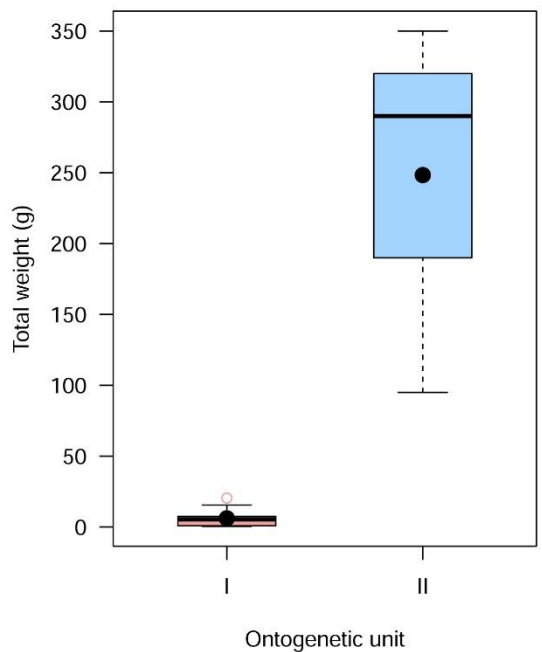
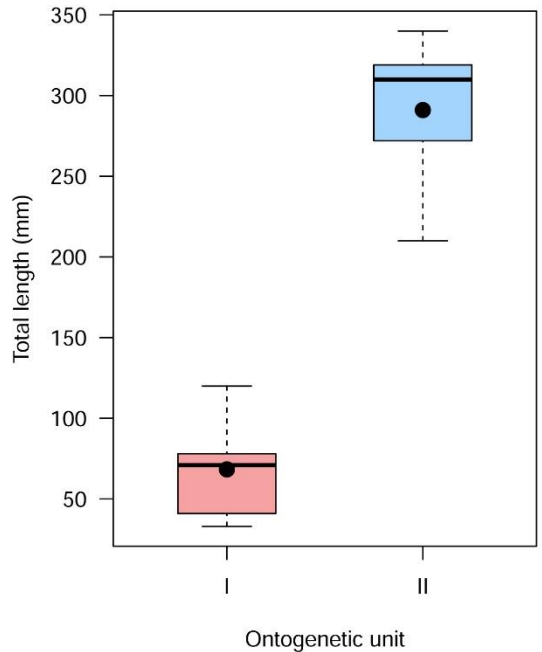
698 edible fishes and associated health risks: An assessment from Tamil Nadu coast, Bay of
699 Bengal. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 5, 193-204.
700 <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2023.09.002>.
701
702 Silva, E., Silveira, F. L. A., Marques, O. R., Moreno, I. B., 2021. “A gente acostuma os
703 olhos”: pescadores artesanais de tarrafa e botos-de-Lahille nas paisagens da Barra do
704 Rio Tramandaí. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 56, 22-45.
705 <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/234307/001134125.pdf?sequence=1&isAll>
706 [owed=y](https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/234307/001134125.pdf?sequence=1&isAll).
707
708 Silva, M. H. L., Castro, A. C. L., Silva, I. S., Cabral, P. F. P., Azevedo, J. W. J., Soares,
709 L. S., Bandeira, A. M., Basso, M. J., Nunes, J. L. S., 2023. Determination of metals in
710 estuarine fishes in a metropolitan region of the coastal zone of the Brazilian Amazon.
711 *Marine Pollution Bulletin*, 186, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114477>.
712
713 Silva-Gonçalves, R., D'Incao, F., 2016. Socioeconomic and labor profile of artisanal
714 fishers of the pink shrimp in the estuarine complex of Tramandaí-RS, Brazil. *Boletim*
715 *do Instituto de Pesca*, 42 (2), 387-401.
716 <https://institutedepesca.org/index.php/bip/article/view/1143>.
717
718 Tansel, B., Rafiuddin, S., 2016. Heavy metal content in relation to particle size and
719 organic content of surficial sediments in Miami River and transport potential.
720 *International Journal of Sediment Research*, 31, 324-329.
721 <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2016.05.004>.
722
723 Tesser, T. T., Rocha, C. M., Castro, D., 2021. Metal contamination in omnivores,
724 carnivores and detritivores fish along the Tramandaí River Basin, RS, Brazil.
725 *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 16, 1-11.
726 <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100496>.
727
728 Trevizani, T. H., Domit, C., Vedolin, M. C., Angeli, J. L. F., Figueira, R. C. L., 2019.
729 Assessment of metal contamination in fish from estuaries of southern and southeastern
730 Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191 (308), 1-16.
731 <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-019-7477-1>.
732
733 Uysal, K., Emre, Y., Kose, E., 2008. The determination of heavy metal accumulation
734 ratios in muscle, skin and gills of some migratory fish species by inductively coupled
735 plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon
736 (Antalya/Turkey). *Microchemical Journal*, 90, 67-70.
737 <https://doi.org/10.1016/j.microc.2008.03.005>.
738
739 Vasanthi, L. A., Revathi, P., Mini J., Munuswamy, N., 2013. Integrated use of
740 histological and ultrastructural biomarkers in *Mugil cephalus* for assessing heavy metal
741 pollution in Ennore estuary, Chennai. *Chemosphere*, 91 (8), 1156-1164.
742 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.021>.
743
744 Vieira, J. P., 1991. Juvenile mullets (Pisces: Mugilidae) in the estuary of Lagoa dos
745 Patos, RS, Brazil. *Copeia*, 1991 (2), 409-418. <https://repositorio.furg.br/handle/1/5749>.
746
747 Zar, J. H., 2010. *Biostatistical Analysis*. Nova Jersey, Pearson, (946 p.).

