



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**



**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR CONTAMINANTES AMBIENTAIS
EM PEIXES *CICHLA PINIMA* (TUCUNARÉ) EXPLORADOS PELA
ATIVIDADE PESQUEIRA NO RIO AMAPARI, AMAPÁ BRASIL.**

**MACAPÁ, AP
2022**

MARIA EDUARDA SILVEIRA DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR CONTAMINANTES AMBIENTAIS
EM PEIXES *CICHLA PINIMA* (TUCUNARÉ) EXPLORADOS PELA ATIVIDADE
PESQUEIRA NO RIO AMAPARI, AMAPÁ BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Disciplina de TCC-II da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, no Curso de Licenciatura em Química, como requisito de avaliação de Conclusão do Curso de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Alexandro Cezar Florentino

Coorientador: Me. Daniel Pandilha de Lima.

**MACAPÁ – AP
2022**

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

S729a Souza, Maria Eduarda Silveira de.

Avaliação da contaminação por contaminantes ambientais em peixes *Cichla pinima* (Tucunaré) explorados pela atividade pesqueira no rio Amapari, Amapá, Brasil. / Maria Eduarda Silveira de Souza. - Macapá, 2022.

1 recurso eletrônico. 39 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Graduação - Licenciatura em Química. Macapá, 2022.

Orientador: Alexandro Cezar Florentino.

Coorientador: Daniel Pandilha de Lima.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Qualidade da água. 2. Bioindicadores. 3. Tecidos de peixes. I. Florentino, Alexandro Cezar, orientador. II. Lima, Daniel Pandilha de, coorientador. III. Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

CDD 23. ed. – 333.95098116

SOUZA, Maria Eduarda Silveira de. Avaliação da contaminação por contaminantes ambientais em peixes *Cichla pinima* (Tucunaré) explorados pela atividade pesqueira no rio Amapari, Amapá, Brasil. Orientador: Alexandro Cezar Florentino. Coorientador: Daniel Pandilha de Lima. 2022. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Licenciatura em Química. Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2022.

MARIA EDUARDA SILVEIRA DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR CONTAMINANTES AMBIENTAIS
EM PEIXES *CICHLA PINIMA* (TUCUNARÉ) EXPLORADOS PELA ATIVIDADE
PESQUEIRA NO RIO AMAPARI, AMAPÁ BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Disciplina de TCC-
II da Universidade Federal do
Amapá - UNIFAP, no Curso de
Licenciatura em Química, como
requisito de avaliação de
Conclusão do Curso de
Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Alexandro
Cezar Florentino

Coorientador: Me. Daniel
Pandilha de Lima.

DATA DE APROVAÇÃO:

Orientador: Prof.º Dr. Alexandro Cezar Florentino
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ – UNIFAP

Examinador: Profa. Dra.º Jéssica Carolina Vilhena Evangelista
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ – UNIFAP

Examinadora: Esp. Adriana Maciel Ferreira
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ - UNIFAP

RESUMO

Na região amazônica o rejeito liberado pela extração mineral de ouro nos garimpos é apontado como o principal responsável pela contaminação dos recursos hídricos e da biota aquática e no estado do Amapá essa realidade não é diferente. Uma forma de monitorar a qualidade das águas é utilizando de espécies de peixes como bioindicadores, pois estes ocupam diferentes níveis tróficos e são altamente explorados para o consumo humano. Dessa maneira, o presente estudo tem como objetivo avaliar as concentrações de metais pesados na água e na espécie de peixes *Cichla pinima* (Tucunaré) explorados no rio Amapari, Amapá, Brasil. A coleta ocorreu no mês de setembro de 2020 e foi realizada em três pontos da região, onde foram obtidos para análise a água de cada ponto e 21 espécimes de *C. pinima*. Para determinar as concentrações de Zn, Cu, Fe, Cr, Ni, Cd, Pb e Mn nos tecidos dos peixes (músculos, fígados e brânquias) e da água foi utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica (Shimadzu, modelo AA7000) com atomização de chama. Para determinar a concentração de Hg utilizou-se um gerador de hidreto acoplado com espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) (Varian Model AA 240FS). A partir dos valores de concentração dos metais tanto na água, quanto nos tecidos obtidos, seguiu-se a análise de tais dados no programa R com a plataforma Rstudio, a fim de obter os dados de concentração média e desvio padrão. Na análise de contaminantes na água foi observado que os metais Cd, Cu, Hg e Pb apresentaram valores de concentração média e desvio padrão que excederam limites máximos exigidos pelas legislações CONAMA (2005) e WHO (2017). Na análise dos tecidos coletados, percebeu-se uma elevada concentração de Cd, sendo esse o único elemento da análise que ultrapassou os limites de $0.05 \mu\text{g.g}^{-1}$ estabelecidos pela legislação. A maior concentração desse metal foi encontrada nos fígados dos tucunarés, com valores de concentração média e desvio padrão de $0.071 \pm 0.014 \mu\text{g.g}^{-1}$. Os peixes *C. pinima* e as águas do rio Araguari apresentaram teores de metais considerados não seguros para a biota aquática e para o consumo das comunidades ribeirinhas, uma vez que excederam os limites máximos de concentração permitidos.

Palavras-chave: Qualidade da água; Bioindicadores; Tecidos de peixes, Bioacumulação.

ABSTRACT

In the Amazon region, the tailings released by gold extraction in the gold mines are pointed out as the main responsible for the contamination of water resources and aquatic biota and in the state of Amapá this reality is no different. One way to monitor water quality is to use fish species as bioindicators, since they occupy different trophic levels and are highly exploited for human consumption. Thus, the present study aims to evaluate the concentrations of heavy metals in water and in the fish species *Cichla pinima* (Tucunaré) exploited in Amapari River, Amapá, Brazil. The collection occurred in the month of September 2020 and was carried out at three points in the region, where the water from each point and 21 specimens of *C. pinima* were obtained for analysis. To determine the concentrations of Zn, Cu, Fe, Cr, Ni, Cd, Pb and Mn in fish tissues (muscles, livers and gills) and water an atomic absorption spectrophotometer (Shimadzu, model AA7000) with flame atomization was used. To determine the concentration of Hg a hydride generator coupled with inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-MS) (Varian Model AA 240FS) was used. From the metal concentration values obtained both in the water and in the tissues, we followed the analysis of such data in the R program with the Rstudio platform in order to obtain the mean concentration and standard deviation data. In the analysis of contaminants in water it was observed that the metals Cd, Cu, Hg and Pb presented mean concentration values and standard deviation that exceeded the maximum limits required by CONAMA (2005) and WHO (2017) legislations. In the analysis of the collected tissues, a high concentration of Cd was noticed, being this the only element in the analysis that exceeded the limits of $0.05 \mu\text{g.g}^{-1}$ established by the legislation. The highest concentration of this metal was found in the livers of tucunarés, with mean concentration values and standard deviation of $0.071 \pm 0.014 \mu\text{g.g}^{-1}$. The fish *C. pinima* and the waters of the Araguari River presented metal contents considered unsafe for aquatic biota and for the consumption of riverside communities, since they exceeded the maximum allowable concentration limits.