748 **Fig. 1.**

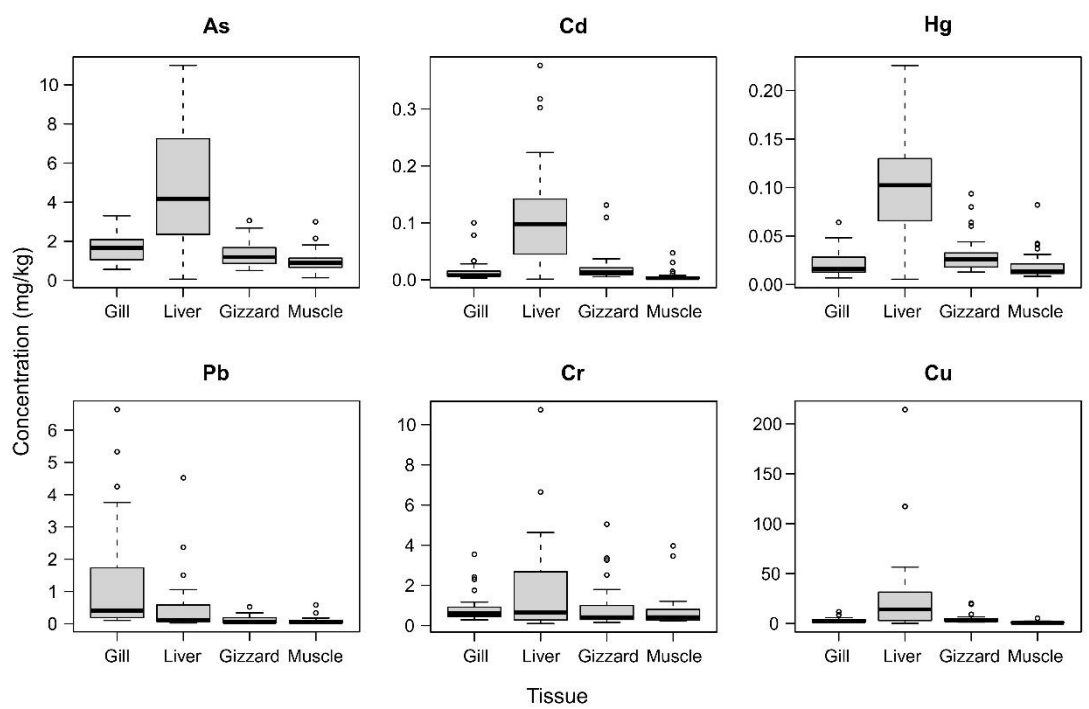


749

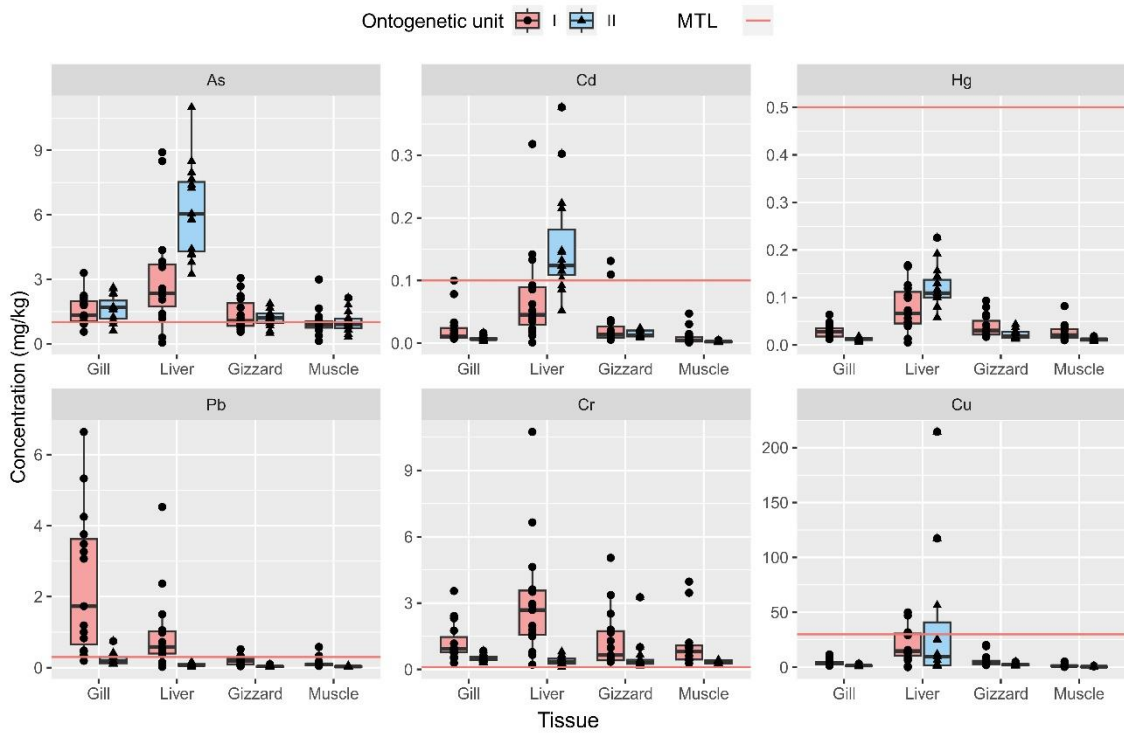
750 **Fig. 2.**



751

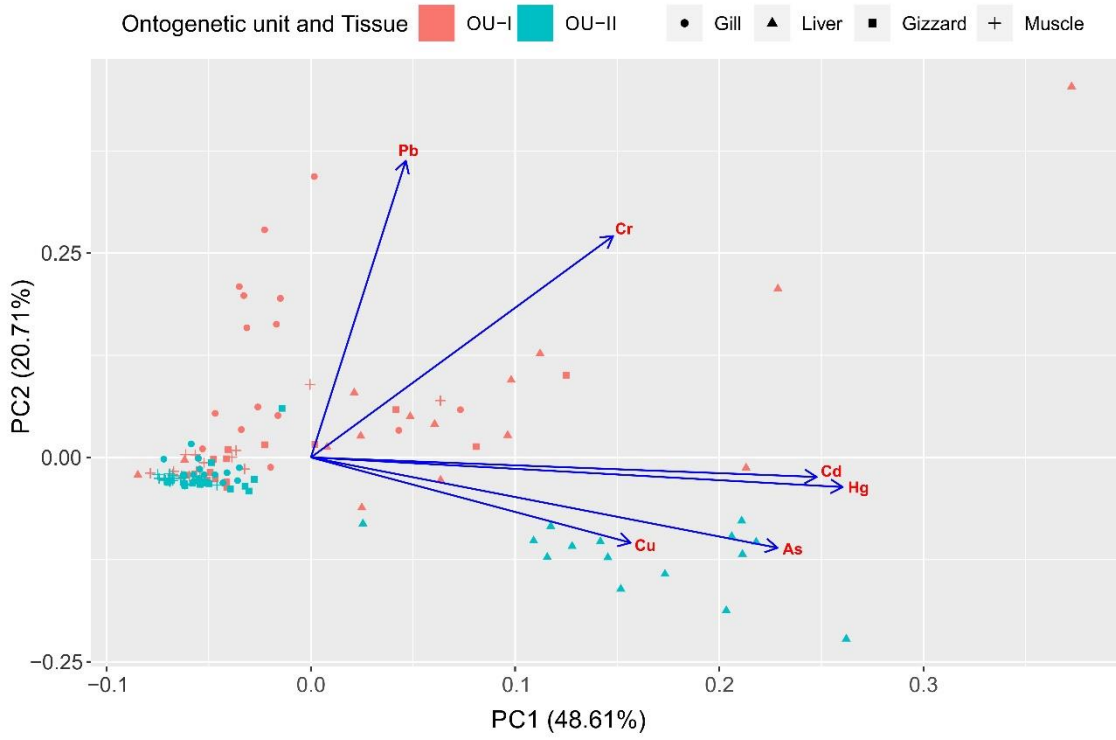


754 **Fig. 4.**



755

756 **Fig. 5.**



757

758 **Table 1.**
759

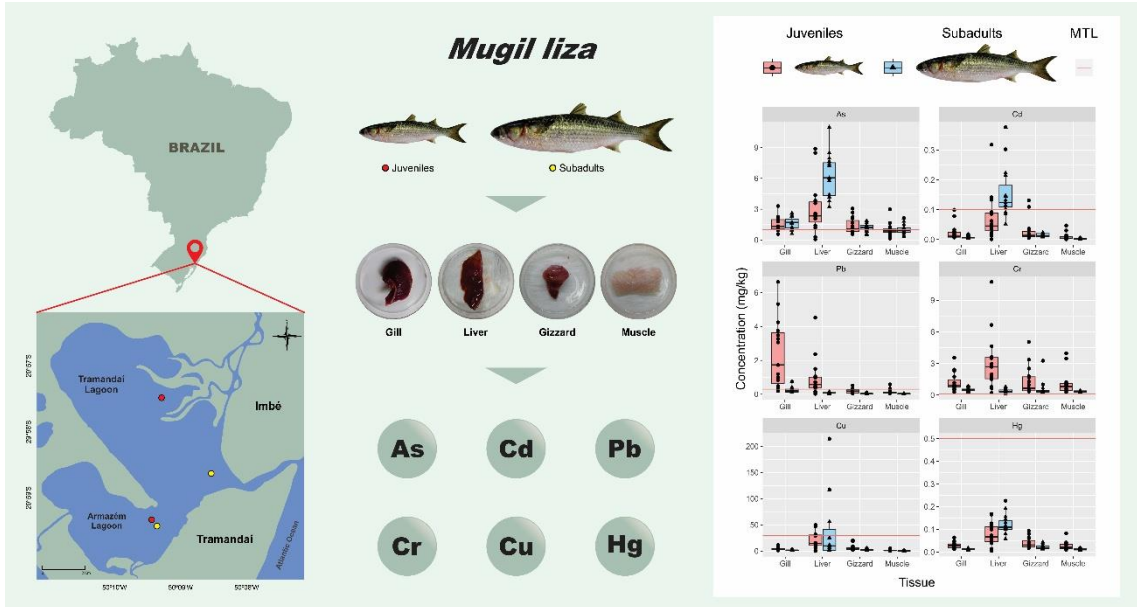
Variable	Element	Correlation coefficient	<i>p</i>-value
Length		τ	<i>p</i>
	Hg	-0,21	0
	Cu	-0,24	0
	Pb	-0,38	0
	Cd	-0,13	0,02
	Cr	-0,48	0
	As	0,04	0,47
Weight			
	Hg	-0,21	0
	Cu	-0,23	0
	Pb	-0,38	0
	Cd	-0,13	0,02
	Cr	-0,47	0
	As	0,05	0,38

760 **Table 2.**
761

Variable	Element	Correlation coefficient	<i>p</i>-value
Temperature		τ	<i>p</i>
	Hg	-0,19	0
	Cu	-0,22	0
	Pb	-0,25	0
	Cd	-0,26	0
	Cr	-0,42	0
	As	-0,05	0,48
Salinity			
	Hg	-0,12	0,07
	Cu	-0,16	0,01
	Pb	-0,36	0
	Cd	0,04	0,49
	Cr	-0,3	0
	As	0,14	0,04

762 **Table 3.**
763

OU	Tissue	Concentration in mg/kg					
		Hg	Cu	Pb	Cd	Cr	As
I	Gill	0,03 ± 0,01	3,77 ± 2,16	1,73 ± 2,96	0,01 ± 0,01	0,92 ± 0,68	1,33 ± 0,93
	Liver	0,07 ± 0,06	14,76 ± 20,00	0,58 ± 0,62	0,05 ± 0,06	2,68 ± 2,01	2,36 ± 1,97
	Gizzard	0,03 ± 0,03	4,29 ± 3,05	0,18 ± 0,17	0,01 ± 0,01	0,64 ± 1,33	1,07 ± 1,06
	Muscle	0,02 ± 0,02	1,19 ± 1,06	0,09 ± 0,05	0,00 ± 0,01	0,81 ± 0,64	0,89 ± 0,31
II	Gill	0,01 ± 0,00	1,58 ± 0,58	0,19 ± 0,17	0,01 ± 0,00	0,47 ± 0,15	1,70 ± 0,83
	Liver	0,11 ± 0,03	9,79 ± 39,20	0,07 ± 0,04	0,12 ± 0,07	0,35 ± 0,24	6,05 ± 3,22
	Gizzard	0,02 ± 0,01	2,37 ± 0,97	0,04 ± 0,02	0,01 ± 0,01	0,30 ± 0,19	1,20 ± 0,43
	Muscle	0,01 ± 0,00	0,50 ± 0,13	0,03 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,32 ± 0,13	0,91 ± 0,44
ANVISA		0,50	30,00	0,30	0,10	0,10	1,00
FAO			30,00				
EC		0,50		0,30	0,10		



765 **Highlights**

766

767 **Metal contamination in juvenile and subadult of the Lebranche mullet *Mugil liza***

768 **(Mugiliformes: Mugilidae) in an estuarine system in southern Brazil**

769

770 **HIGHLIGHTS**

- 771
- There is a negative correlation between metal concentrations and fish size.
- 772
- Juvenile *M. Liza* captured in the TAES presented high levels of metals.
- 773
- As, Cr, Pb, Cd, and Cu were found above safety limits, presenting risks to the
- 774
- species and its predators.