Keywords: Water quality; Bioindicators; Fish tissues; Bioaccumulation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** *Cichla pinima* capturado no rio Amapari, Estado do Amapá, Brasil.....19
- Figura 2 –** Localização da área de estudo e pontos amostrais na Bacia do Rio Amapari, Estado do Amapá, Brasil.....21
- Figura 3.** Passo a passo para a obtenção da biomassa. 1) lavagem da **Figura 3 –** Coleta das amostras de água (A) e amostras armazenadas em recipientes estereis em (B).....22
- Figura 4. Figura 4 –** Coleta e tratamento das amostras de peixes: A) captura dos exemplares, B) separação tecido muscular, C) Desidratação em estufa, D) tecidos após processos de desidratação, maceração e peneiração, E) amostra pesada e acondicionada para análise e F) Equipamento de leitura das concentrações de Hg nas amostras.....23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores das concentrações de metais pesados (mg.L^{-1} ; média \pm desvio padrão) na água do rio Amapari.....24

Tabela 2. Valores das concentrações de metais pesados ($\mu\text{g.g}^{-1}$; média \pm desvio padrão) em músculos, fígados e brânquias de *C. pinima* do rio Amapari.....26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Cd	Cádmio
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cr	Cromo
Cu	Cobre
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations.
Fe	Ferro
Hg	Mercúrio
HNO ₃	Ácido nítrico
KMnO ₄	Permanganato de sódio
Mn	Manganês
Ni	Níquel
Pb	Chumbo
RQ	Quociente de risco
UFGD	Universidade Federal da Grande Dourados
UNIFAP	Universidade Federal do Amapá
WHO	World Health Organization
Zn	Zinco

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 METAIS PESADOS/ELEMENTOS TRAÇOS.....	11
2.1.1 Cádmio (Cd)	12
2.1.2 Cobre (Cu)	13
2.1.3 Chumbo (Pb)	14
2.1.4 Cromo (Cr)	14
2.1.5 Ferro (Fe)	15
2.1.6 Manganês (Mn)	15
2.1.7 Mercúrio (Hg)	15
2.1.8 Níquel (Ni)	16
2.1.9 Zinco (Zn)	16
2.2 PEIXES COMO BIOINDICADORES.....	16
2.2.1 Gênero Cichla (Tucunaré)	16
2.2.2 <i>Cichla Pinima</i>	17
2.3 ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA.....	18
3. OBJETIVOS	19
3.1 Objetivo Geral.....	19
3.2 Objetivos Específicos.....	19
4. METODOLOGIA	20
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.2 COLETA DE DADOS.....	21
4.2.1 Água	21
4.2.2 Tecidos	21
5. RESULTADOS	23
5.1 ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE COMPOSTOS INORGÂNICOS NA ÁGUA.....	23
5.2 ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE COMPOSTOS INORGÂNICOS EM MÚSCULOS, FÍGADOS E BRÂNQUIAS.....	24
6. DISCUSSÃO	26
6.1 CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA.....	26
6.2 CONCENTRAÇÃO DE METAIS EM PEIXES.....	27
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	30
ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA	36
APÊNDICE A – PROPOSTA DIDÁTICA	38

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são primordiais para a manutenção da vida na Terra e indubitavelmente essenciais para a humanidade. Devido a esta natureza essencial da água, deve-se a todo custo preservá-la, entretanto, sabe-se que o crescimento populacional de forma exponencial, o avanço da industrialização e das atividades agrícolas atrelados à má gestão do uso da água são fatores que vêm comprometendo os ciclos hidrológicos ao longo dos anos e promovendo a escassez de água doce em diferentes locais do planeta (SILVA, 2021).

O Brasil é considerado a maior potência hídrica do mundo, possuindo cerca de 13% da água doce existente no globo terrestre e com grande aproveitamento nos campos de plantio, agrícola, pecuária, aplicações industriais, grandes empreendimentos hidrelétricos, dentre outros (SOUZA e BIZAWU, 2017).

Em decorrência do processo de tais atividades antrópicas inúmeros contaminantes são depositados no meio ambiente. Souza; Morassuti e Deus (2018) e Marques e Américo-Pinheiro (2018) trazem em suas obras abordagens sobre os metais pesados, principalmente os não essenciais, apontando que quando em alta disponibilidade no ambiente aquático causam a degradação da qualidade do solo e a poluição das fontes de água, também sendo capazes de se bioacumularem na flora e na fauna, podendo contaminar toda a cadeia trófica alcançando os seres humanos.

A pesca é uma das principais atividades econômicas e de maior tradição para os povos da Amazônia. É altamente relevante na estrutura socioeconômica da população local, pois o produto obtido da pesca é a principal fonte de proteína animal para as populações ribeirinhas (BARTHEM; FABRÉ, 2004). No entanto, percebe-se que a origem de grande parte do pescado é decorrente de áreas que estão sob intensa atividade garimpeira, ou já sofreram influência dessa atividade, resultando na contaminação do pescado pela bioacumulação (BARBOSA et al., 2001; PINHEIRO et al., 2006; LIMA, 2010). Na região amazônica o rejeito liberado pela extração mineral de ouro nos garimpos é apontado como o principal responsável pela contaminação dos recursos hídricos e da biota aquática e no estado do Amapá essa realidade não é diferente (LIMA, et al., 2015).

O estado é beneficiado pela existência de vários rios, dessa forma, há grande participação da pesca na economia (FRANCISCO, 2022). Um dos principais peixes presentes nessa região é o tucunaré, que se constitui como uma das espécies mais

visadas pelos pescadores devido ao seu alto valor comercial (MORALES, 2018).