775

776 **Supplementary material**

777

778

SUPPLEMENTARY MATERIAL

779

780 **Metal contamination in juvenile and subadult of the Lebranche mullet *Mugil liza***
781 **(Mugiliformes: Mugilidae) in an estuarine system in southern Brazil**

782

783 Ingrety Lorrana Alves da Silva ^{a, *} Patrícia Gomes Costa ^b, Adalto Bianchini ^b, Fabio
784 Lameiro Rodrigues ^{a, c}

785

786 ^a Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências,
787 Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Av. Bento Gonçalves 9500,
788 Agronomia, 91.540-000 Porto Alegre, RS, Brazil

789 ^b Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Av.
790 Itália km 8, Carreiros, 96.203-900 Rio Grande, RS, Brazil

791 ^c Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos - CECLIMAR, Universidade
792 Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Av. Tramandaí 976, Centro, 95.625-000 Imbé,
793 RS, Brazil

794 * Corresponding author at: Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de
795 Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Av. Bento Gonçalves
796 9500, Agronomia, 91.540-000 Porto Alegre, RS, Brazil. E-mail: 00339726@ufrgs.br (I.
797 Silva)

798 **Table 1.** Total length and weight for each ontogenetic unit sampled in the Tramandaí-
 799 Armazém Estuarine System, southern Brazil. Sample size (N), minimum and maximum
 800 (range), and median and interquartile range (median ± interquartile range) are provided.

801

802

Total	Ontogenetic unit	N	Range	Median ± interquartile range
Length (mm)	Juveniles	15	33 – 120	71 ± 23
	Subadults	15	210 – 340	310 ± 45
Weight (g)	Juveniles	15	0.41 – 20.43	5.38 ± 4.89
	Subadults	15	95 – 350	290 ± 100

803

804 **Table 2.** Information about water parameters and their sectors and sampling locations.

805

806

Sector	Site	Water parameters	
		Temperature	Salinity
Tramandaí lagoon	Imbé – RS	12°C	5.3
Armazém lagoon	Tramandaí – RS	20°C	2.1
Armazém lagoon	Tramandaí – RS	20°C	9.5
Tramandaí lagoon	Imbé – RS	22°C	4.5

Considerações Finais

Neste estudo evidenciamos a contaminação por metais na tainha *Mugil liza* do SETA. Os dados biométricos revelaram variações significativas nos espécimes analisados. As concentrações dos metais Cr, As, Cu, Pb, Cd e Hg foram analisadas em juvenis e subadultos, revelando padrões distintos de contaminação. Os juvenis demonstraram uma maior contaminação por metais. A análise das correlações entre as concentrações de metais e o comprimento total e a massa dos espécimes, indicou relações negativas e significativas para Hg, Cu, Cd e Cr em juvenis e subadultos. O As mostrou uma correlação positiva, embora não significativa. Esses resultados indicam que, à medida que o comprimento total e a massa aumentam, as concentrações desses metais não aumentam proporcionalmente.

Embora as maiores concentrações tenham sido identificadas em peixes juvenis, o risco associado à bioacumulação em espécimes maiores é considerado significativo, devido as concentrações de metais detectadas terem sido elevadas e ao acúmulo no fígado dos subadultos.

Dentre os órgãos analisados, fígado e brânquias apresentaram as maiores concentrações de metais, seguidos pela moela e músculo, ressaltando a importância de avaliar diferentes órgãos ao estudar a contaminação em peixes.

As concentrações de metais encontradas foram comparadas com os limites regulamentados por diferentes agências reguladoras brasileiras e internacionais e revelaram que todos os metais, exceto o Hg, ultrapassaram os limites em muitas amostras, indicando um risco para a saúde dos predadores de *M. liza*. Na região do SETA, a tainha *M. liza* é um dos principais peixes consumidos pela população local e também é o principal alimento dos botos-de-Lahille, espécie em perigo de extinção.

Acreditamos que nossos resultados serão úteis para conduzir novos estudos sobre a contaminação por metais nessa região e para fornecer informações importantes para a conservação da tainha *M. liza* do SETA, bem como toda a biodiversidade deste sistema estuarino, e a garantia da saúde de todo o ecossistema.

Referências

- Almeida, C. C., Baião, D. S., Rodrigues, P. A., Saint’Pierre, T. D., Hauser-Davis, R. A., Leandro, K. C., Paschoalin, V. M. F., Costa, M. P., Conte-Junior, C. A., 2022. Macrominerals and trace minerals in commercial infant formulas marketed in Brazil: compliance with established minimum and maximum requirements, label statements, and estimated daily intake. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.857698>.
- Bevitório, L. Z., Silva, N. G., Pirovani, J. C. M., Marques, J. A., Vieira, C. E. D., Zebral, Y. D.; Damasceno, E. M., Lopes, L. R., Sant’ana, L. P., Marube, L. C., Costa, S. R., Souza, C. M., Bianchini, A., Vale-Oliveira, M., 2022. Impacts of tailings of Fundao dam (Brazil) rupture on marine fish: Metals bioaccumulation and physiological responses. *Marine Pollution Bulletin*, 177, p. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113511>.
- Brasil. Ministério da Pesca e Aquicultura. Ministério do Meio Ambiente, 2015. Plano de Gestão para o uso sustentável da tainha, *Mugil liza* Valenciennes, 1836, no Sudeste e Sul do Brasil. <https://repositorio.icmbio.gov.br/handle/cecav/1514>.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa - IN nº 05, de 21 de maio de 2004. <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=111035>.
- Burak, D. L., Andrade, F. V., Fontes, M. P. F., Fernandes, R. B. A., 2008. Metais pesados em solos: aspectos gerais. *Estudos Avançados em Produção Vegetal*, 32, 571-592. https://www.researchgate.net/publication/321239944_Metais_pesados_em_solos_aspectos_gerais.
- Camargo, Y. R. R., Dal Forno, M. A. R., Dorneles, D. R., Frainer, G., Ilha, E. B., Rigon, C. T., Santos, B., Santos, M. L., Serpa, N., Simas, T. P., Carlos, C. J., Moreno, I. B., 2020. Diagnóstico ambiental do estuário do rio Tramandaí, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha*, 9, 1-18. <https://doi.org/10.37002/revistacepsul.vol9.1625e2020002>.
- Castro, D., 2019. Ciclo das águas na bacia hidrográfica do Rio Tramandaí. Porto Alegre, Via Sapiens (176 p.).
- Castro, D., Mello, R. S. P., 2016. Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade na bacia hidrográfica do Rio Tramandaí. Porto Alegre, Via Sapiens (140 p.).
- Castro, D., Rocha, C. M., 2016. Qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Tramandaí. Porto Alegre, Via Sapiens (172p.).
- Corrêa, L. S., Silveira, T. F., Rocha, C. M., Maffessoni, D., 2021. Microplásticos nas águas do estuário Tramandaí - Armazém, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil e relação com a qualidade da água. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 18, 1-14. <https://doi.org/10.21168/rega.v18e10>.

Cunha, L. P. R., 1994. Efeitos da poluição em peixes. Revista do Ministério Público, 32 (11p).

Dornburg, A., Near, T. J., 2021. The emerging phylogenetic perspective on the evolution of actinopterygian fishes. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 52, 427-452. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-122120-122554>.

Fernandez, W. S., Dias, J. F., Bouffleur, L. A.; Amaral, L., Yoneama, M. L., Dias, J. F., 2014. Bioaccumulation of trace elements in hepatic and renal tissues of the white mullet *Mugil curema* Valenciennes, 1836 (Actinopterygii, Mugilidae) in two coastal systems in southeastern Brazil. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 318 (A), 94-98. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2013.05.103>.

Garbin, T., Castello, J. P., Kinas, P. G., 2014. Age, growth and mortality of the mullet *Mugil liza* in Brazil's southern and southeastern coastal regions. Fisheries Research, 49, 61-68. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.09.008>.

Hauser-Davis R. A., Bordon, I. C. A. C., Oliveira, T. F., Ziolli, R. L., 2016. Metal bioaccumulation in edible target tissues of mullet (*Mugil liza*) from a tropical bay in Southeastern Brazil. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 36, 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.03.016>.

Hauser-Davis, R. A., Wosnick, N., 2022. Climate change implications for metal and metalloid dynamics in aquatic ecosystems and its context within the decade of ocean sciences. Water, 14 (15), 1-14. <https://doi.org/10.3390/w14152415>.

Ilha, E. B., Rigon, C. T., Dorneles, D. R., Camargo, Y. R., Kindel, E. A. I., Moreno, I. B., 2020. Pescadores e botos: histórias de uma conexão em rede. Ambiente & Educação, 25 (2), 512-535. <https://doi.org/10.14295/ambeduc.v25i2.8536>.

Iupac, International Union of Pure and Applied Chemistry, 2002. Chemistry and Human Health Division Clinical Chemistry Section, Commission on Toxicology. "HEAVY METALS" - A MEANINGLESS TERM? IUPAC Technical Report. Reino Unido, 74 (5), 793-807.

Kanamarlapudi, S. L. R. K., Chintalpudi, V. K., Muddada, S., 2018. Application of biosorption for removal of heavy metals from wastewater. Biosorption (Intech), Chapter 4.

Kehrig, H. A., Costa, M., Moreira, I., Malm, O., 2006. Total and methyl mercury in different species of molluscs from two estuaries in Rio de Janeiro State. Journal of the Brazilian Chemical Society, 17 (7), 1409-1418. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532006000700031>.

Lemos, V. M., Cabral, H., Pasquaud, S., Vieira, J. P., 2021. Occurrence and abundance of young mullet *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in the surf zone along the southern coast of Brazil. Scientia Marina, 85 (5), 245-255. <https://doi.org/10.3989/scimar.05129.021>.

Lemos, V. M., Troca D. F. Á., Castello, J. P., Vieira J. P., 2016. Tracking the southern Brazilian schools of *Mugil liza* during reproductive migration using VMS of purse seiners. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44 (2), 238-246. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue2-fulltext-5>.

Lemos, V. M., Varela J, A. S., Schwingel, P. R., Muelbert, J. H., Vieira, J. P., 2014. Migration and reproductive biology of *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in south Brazil. *Journal of Fish Biology*, 85, 671–687. <https://doi.org/10.1111/jfb.12452>.

Mai, A. C. G., Santos, M. L., Lemos, V. M., Vieira, J. P., 2018. Discrimination of habitat use between two sympatric species of mullets, *Mugil curema* and *Mugil liza* (Mugiliformes: Mugilidae) in the rio Tramandaí Estuary, determined by otolith chemistry. *Neotropical Ichthyology*, 16 (2), 1-8. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170045>.

Masindi, V., Muedi, K. L., 2018. Environmental contamination by heavy metals. *Heavy Metals (InTech)*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76082>.

Menezes, N. A., Nirchio, M., De Oliveira, C., Siccharamirez, R., 2015. Taxonomic review of the species of *Mugil* (Teleostei: Perciformes: Mugilidae) from the Atlantic South Caribbean and South America, with integration of morphological, cytogenetic and molecular data. *Zootaxa*, 3918, 1-38. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3918.1.1>.

Menezes, N. A., Oliveira, C., Nirchio, M., 2010. An old taxonomic dilemma: the identity of the western south atlantic lebranche mullet (Teleostei: Perciformes: Mugilidae). *Zootaxa*, 2519, 59-68. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2519.1.4>.

Miranda, L. B., Castro, B. M., Kjerfve, B., 2002. Princípios de oceanografia física de estuários. Editora da Universidade de São Paulo, (432p).

Miranda, L. V., Carneiro, M. H., 2007. A pesca da tainha *Mugil platanus* (Perciformes: Mugilidae) desembarcada no Estado de São Paulo: subsídio ao ordenamento. *Série Relatórios Técnicos do Instituto de Pesca, São Paulo*, (30), p. 1-13. https://www.researchgate.net/publication/284891575_Apesca_da_tainha_Mugil_platanus_Perciformes_Mugilidae_desembarcada_no_Estado_de_Sao_Paulo_Subsidio_ao_Ordenamento.

Moura, N. S. V., Moran, E. F., Strohaecker, T. M. e Kunst, A. V., 2015. The urbanization in the coastal zone: local and regional processes and the environmental changes-the case of the north coast of the Rio Grande do Sul state, Brazil. *Ciência e Natura*, 37 (3), 594- 612. <https://doi.org/10.5902/2179460X18503>.

Nelson, J.S., Grande, T.C., Wilson, M.V., 2016. *Fishes of the World*. New Jersey, John Wiley & Sons, (752p).

Oceana, 2016. Excesso de captura exige medidas para proteger o estoque sul da tainha. <https://brasil.oceana.org/comunicados/excesso-de-captura-exige-medidas-para-protetger-o-estoque-sul-da-tainha/>.

Pereira, A. A., Borges, J. D., Leandro, W. M., 2010. Metais pesados e micronutrientes no solo e em folhas de *Brachiaria decumbens* às margens de rodovias. *Bioscience Journal*, 26 (3), 347-357.

<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7093>.