Uma forma de monitorar a qualidade das águas é utilizando de espécies de peixes como bioindicadores, pois estes ocupam diferentes níveis tróficos, onde absorvem tanto os metais essenciais, como os não essenciais, e são altamente explorados para o consumo humano, representando uma das principais vias de ingestão de metais para o homem (JESUS et al, 2016). Para a avaliação do potencial risco dos metais para a ictiofauna e seus consumidores em uma região é necessário determinar a concentração de metais nos peixes e no meio em que estes vivem (LIMA et al., 2015).

Este panorama motivou a realização da presente pesquisa, que visa a realização de análises da água do Rio Amaparí, principal afluente da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, em diferentes pontos e também a avaliação de metais nos tecidos de peixes *Chicla Pinima* (Tucunaré) presentes na região, com o objetivo de identificar se estes estão apresentando valores elevados de cádmio (Cd), cobre (Cu), mercúrio (Hg), cromo (Cr), chumbo (Pb), ferro (Fe), níquel (Ni), manganês (Mn) e Zinco (Zn).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 METAIS PESADOS/ELEMENTOS TRAÇOS

Os metais pesados, também denominados metais traço ou elementos traço, são compostos metálicos que apresentam valores de densidade superiores à 5 g/cm^3 . Esses metais apresentam características particulares como uma aparência reluzente e também são considerados bons condutores de eletricidade (SOUZA; MORASSUTRI; DEUS, 2018).

Além disso, eles apresentam propriedades tóxicas e ecotóxicas que acabam por classificá-los como contaminantes ambientais. Algumas dessas propriedades são: os elevados níveis de reatividade, a não biodegradabilidade, o caráter bioacumulativo, a toxicidade e, por vezes, a carcinogenicidade e a mutagenicidade (CARMO, ABESSA, NETO, 2011; MARENGONI et al., 2014; LEITE, SILVA, CUNHA, 2015).

A partir das características apresentadas, entende-se que os metais pesados não são capazes de se decompor no ambiente, e como consequência podem se bioacumular nos organismos. E o fato de terem caráter tóxico chama a atenção para

a relação destes com a saúde humana e do meio ambiente.

Uma das formas dos metais pesados serem introduzidos no ambiente aquático é através das fontes naturais como, por exemplo, as rochas que ao sofrerem processos geológicos como o intemperismo e a erosão, transportam e redistribuem metais pesados (KOBIELSKA et al., 2018).

Contudo, as atividades antrópicas se caracterizam como as principais fontes pontuais de poluentes no meio ambiente (SRIVASTAVA e MAJUMDER, 2008). Através das águas residuais liberadas durante as atividades de industrialização, mineração, pesticidas, produtos farmacêuticos e etc., verifica-se o aumento nos níveis de metais nos recursos hídricos (MORAIS, 2009; FU e WANG, 2011).

Com isso, torna-se perceptível a influência que as indústrias possuem sobre a mudança na qualidade ambiental dos ecossistemas, principalmente nos sistemas aquáticos, que servem como repositórios para os contaminantes carregados pelas águas residuais geradas durante os processos industriais.

Tanto Srivastava e Majumder (2008) quanto os autores Fu e Wang (2011), apontam para as consequências dos efeitos de metais pesados em excesso nos organismos, evidenciando o caráter bioacumulativo e o fato dos metais poderem ser alterados quimicamente a partir da tentativa da metabolização dos mesmos.

São inúmeros os fatores que irão determinar a toxicidade de um metal e a sua disponibilidade em um sistema biológico, dentre eles destacam-se: a forma química do metal no ambiente; as vias de introdução do metal nos organismos e a capacidade de se biotransformar em sub-produtos mais ou menos tóxicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2008).

Dentre os metais pesados, existem aqueles que desempenham papéis importantes na natureza quando não estão em excesso, a exemplo disso têm-se o (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn), níquel (Ni) e cobalto (Co) (MARQUES; AMÉRICO-PINHEIRO, 2018). Por sua vez, os metais como cádmio (Cd), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg) não apresentam, qualquer função biológica conhecida (LIMA et al., 2015)

2.1.1 Cádmio (Cd)

O cádmio é um metal de alta toxicidade, se caracterizando como um elemento não essencial e de difícil excreção (GONÇALVES; GONÇALVES, 2016). Na natureza ele é encontrado em minérios e solos juntamente com o zinco e em proporções que variam de 1:100 a 1:1000. Sua obtenção se dá através da refinação do zinco e de

outros minérios, como chumbo-zinco e cobre-chumbo-zinco (ALBERTINI, CARMO, PRADO FILHO, 2007).

As atividades vulcânicas, os incêndios florestais, o intemperismo de rochas, dentre outros, são os responsáveis por influenciarem na liberação natural de cádmio advindo da crosta terrestre do manto. Já os materiais como combustíveis fósseis, fosfatofertilizantes e outros metais processados são as fontes antropogênicas para a inserção de impurezas de cádmio no ambiente (HASSANIEN e SHAHAWY, 2011).

A intoxicação aguda pelo cádmio pode apresentar efeitos como febre, irritação nos olhos, nariz e garganta, tosse, dispneia, fraqueza, náuseas, vômitos, cólicas abdominais, diarreia, podendo causar edema agudo de pulmão (ROSA, 2015). E a exposição constante a esse metal estimula o surgimento de problemas respiratórios, cáries, amarelecimento dos dentes, anorexia, fadiga, perda de peso, palidez, anemia, proteinúria e dano tubular renal (REIS JÚNIOR e SILVA, 2014)

A agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (US Environmental Agência) classificou o elemento cádmio como um provável cancerígeno humano, pois, esse metal expõe os organismos a sérios riscos de saúde, que podem resultar na disfunção renal e até mesmo na morte do indivíduo (FU e WANG, 2011). Aqui no Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) estipula como limite para os níveis de concentração de cádmio nos recursos hídricos o valor de 0.001 mg,L⁻¹.

2.1.2 Cobre (Cu)

Estima-se que há 7000 mil anos o homem tenha tido o primeiro contato com esse metal e que a partir disso tenha começado a trabalhar com ele (BARION FILHO, 2014). Foi importante no passado para que as civilizações evoluíssem e ainda hoje desempenha papel fundamental para o desenvolvimento de novas tecnologias, na natureza, o cobre é encontrado principalmente em minerais, mais especificamente do tipo calcocita, calcopirita e malaquita, e também na turquesa, que é um mineral bastante conhecido e apreciado por sua rara beleza e cor (RODRIGUES, 2012).

Diversas atividades agrícolas, urbanas e industriais fazem o uso de produtos com alto potencial de contaminação, principalmente do solo e da água, e na maioria das vezes eles possuem em sua composição o cobre (ANDREAZZA et al., 2013).

O cobre desempenha um papel essencial no metabolismo de todos os seres vivos, inclusive dos humanos, atuando como cofator de uma série de enzimas

envolvidas na formação da hemoglobina e no metabolismo de carboidratos, xenobióticos e drogas, mas a excessiva ingestão desse elemento torna-se tóxico ao indivíduo que apresentará sintomas como vômitos, cólicas, convulsões e até nos casos mais graves podendo chegar à morte (FU e WANG, 2011).

2.1.3 Chumbo (Pb)

O chumbo já é usado pelo homem há bastante tempo, sendo até mesmo um dos mais antigos que o homem teve contato e os históricos de contaminação por este metal também são antigos, contudo, a exposição do meio ambiente com esse metal cresceu consideravelmente após o processo de industrialização e da mineração, tornando-se atualmente o sexto metal de maior utilidade industrial (HENRIQUE, 2012). Algumas de suas aplicabilidades são na indústria de baterias, indústria automobilística, de cabos, solda, na indústria química, em medicamentos e etc (CUNHA, 2005)

Caracteriza-se com um metal que não apresenta nenhum efeito benéfico ou nutricional para os organismos, sendo extremamente tóxico (SANTOS-FILHO, 2016). Os efeitos adversos causados pelo acúmulo de chumbo nos organismos são danos neurológicos, doenças nos rins e fígados, efeitos cardiovasculares e problemas reprodutivos, apresentando sintomas tóxicos de anemia, insônia, dor de cabeça, tontura, irritabilidade, fraqueza dos músculos, alucinação e danos renais (FU e WANG, 2011).

2.1.4 Cromo (Cr)

O elemento cromo se apresenta no meio ambiente em dois principais estados que são o Cr (III) e Cr (VI), ambos apresentam toxicidade sendo o Cr (VI) > Cr (III) no grau dessa toxicidade, ao ser exposto ao Cr (VI), o indivíduo tem a fisiologia completamente afetada, pois como qualquer contaminante ele possui o caráter de se acumular na cadeia alimentar, onde é possível observar graves problemas de saúde como irritação na pele e até mesmo carcinoma pulmonar (FU e WANG, 2011). Apesar de possuir menor toxicidade o Cromo (III) ainda continua sendo muito tóxico, causando uma série de doenças na pele e problemas no sistema circulatório (ZHANG, 2017).

2.1.5 Ferro (Fe)

O ferro é um elemento químico de símbolo Fe e possui número atômico 26, e por possuir altos pontos de fusão de 1535 °C e de ebulição de 2862 °C ele é encontrado no estado sólido em temperatura ambiente (BARCO, 2017). Ele é um micronutriente essencial para a manutenção da vida, que encontra-se presente em nossa alimentação e possui papel fundamental na composição de biomoléculas do nosso corpo, que é o caso da hemoglobina (ALEXANDRE, 2012).

Apesar de todos os benefícios do ferro para os organismos, inclusive para os humanos, ele também é capaz de se acumular nos tecidos, dessa forma se a concentração dele for elevada no organismo podem ser apresentados inúmeros distúrbios neurológicos, a exemplo disso tem-se a Doença de Parkinson (DP) e a Demência de Alzheimer (DA) (BARCO, 2017).

2.1.6 Manganês (Mn)

O elemento manganês está entre os metais mais abundantes na natureza (SOLDIN et al., 2007). Em algumas situações apresenta comportamentos parecidos com o elemento ferro, como o fato de ser um metal essencial, mas ao mesmo tempo pode ser potencialmente tóxico quando em concentrações elevadas no organismo (DUARTE, 2011).

Manganismo é o nome dado ao quadro de intoxicação obtido pelo manganês, ele acontece quando há uma ingestão crônica de altas quantidades de alimentos como vegetais que possuem óleos e gorduras, amendoim, castanhas, amêndoas, milho, girassol e etc (RAMOS et al., 2013). Esse distúrbio causa tremores constantes, dificuldades na coordenação motora e problemas de memória (FREITAS; GONZALES, 2018).

2.1.7 Mercúrio (Hg)

O mercúrio é um metal que se apresenta no estado líquido à temperatura ambiente e encontra-se em diferentes formas no meio ambiente: mercúrio elementar ou metálico encontrado principalmente na atmosfera, mercúrio inorgânico na forma de mercúrio oxidado e mercúrio orgânico que é resultado da junção do mercúrio com o carbono (SANTOS, 2018). Sendo a sua forma orgânica a mais tóxica para os ecossistemas e seres vivos, pois é capaz de bioacumular e biomagnificar na cadeia alimentar, especialmente em peixes e crustáceos, que por sua vez contaminam os ser

humanos ao serem ingeridos (HASSANIEN e SHAHAWY, 2011).

Os efeitos adversos do mercúrio no organismo são: distúrbios neurológicos, gastrointestinais, renais, dermatológicos, cardiovasculares e imunitários (REIS JÚNIOR e SILVA, 2014).

2.1.8 Níquel (Ni)

O níquel é o 24º metal em abundância na crosta terrestre, sendo obtido a partir de minérios na forma de sulfeto de níquel (GONZALES, 2016). É bastante utilizado na produção de ligas, na catálise, em produtos de petróleo e entre outros, dessa forma, a constante produção e o uso do níquel tem causado contaminação ambiental (DUARTE, 2000)

Caso exceda o seu limite de concentração aceitável para os organismos, o níquel causará graves problemas pulmonares, problemas nos rins, dermatite de pele e desconforto gastrointestinal, além de ser cancerígeno para os humanos (FU e WANG, 2011).

2.1.9 Zinco (Zn)

O zinco possui número atômico 30 e é 23º elemento com mais abundância na terra, sendo encontrado em praticamente todos os ambientes (NARDIS, 2015). Está presente no ambiente nas formas orgânica e inorgânica e é inserido no ambiente através dos ciclos geológicos da rocha matriz do solo (ALEXANDRE, 2012).

Esse metal é muito importante para a saúde humana, seus benefícios para as funções fisiológicas são inúmeros e quando o organismo apresenta deficiência desse metal começa a desenvolver mobilização das reservas funcionais que com o passar do tempo podem acarretar em problemas como anorexia, atraso no crescimento, intolerância à glicose, lesões oculares, impotência sexual, disfunções imunológicas e hipotireoidismo, apenas se tornando tóxico ao organismo se estiver em concentrações maiores que 5.0 mg.L^{-1} , causando cólicas estomacais, irritações de pele, vômitos, náuseas e anemia (DUARTE, 2011; FU e WANG, 2011).