Rodrigues, P. A., Ferrari, R. G., Kato, L. S., Hauser-Davis, R. A., Conte-Junior, C. A. A., 2021. Systematic review on metal dynamics and marine toxicity risk assessment using crustaceans as bioindicators. *Biological Trace Element Research*, 200, 881-903. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-021-02685-3>.

Santa Catarina. Estado de Santa Catarina. Lei Nº 17.565, de 6 de agosto de 2018. http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2018/17565_2018_lei.html.

Schroeder, R., Avigliano, E., Volpedo, A. V., Fortunato, R. C., Barrulas, P., Daros, F. A., Schwingel, P. R., Dias, M., Correia, A. T., 2023. Lebranche mullet *Mugil liza* population structure and connectivity patterns in the southwest Atlantic ocean using a multidisciplinary approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 288, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108368>

Silva, E., Silveira, F. L. A., Marques, O. R., Moreno, I. B., 2021. “A gente acostuma os olhos”: pescadores artesanais de tarrafa e botos-de-Lahille nas paisagens da Barra do Rio Tramandaí. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 56, 22-45. <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/234307/001134125.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Silva, M. A., Araújo, F. G., 2000. Distribuição e abundância de tainhas e paratis (*Osteichthyes*, *Mugilidae*) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista brasileira de Zoologia*, 17 (2), 473-480. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752000000200018>.

Silva, S. A., Bonemann, D. H., Silva, J. S., Timm, J. G., Ribeiro, A. S., Vieira, M. A., 2019. Determinação de metais em peixes e camarões (*Farfantepenaeus paulensis*) da Lagoa dos Patos (Pelotas - RS, Brasil) pelo MIP OES. *Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos*, 22, 1-14. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.04918>.

Silva-Gonçalves, R., D'Incao, F., 2016. Socioeconomic and labor profile of artisanal fishers of the pink shrimp in the estuarine complex of Tramandaí-RS, Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42 (2), 387-401. <https://institutedepesca.org/index.php/bip/article/view/1143>.

Simões-Lopes, P. C., Fabián, M. E., Menegheti, J. O., 1998. Dolphin interactions with the mullet artisanal fishing on southern Brazil: a qualitative and quantitative approach. *Revista Brasileira de Zoologia*, 15 (3), 709-726. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751998000300016>.

Souza, A. K. R., Morassuti, C. Y., Deus, W. B., 2018. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. *Acta Biomedica Brasiliensia*, 9 (3), 95-106. <http://dx.doi.org/10.18571/acbm.189>.

Souza, D. S., Silva, R. C. P., Steenbock, W., 2017. De quem é o peixe? Aspectos socioeconômicos da pesca industrial e artesanal de tainha (*Mugil liza*) em Santa

Catarina. Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha, 6, 1-12.
<https://doi.org/10.37002/revistacepsul.vol6.665e2017002>.

Steenbock, W., 2019. Subsídios para o ordenamento da pesca da tainha (*Mugil liza*, Mugilidae): uma análise histórica recente de aspectos relacionados à política de cotas. Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha, 8, 1-30.
<https://doi.org/10.37002/revistacepsul.vol8.874e2019003>.

Tesser, T. T., Rocha, C. M., Castro, D., 2021. Metal contamination in omnivores, carnivores and detritivores fish along the Tramandaí River Basin, RS, Brazil. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 16, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100496>.

Trevizani, T. H., Domit, C., Vedolin, M. C., Angeli, J. L. F., Figueira, R. C. L., 2019. Assessment of metal contamination in fish from estuaries of southern and southeastern Brazil. Environmental Monitoring and Assessment, 191 (308), 1-16.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-019-7477-1>.

Virga, R. H. P., Geraldo, L. P., Santos, F. H., 2007. Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de siris azuis. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 27 (4), 779-785. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000400017>.

ANEXOS

Anexo – I

Parecer COMPEAQ

www1.ufrgs.br/PortalServidor/Pesquisa/Aluno/forms/form_index.php

Sistema Pesquisa - Documentação: Inscrta Lorenna Alves Da Silva

Dados Gerais:

Projeto:

Projeto com mérito para desenvolvimento científico e social do litoral do Rio Grande do Sul. Parabéns ao proponente, e sucesso na execução. Recomento a aprovação por esta Compesq.

Fechar

Origem: Campus Litoral Norte

Projeto Isolado com linha tematica: Biologia e comportamento animal

Local de Realização: não informado

Anexo – II



U F R G S
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

Comissão De Ética No Uso De Animais



CARTA DE APROVAÇÃO

Comissão De Ética No Uso De Animais analisou o projeto:

Número: 42912

Título: Avaliação da contaminação por metais pesados em diferentes fases ontogenéticas da tainha Mugil liza Valenciennes, 1836 no sistema estuarino-lagunar Tramandaí-Armazém (RS)

Vigência: 01/08/2022 à 29/02/2024

Pesquisadores:

Equipe UFRGS:

FABIO LAMEIRO RODRIGUES - coordenador desde 01/08/2022
Ingrety Lorrana Alves da Silva - desde 01/08/2022

Equipe Externa:

Adalto Bianchini - pesquisador desde 01/08/2022
Patrícia Gomes Costa - pesquisador desde 01/08/2022

Comissão De Ética No Uso De Animais aprovou o projeto Avaliação da contaminação por metais pesados em diferentes fases ontogenéticas da tainha Mugil liza Valenciennes 1836, no sistema estuarino-lagunar Tramandaí-Armazém (RS) em seus aspectos éticos e metodológicos, para a utilização de 30 tainhas com a finalidade de captura e transporte até o Laboratório de Ecologia Pesqueira (CECLIMAR) para o processamento das amostras biológicas possuindo autorização da SISBIO Nº 81874-1, de acordo com os preceitos das Diretrizes e Normas Nacionais e Internacionais, especialmente a Lei 11.794 de 08 de novembro de 2008, o Decreto 6899 de 15 de julho de 2009, e as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), que disciplinam a produção, manutenção e/ou utilização de animais do filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem) em atividade de ensino ou pesquisa.