2.2 PEIXES COMO BIOINDICADORES

2.2.1 Gênero *Cichla* (Tucunaré)

O tucunaré é um peixe originário da bacia amazônica e faz parte do gênero

Cichla, pertence à família Cichlidae e à ordem Perciformes (MARQUES e RESENDE, 2005). De acordo com pesquisas desenvolvidas por Kullander e Ferreira (2006), constatou-se que existem aproximadamente 15 espécies do gênero, sendo cinco delas as mais comuns e mais conhecidas *Cichla intermedia*, *C. monoculus*, *C. ocellaris*, *C. orinocencis* e *C. temensis*.

Segundo o Dicionário Tupi-Guarani (2019) a palavra “Tucunaré” deriva da língua indígena Tupi-Guarani e é formada por o prefixo “Tucun”, que significa “árvore” (palmeira amazônica), e “aré”, que significa "amigo", que pode ser traduzido como "amigo da árvore”.

Todos os espécimes do gênero *Cichla sp.* são carnívoros piscívoros (MARQUES e RESENDE, 2005), estão entre os principais predadores de topo da família Cichlidae nas bacias dos rios Neotropicais (Kullander & Ferreira, 2006; Willis *et al.*, 2007; Winemiller *et al.*, 1997). Caracterizam-se por possuir preferência por ambientes lênticos (PETRERE JÚNIOR, 1983), áreas litorâneas de lagos e bancos de areia no canal principal dos rios (GOULDING *et al.*, 1980; WINEMILLER *et al.*, 1997). Apresentam hábito diurno, desova parcelada e fecundação externa (SOARES *et al.*, 2007; CAMPOS, 2013).

As espécies de tucunaré possuem um alto valor, tanto comercial quanto competitivo para os pescadores. Sendo peixes que possuem muita carne e tamanho significativo a sua comercialização acontece em grande escala, seu comportamento agressivo acrescido da agilidade que se locomove nas águas faz com que se tornem um apreciado alvo das pescas esportivas (GOMIERO e BRAGA, 2003).

2.2.2 *Cichla Pinima*

De acordo com Cunha (1999) o nome “pinima” provém da língua tupi e significa algo que é manchado, malhado. É uma espécie particularmente difícil de ser identificada, pois não apresenta um padrão fixo de cores e marcações em seu corpo, podendo apresentar três, duas ou até mesmo uma só barra vertical, também podem ter bolas pretas em seu corpo, mas a quantidade pode variar de três a uma. Ao passar para a fase adulta a sua aparência quase não sofre modificações mantendo o formato de corpo mais comprido (BOTELHO, 2007).



Fonte: Autora

Figura 1 – *Cichla pinima* capturado no rio Amapari, Estado do Amapá, Brasil.

2.3 ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

Durante as décadas de 50 e 60, Alan Walsh revolucionou a determinação de elementos metálicos com a espectrometria de absorção atômica (AAS) ao apresentar os resultados obtidos em seu trabalho sob o título de “*The application of atomic absorption spectra to chemical analysis*” (RIBEIRO, ARRUDA, CADORE, 2002).

Desde então, a espectrofotometria de absorção atômica é o método mais utilizado para a determinação de metais pesados em amostras de água. Segundo os autores (SKOOG et al., 2001; VOGEL, 2002) para a determinação direta da concentração de um elemento devem ser levados em consideração cinco componentes fundamentais do equipamento, que são: 1) uma fonte luminosa de linhas definidas e intensas, que emita radiação ressonante característica do elemento a ser determinado; 2) um sistema atomizador, para atomizar a amostra na chama; 3) um monocromador, que isole a linha de ressonância de outras linhas que emita a fonte; 4) um sistema detector, que converta a radiação luminosa em corrente elétrica; e 5) um processador e leitor que mostre o sinal traduzido (SKOOG et al., 2001; VOGEL, 2002)

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Averiguar a presença de contaminantes ambientais na água e em peixes *Cichla pinima* (*Tucunaré*), explorados pela atividade pesqueira no Rio Amapari, Amapá, Brasil.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar a concentração de cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn); mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn), na água;
- Quantificar a presença de cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn); mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn) nas brânquias, gônadas, fígado e músculo dos peixes;
- Correlacionar os resultados obtidos nas análises de metais pesado com os limites máximos estabelecidos pelas legislações nacional (ANVISA e CONAMA) e internacional (FAO e WHO).

4. METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O rio Amapari tem 382,04 km de extensão nascendo no Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque (PARNA Tumucumaque), correndo no sentido noroeste-centro do estado do Amapá e desaguando na porção média do rio Araguari, próximo da cidade de Porto Grande (LIMA, 2021). Da sua nascente para a foz percorre os territórios dos municípios de Serra do Navio, Pedra Branca do Amapari e Porto Grande. É o principal afluente da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari e sua drenagem por apresentar grande volume de água contribui com aproximadamente 1/3 da vazão do rio Araguari (CUNHA et al., 2014).

As pescarias experimentais foram realizadas em três pontos de amostragens no rio Amapari, mais especificamente no trecho médio, estando o primeiro ponto localizado na foz do rio Araguari e o segundo e terceiro ponto estão localizados ao longo do rio Amapari.

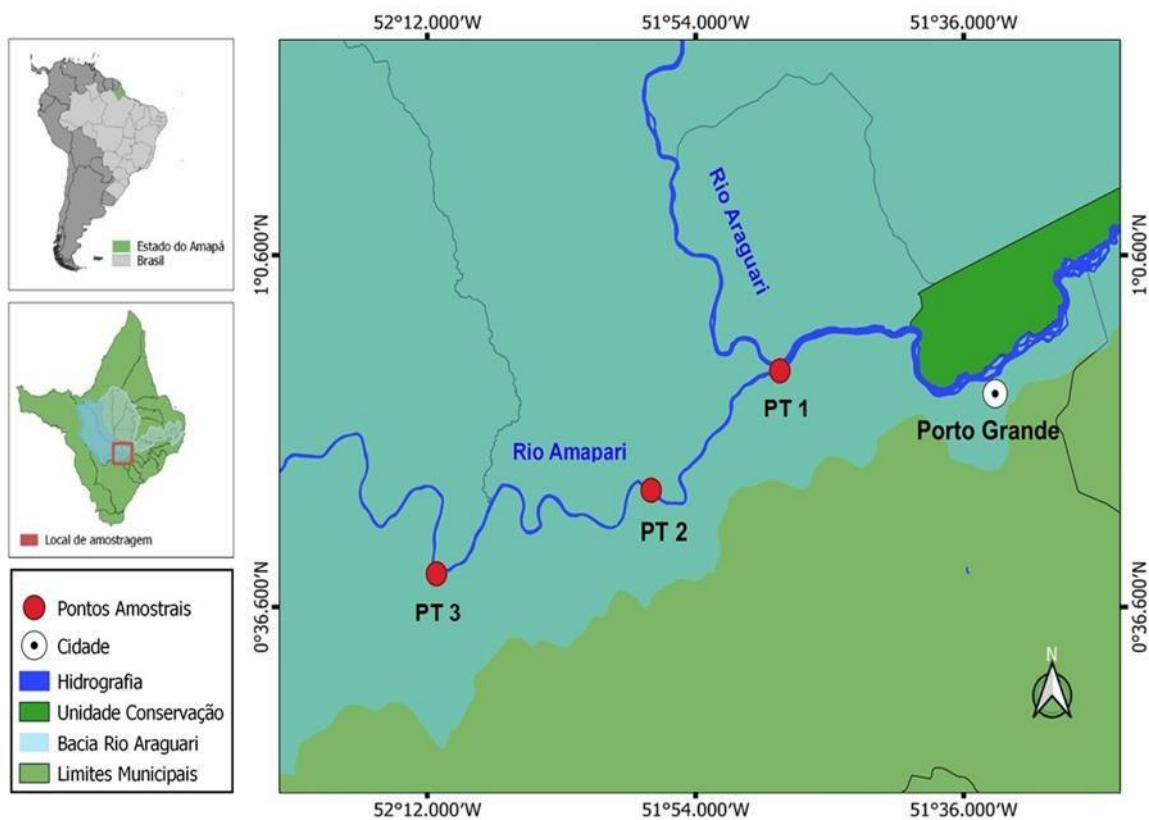


Figura 2 – Localização da área de estudo e pontos amostrais na Bacia do Rio Amapari, Estado do Amapá, Brasil.

4.2 COLETA DE DADOS

4.2.1 Água

Amostras de água foram coletadas em cada ponto amostral em frascos de polietileno com capacidade de 1000ml em duplicata, adicionando-se 1 mL de ácido nítrico (HNO_3) para conservação de suas propriedades (Figura 3). Em seguida, foram conservadas em caixas térmicas com gelo e transportadas até o laboratório. No laboratório, as amostras foram homogeneizadas e retirados 100 mL de cada em frasco de polietileno de mesma capacidade e encaminhadas para análise na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) para processamento e leituras das concentrações dos metais.



Figura 3 – Coleta das amostras de água (A) e amostras armazenadas em recipientes estereis em (B).

4.2.2 Tecidos

A coleta de exemplares de peixes foi realizada com auxílio de diversos equipamentos de pesca: redes com malha de vários tamanhos (2,0 - 8,0 cm entre os nós adjacentes), trapos (pedaço de linha de pesca de nylon com anzol tamanho 4), trapinhos (pedaço de corda nylon com anzol tamanho 12), caniços, isca artificial e linha de mão. Os apetrechos foram colocados na margem do rio, entradas de igarapés, varjões e remansos, onde permaneceram por um tempo 12 horas no caso das malhadeiras, sendo vistoriada a cada 3 horas; e os demais equipamentos de pesca fez-se uso constante conforme ambiente de cada local e horário de pesca durante o dia e noite. Logo após a coleta, os peixes foram imersos em água gelada

in situ para reduzir a sua atividade e depositados em caixas térmicas com gelo para transporte ao Laboratório de Íctio e Genotoxicidade (LIGEN) da Universidade Federal do Amapá. Em laboratório os indivíduos permaneceram congelados por um período máximo de 30 dias até o processamento.

Na biometria foram obtidos o comprimento padrão (CP), que vai do focinho a última vértebra do peixe e comprimento total (CT) que vai do focinho a extremidade final da nadadeira caudal, para isso, o utilizado para a tomada destas medidas foi um Ictiomêtro.

O peso de cada indivíduo foi analisado em uma balança digital, com precisão de quatro casas decimais, e expressas em gramas. Os valores obtidos foram anotados em uma planilha.

Para a análise da concentração dos metais, foram retirados de cada peixe parte do tecido muscular (entre a nadadeira dorsal e o final do pedúnculo caudal), o fígado, as gônadas e as brânquias (Figura 4B). Após sua separação, os órgãos foram desidratados a 80°C por três horas, seguido de maceração, peneiração (Figura 4C) e pesagens de subamostras de material seco de 1 g para músculo e 0,5 g para fígados, gônadas e brânquias, acondicionadas em eppendorfs de 1,5 mL (Figura 4D). Posteriormente, o material processado foi encaminhado para laboratório parceiro da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) para análise das concentrações de Hg (Figura 4).

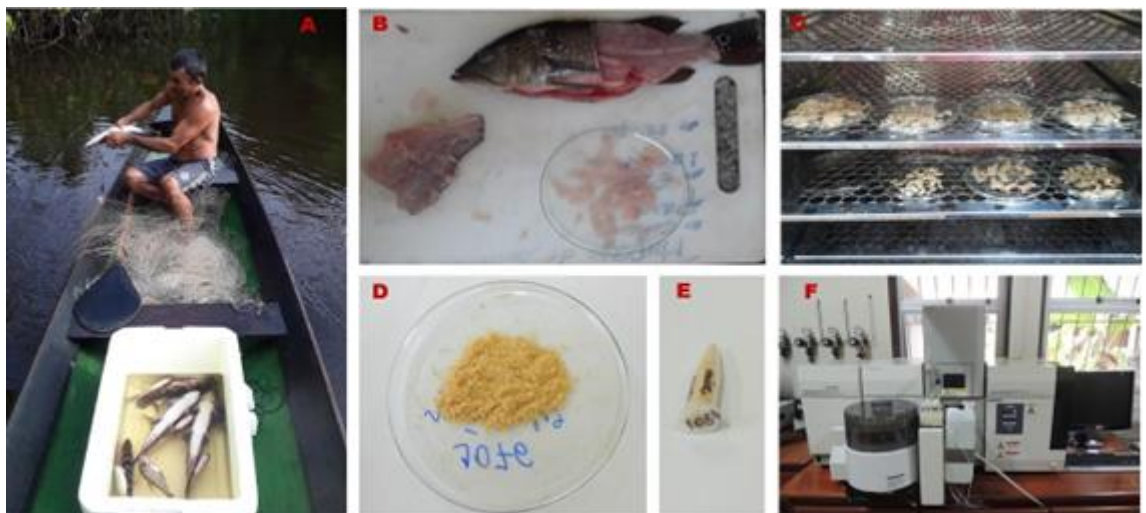


Figura 4 – Coleta e tratamento das amostras de peixes: A) captura dos exemplares, B) separação tecido muscular, C) Desidratação em estufa, D) tecidos após processos de desidratação, maceração e peneiração, E) amostra pesada e acondicionada para análise e F) Equipamento de leitura das concentrações de Hg nas amostras.