Porto Alegre, Sexta-Feira, 9 de Setembro de 2022

MAITE DE MORAES VIEIRA
Coordenador da comissão de ética

Anexo – III



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 81874-2	Data da Emissão: 25/05/2022 12:30:54	Data da Revalidação*: 02/03/2023
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: FÁBIO LAMEIRO RODRIGUES	CPF: 788.826.800-53
Título do Projeto: Avaliação de impactos da pesca artesanal do camarão-rosa <i>Penaeus paulensis</i> (Pérez Farfante, 1967) com o petrecho berimbau, no Complexo Estuarino-Lagunar Tramandai-Armazém (RS).	
Nome da Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul	CNPJ: 92.969.856/0001-98

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Amostragem de camarões e peixes.	04/2022	09/2023
2	Experimento de avaliação de impactos.	01/2023	05/2023
3	Amostragem de zooplâncton.	04/2022	09/2023
4	Amostragem de invertebrados aquáticos.	01/2023	05/2023
5	Amostragem de invertebrados aquáticos.	07/2022	12/2022

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	Carla Penna Ozório	Pesquisadora. Atuação no campo em amostragens e experimento.	552.437.979-87	Brasileira
2	Marcos Alaniz Rodrigues	Pesquisador. Atuação no campo em amostragens e experimento.	786.748.240-72	Brasileira
3	JOAQUIM NEVES DA SILVA RIBEIRO	Pesquisador/Técnico. Atuar em amostragens e experimento.	017.555.570-27	Brasileira
4	Cacinele Mariana da Rocha	Pesquisadora/Técnica. Atuar em amostragens e experimento.	007.192.380-21	Brasileira
5	Dilermando Cattaneo da Silveira	Pesquisador. Atuação no campo em amostragens e experimento.	908.504.830-34	Brasileira
6	SÉRGIO ANTONIO NETTO	Pesquisador. Atuação no campo em amostragens e experimento.	528.197.100-00	Brasileira
7	Elisabeth Cabral Silva Falcão	Pesquisadora. Atuação no campo em amostragens e experimento.	041.394.764-51	Brasileira
8	INGRETY LORRANA ALVES DA SILVA	Aluna de mestrado PPGBAN/UFRGS - auxílio nas saídas de campo	615.788.493-22	Brasileira

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0818740220220525

Página 1/7



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 81874-2	Data da Emissão: 25/05/2022 12:30:54	Data da Revalidação*: 02/03/2023
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: FÁBIO LAMEIRO RODRIGUES	CPF: 788.826.800-53
Título do Projeto: Avaliação de impactos da pesca artesanal do camarão-rosa <i>Penaeus paulensis</i> (Pérez Farfante, 1967) com o petrecho berimbau, no Complexo Estuarino-Lagunar Tramandai-Armazém (RS).	
Nome da Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul	CNPJ: 92.969.856/0001-98

Observações e ressalvas

1	A autorização não eximirá o pesquisador da necessidade de obter outras anuências, como: I) do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador quando as atividades forem realizadas em área de domínio privado e dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso; II) da comunidade indígena envolvida, ouvido o órgão indigenista oficial, quando as atividades de pesquisa forem executadas em terra indígena; III) do Conselho de Defesa Nacional, quando as atividades de pesquisa forem executadas em área indispensável à segurança nacional; IV) da autoridade marítima, quando as atividades de pesquisa forem executadas em águas jurisdicionais brasileiras; V) do Departamento Nacional da Produção Mineral, quando a pesquisa visar a exploração de depósitos fossilíferos ou a extração de espécimes fósseis; VI) do órgão gestor da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, dentre outras.
2	Deve-se observar as as recomendações de prevenção contra a COVID-19 das autoridades sanitárias locais e das Unidades de Conservação a serem acessadas.
3	Esta autorização NÃO libera o uso da substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
4	Esta autorização NÃO libera o uso da substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
5	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
6	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen .
8	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
9	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
10	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infraestrutura da unidade.
11	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade e regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0818740220220525

Página 2/7



Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 81874-2	Data da Emissão: 25/05/2022 12:30:54	Data da Revalidação*: 02/03/2023
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: FÁBIO LAMEIRO RODRIGUES	CPF: 788.826.800-53
Título do Projeto: Avaliação de impactos da pesca artesanal do camarão-rosa <i>Penaeus paulensis</i> (Pérez Farfante, 1967) com o petrecho berimbau, no Complexo Estuarino-Lagunar Tramandai-Armazém (RS).	
Nome da Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul	CNPJ: 92.969.856/0001-98

Outras ressalvas

1		CEPSUL
2		CGPEQ

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Descrição do local	Município-UF	Bioma	Caverna?	Tipo
1	Área da Lagoa das Custódias e canal de acesso a Lagoa do Gentil.	Tramandai-RS	Marinho	Não	Fora de UC Federal
2	Área da Lagoa Amazém, toda a extensão do rio Camarão, canal de acesso e praia arenosa marinha adjacente a desembocadura do estuário do rio Tramandai, dentro da área do município.	Tramandai-RS	Marinho	Não	Fora de UC Federal
3	Área da Lagoa Tramandai, canal de acesso e praia arenosa marinha adjacente a desembocadura do estuário do rio Tramandai, dentro da área do município.	Imbé-RS	Marinho	Não	Fora de UC Federal

Atividades

#	Atividade	Grupo de Atividade
1	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Fora de UC Federal
2	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Fora de UC Federal
3	Captura de animais silvestres in situ	Fora de UC Federal

Atividades X Táxon

#	Atividade	Táxon	Qtde.
1	Captura de animais silvestres in situ	Curimatidae	-
2	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Curimatidae	30
3	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Gerreidae	-
4	Captura de animais silvestres in situ	Gerreidae	-
5	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Gerreidae	100
6	Captura de animais silvestres in situ	Engraulidae	-
7	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Engraulidae	250

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0818740220220525

Página 3/7



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 81874-2	Data da Emissão: 25/05/2022 12:30:54	Data da Revalidação*: 02/03/2023
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: FÁBIO LAMEIRO RODRIGUES	CPF: 788.826.800-53
Título do Projeto: Avaliação de impactos da pesca artesanal do camarão-rosa <i>Penaeus paulensis</i> (Pérez Farfante, 1967) com o petrecho berimbau, no Complexo Estuarino-Lagunar Tramandai-Armazém (RS).	
Nome da Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul	CNPJ: 92.969.856/0001-98