Este trabalho faz parte do projeto “Efeitos da alteração na paisagem e dos contaminantes ambientais sobre a qualidade da água e em algumas espécies de peixes de importância comercial na bacia hidrográfica do rio Araguari, Estado do Amapá, Brasil” e foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UNIFAP (017/2019) e SISBIO/ICMBIO (65643).

5. RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE COMPOSTOS INORGÂNICOS NA ÁGUA

A análise da concentração de contaminantes inorgânicos nas amostras da água do rio Amapari mostrou que os metais cádmio (Cd), cobre (Cu), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) apresentaram valores de concentração média e desvio padrão que excederam os limites máximos exigidos pelas legislações CONAMA (2005) e WHO (2017) (Tabela 1), esses valores foram de $0,005 \pm 0,000$ mg.L⁻¹; $0,064 \pm 0,005$ mg.L⁻¹; $0,0005 \pm 0,00005$ mg.L⁻¹ e $0,086 \pm 0,005$ mg.L⁻¹, respectivamente (Tabela 1).

Por outro lado, a análise da concentração para os metais cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni) e zinco (Zn) apontou valores de concentração média e desvio padrão na ordem de $0,041 \pm 0,001$ mg.L⁻¹; $0,289 \pm 0,13$ mg.L⁻¹; $0,090 \pm 0,008$ mg.L⁻¹; $0,020 \pm 0,001$ g.L⁻¹ e $0,170 \pm 0,009$ mg.L⁻¹, não excedendo os limites estabelecidos pelo CONAMA E WHO (Tabela 1).

Tabela 1. - Valores das concentrações de metais pesados (mg.L⁻¹; média ± desvio padrão) na água do rio Amapari.

Metais	Rio Amapari	CONAMA (357/2005)	WHO (2017)
Cd	0,005±0,000*	0,001	0,003
Cr	0,041±0,001	0,050	0,050
Cu	0,064±0,005*	0,009	2,0
Fe	0,289±0,13	0.300	--
Hg	0,0005±0,0005*	0,0002	0,006
Mn	0,090±0,008	0,100	--
Ni	0,020±0,001	0,025	0,070
Pb	0,086±0,005*	0,010	0,010
Zn	0,170±0,009	0,180	--

*Valores em negrito estão acima dos limites estabelecidos pela legislação

5.2 ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE COMPOSTOS INORGÂNICOS EM MÚSCULOS, FÍGADOS E BRÂNQUIAS

As amostras de peixes consideradas neste estudo são representativas dos 21 espécimes de *Cichla pinima* (carnívoros) capturados na região do baixo rio Amapari.

Na análise da concentração de contaminantes inorgânicos nas amostras, o cádmio (Cd) apresentou uma concentração média e desvio padrão de $0,071 \pm 0,014 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $0,056 \pm 0,007 \mu\text{g.g}^{-1}$ para fígados e brânquias, respectivamente, acima dos limites toleráveis pela legislação, o qual é $0,05 \mu\text{g.g}^{-1}$ (ANVISA, 2013). O tecido muscular apresentou valor abaixo do limite estabelecido por lei, com média de $0,046 \mu\text{g.g}^{-1}$ e desvio padrão de $0,006 \mu\text{g.g}^{-1}$ na faixa de $0,04$ a $0,06 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Tabela 2).

Para o cromo (Cr), os valores de concentração média e de desvio padrão obtidos na análise dos músculos, fígados e brânquias foram de $0,050 \pm 0,002 \mu\text{g.g}^{-1}$; $0,073 \pm 0,017 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $0,052 \pm 0,004 \mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente. Os valores citados demonstraram que não houve alteração em relação ao limite máximo de $0,10 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Tabela 2).

A concentração média de cobre (Cu) no tecido muscular foi de $14,106 \mu\text{g.g}^{-1}$ com um desvio padrão de $0,328 \mu\text{g.g}^{-1}$ na faixa de $13,39$ a $14,59 \mu\text{g.g}^{-1}$. Para os fígado e para as brânquias, o cobre apresentou concentração média e um desvio padrão na ordem de $25,288 \pm 0,193 \mu\text{g.g}^{-1}$ ($25,04 - 25,57$) e $7,258 \pm 0,149 \mu\text{g.g}^{-1}$, valores bem abaixo dos limites máximos.

A análise de ferro (Fe) apresentou concentrações médias e desvios padrões de $25,279 \pm 0,339 \mu\text{g.g}^{-1}$ para músculo; $27,283 \pm 0,298 \mu\text{g.g}^{-1}$ para fígados e $10,775 \pm 0,379 \mu\text{g.g}^{-1}$ para brânquias e estavam nas faixas de $24,91$ a $26,07 \mu\text{g.g}^{-1}$; $27,05$ a $27,88 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $10,16$ a $11,11 \mu\text{g.g}^{-1}$. Já o manganês (Mn) apresentou valores de concentração média e desvio padrão de $0,050 \pm 0,002 \mu\text{g.g}^{-1}$; $0,055 \pm 0,005 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $0,052 \pm 0,004 \mu\text{g.g}^{-1}$ para músculos, fígados e brânquias, respectivamente. Para ambos os metais, a comparação dos valores de concentração com os limites máximos permitidos tornou-se inconclusiva, pois os mesmos não possuem limites estabelecidos nas legislações nacional (ANVISA, 2013) e internacional (FAO, 2009).

Nas análises de concentração de Hg foram obtidos os seguintes valores de média e desvio padrão para os músculos, fígados e brânquias: $0,058 \pm 0,005 \mu\text{g.g}^{-1}$; $0,065 \pm 0,013 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $0,051 \pm 0,003 \mu\text{g.g}^{-1}$ e esses tecidos se apresentaram nas faixas

de 0.05 a 0.07 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 0.05 a 0.09 e 0.05 a 0.06 $\mu\text{g.g}^{-1}$, não tendo um valor superior ao estabelecido pela lei, que é de 0.50 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (Tabela 2).