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxon	Qtde.
8	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Genidens	-
9	Captura de animais silvestres in situ	Genidens	-
10	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Genidens	25
11	Captura de animais silvestres in situ	Cynoglossidae	-
12	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Cynoglossidae	15
13	Captura de animais silvestres in situ	Clupeidae	-
14	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Clupeidae	250
15	Captura de animais silvestres in situ	Pleuronectidae	-
16	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Pleuronectidae	30
17	Captura de animais silvestres in situ	Centropomidae	-
18	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Centropomidae	-
19	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Centropomidae	50
20	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Carangidae	150
21	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Carangidae	-
22	Captura de animais silvestres in situ	Carangidae	-
23	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Trichiurus	10
24	Captura de animais silvestres in situ	Trichiurus	-
25	Captura de animais silvestres in situ	Erythrinidae	-
26	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Erythrinidae	15
27	Captura de animais silvestres in situ	Pomatomus	-
28	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Pomatomus	-
29	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Pomatomus	30
30	Captura de animais silvestres in situ	Gobiidae	-
31	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Gobiidae	15
32	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Ostracoda	500
33	Captura de animais silvestres in situ	Poeciliidae	-
34	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Poeciliidae	30
35	Captura de animais silvestres in situ	Paralichthyidae	-
36	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Paralichthyidae	30
37	Captura de animais silvestres in situ	Elopidae	-
38	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Elopidae	15
39	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Mugilidae	-
40	Captura de animais silvestres in situ	Mugilidae	-

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0818740220220525

Página 4/7



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 81874-2	Data da Emissão: 25/05/2022 12:30:54	Data da Revalidação: 02/03/2023
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: FÁBIO LAMEIRO RODRIGUES	CPF: 788.826.800-53
Título do Projeto: Avaliação de impactos da pesca artesanal do camarão-rosa <i>Penaeus paulensis</i> (Pérez Farfante, 1967) com o petrecho berimbau, no Complexo Estuarino-Lagunar Tramandai-Armazém (RS).	
Nome da Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul	CNPJ: 92.969.856/0001-98

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxon	Qtde.
41	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Mugilidae	350
42	Captura de animais silvestres in situ	Atherinopsidae	-
43	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Atherinopsidae	100
44	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Polychaeta	500
45	Captura de animais silvestres in situ	Characidae	-
46	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Characidae	100
47	Captura de animais silvestres in situ	Achiridae	-
48	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Achiridae	30
49	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Nematoda	500
50	Captura de animais silvestres in situ	Anablepidae	-
51	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Anablepidae	50
52	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Mollusca	500
53	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Malacostraca	500
54	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Sciaenidae	150
55	Captura de animais silvestres in situ	Sciaenidae	-
56	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Sciaenidae	-

A quantidade prevista só é obrigatória para atividades do tipo "Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ". Essa quantidade abrange uma porção territorial mínima, que pode ser uma Unidade de Conservação Federal ou um Município.

A quantidade significa: por espécie X localidade X ano.

Materiais e Métodos

#	Tipo de Método (Grupo taxonômico)	Materiais
1	Amostras biológicas (Peixes)	Animal encontrado morto ou partes (carcaça)osso/pele, Ectoparasita, Escama, Fragmento de tecido/órgão
2	Método de captura/coleta (Invertebrados)	Rede de plâncton, Arrasto, Draga, pegador (Van veen, Box corer, Holme, Petersen, etc.), Picaré, Rede de espera (tipo aviozinho), Sucção manual, Outros petrechos (No método de arrasto, este será feito com uma rede berimbau/gerival tracionado por embarcação.), Outros métodos de captura/coleta (Tarrafa e berimbau)

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 081874022020525

Página 5/7



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 81874-2	Data da Emissão: 25/05/2022 12:30:54	Data da Revalidação*: 02/03/2023
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: FÁBIO LAMEIRO RODRIGUES	CPF: 788.826.800-53
Título do Projeto: Avaliação de impactos da pesca artesanal do camarão-rosa <i>Penaeus paulensis</i> (Pérez Farfante, 1967) com o petrecho berimbau, no Complexo Estuarino-Lagunar Tramandai-Armazém (RS).	
Nome da Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul	CNPJ: 92.969.856/0001-98

Materiais e Métodos

#	Tipo de Método (Grupo taxonômico)	Materiais
3	Método de captura/coleta (Invertebrados Aquáticos)	Draga, pegador (Van veen, Box corer, Holme, Petersen, etc.), Picaré, Rede de arrasto de praia: cerco de praia (tração manual), Rede de espera (tipo aviãozinho), Rede de plâncton, Sucção manual, Outros métodos de captura/coleta (Arrasto embarcado com petrecho berimbau/gerival), Outros petrechos (No método de arrasto, este será feito com uma rede berimbau/gerival tracionado por embarcação.)
4	Método de captura/coleta (Peixes)	Picaré, Rede de arrasto de praia: cerco de praia (tração manual), Rede de plâncton, Outros métodos de captura/coleta (Rede de espera tipo aviãozinho e arrasto embarcado com rede artesanal berimbau/gerival), Outros petrechos (Rede de espera tipo aviãozinho e arrasto embarcado com rede artesanal berimbau/gerival), Tarrafa

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo destino
1	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Laboratório

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0818740220220525

Página 6/7



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 81874-2	Data da Emissão: 25/05/2022 12:30:54	Data da Revalidação*: 02/03/2023
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: FÁBIO LAMEIRO RODRIGUES	CPF: 788.826.800-53
Título do Projeto: Avaliação de impactos da pesca artesanal do camarão-rosa <i>Penaeus paulensis</i> (Pérez Farfante, 1967) com o petrecho berimbau, no Complexo Estuarino-Lagunar Tramandai-Armazém (RS).	
Nome da Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul	CNPJ: 92.969.856/0001-98

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº 03/2014, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Táxon*	Qtde.	Tipo de Amostra	Qtde.	Data

* Identificar o espécime do nível taxonômico possível.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0818740220220525

Página 7/7

Anexo – IV



**Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO**

SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO

Comprovante de Cadastro de Acesso

Cadastro nº A48901C

A atividade de acesso ao Patrimônio Genético, nos termos abaixo resumida, foi cadastrada no SisGen, em atendimento ao previsto na Lei nº 13.123/2015 e seus regulamentos.

Número do cadastro: **A48901C**
Usuário: **UFRGS**
CPF/CNPJ: **92.969.856/0001-98**
Objeto do Acesso: **Patrimônio Genético**
Finalidade do Acesso: **Pesquisa**

Espécie

Mugil liza

Título da Atividade: **Contaminação por metais em juvenis e subadultos da tainha Mugil liza Valenciennes, 1836 no sistema estuarino Tramandaí-Armazém (RS)**

Equipe

Fabio Lameiro Rodrigues	UFRGS
Ingrety Lorrana Alves da Silva	UFRGS
Adalto Bianchini	FURG
Patrícia Gomes Costa	FURG

Data do Cadastro: **23/01/2024 10:50:50**
Situação do Cadastro: **Concluído**

Conselho de Gestão do Patrimônio Genético
Situação cadastral conforme consulta ao SisGen em 11:17 de 23/01/2024.



SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO
DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL
ASSOCIADO - **SISGEN**