Para o níquel (Ni) nenhum dos tecidos analisados excederam os limites estabelecidos de 5.0 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (Tabela 2). Os valores de concentração para o tecido muscular se apresentou em $0.410 \pm 0.023 \mu\text{g.g}^{-1}$, para os fígados em $0.500 \pm 0.012 \mu\text{g.g}^{-1}$ e para as brânquias em $0.195 \pm 0.021 \mu\text{g.g}^{-1}$.

O chumbo (Pb) apresentou concentrações médias e desvios padrões de $0.195 \pm 0.021 \mu\text{g.g}^{-1}$, $0.290 \pm 0.031 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $0.195 \pm 0.013 \mu\text{g.g}^{-1}$ para tecido muscular, fígados e brânquias, nessa ordem, com faixas de 0.17 a 0.24 $\mu\text{g.g}^{-1}$; 0.25 a 0.34 $\mu\text{g.g}^{-1}$ e 0.18 a 0.22 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Os valores da concentração de chumbo não excederam os limites estipulados pela lei, porém tecidos de fígado analisados apresentaram valores que se aproximaram consideravelmente do limite máximo estabelecido, que é de 0.30 $\mu\text{g.g}^{-1}$.

Por último, os valores de zinco (Zn) nos tecidos analisados também não excederam os limites máximos de 50.0 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Contudo, tanto os músculos quanto os fígados apresentaram valores de concentração média e desvio padrão de $36.780 \pm 0.260 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $44.336 \pm 0.331 \mu\text{g.g}^{-1}$, demonstrando valores bem próximos do limite máximo determinado.

Tabela 2. – Valores das concentrações de metais pesados ($\mu\text{g.g}^{-1}$; média \pm desvio padrão) em músculos, fígados e brânquias de *C. pinima* do rio Amapari.

Metais	Músculo	Fígado	Brânquia	ANVISA (1998;2013)	FAO/WHO (2009)
Cd	0.046 ± 0.006	0.071 ± 0.014 *	0.056 ± 0.007 *	0.05	0.05
Cr	0.050 ± 0.002	0.073 ± 0.017	0.052 ± 0.004	0.10	--
Cu	14.106 ± 0.328	25.288 ± 0.193	7.258 ± 0.149	30.0	--
Fe	25.279 ± 0.339	27.283 ± 0.298	10.775 ± 0.379	--	--
Hg	0.058 ± 0.005	0.065 ± 0.013	$0,051 \pm 0.003$	0.50 ¹ 1.0 ²	0.50
Mn	0.050 ± 0.002	0.055 ± 0.005	0.052 ± 0.004	--	--
Ní	0.410 ± 0.023	0.500 ± 0.012	0.195 ± 0.021	5.0	--
Pb	0.195 ± 0.021	0.290 ± 0.031	0.195 ± 0.013	0.30	0.30

Zn	36.780±0.26	44.336±0.33	27.530±0.43	50.0	50,0
	0	1	7		
NA	12	6	12		

*Valores em negrito estão acima dos limites estabelecidos pela legislação; ¹Peixes não predadores; ²Peixes predadores; NA: Número de amostras examinadas.

6. DISCUSSÃO

6.1 CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA

A partir das análises realizadas para a água do rio Amapari, pode-se constatar que os metais apresentaram significativas variações entre as suas concentrações (Tabela 1). Foi observado que os níveis de cádmio (Cd), cobre (Cu), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) ultrapassaram os limites aceitáveis de acordo como a legislação brasileira (CONAMA, 2005), possuindo o grau de concentração na ordem decrescente Pb>Cu>Cd>Hg. Viana et al (2020), com pesquisas anteriores realizadas na mesma bacia hidrográfica, avaliaram a bioacumulação no tecido hepático de peixes (*Anodus orinocensis*, *Hemiodus unimaculatus*, *Curimata vittata* e *Plagioscion squamosissimus*) e confirmaram as elevadas concentrações de Cd, Cu, Hg e Pb encontradas na água.

Os níveis elevados de metais encontrados na água para a região estudada podem estar associados a diversas fontes geradoras de contaminação. As atividades de garimpagem são um dos principais meios para a chegada de contaminantes nos recursos hídricos, Fostier et al (2000) e Lima et al. (2015) documentaram que as atividades de garimpo acontecem há muitos anos e por tempo ininterrupto na região do Lourenço, que conseqüentemente acarretou na contaminação por metais pesados nos peixes e na água do rio Cassiporé. Rejeitos liberados pelo garimpo do Lourenço chegam à bacia do rio Araguari vindos pelo rio Tajauí, que se liga a esta região exploratória, no alto Araguari, proporcionando a entrada desses metais no ambiente aquático na área de estudo.

Outras fontes bastante prejudiciais ao meio aquático e que contribuem para a degradação da qualidade da água são os descartes de resíduos tóxicos pelas comunidades ribeirinhas, atividade de agricultura e a presença de fazendas agropecuárias ao longo dos rios, tais atividades proporcionam a liberação mais uniforme de contaminantes inorgânicos na água (LIMA et al., 2015).

6.2 CONCENTRAÇÃO DE METAIS EM PEIXES

De acordo com os dados obtidos, percebeu-se uma elevada concentração de cádmio (Cd) nos fígados e nas brânquias dos peixes *Cichla pinima* (Tabela 2), sendo esse o único elemento da análise que ultrapassou os limites estabelecidos pela legislação. A presença desse metal em níveis elevados no ambiente aquático traz grandes alertas para a pesca e comercialização das espécies carnívoras na região, uma vez que o elemento cádmio é um metal biologicamente não essencial e altamente tóxico, podendo acarretar na ocorrência da bioacumulação e até na biomagnificação nos organismos (MORAIS, 2009).

Os resultados mostraram que o fígado apresentou maiores concentrações de cádmio em relação às brânquias e aos músculos. Essa alta concentração do metal nos fígados sugere que a causa esteja ligada à função de metabolismo desempenhada pelo órgão, onde o mesmo funciona como uma espécie de depósito para os metais, desempenhando também os papéis de redistribuição e desintoxicação (AMIARD et al, 2006; BAWURO, 2018).

Em concordância com os resultados obtidos, Viana et al. (2020) com pesquisa também realizada no rio Araguari, observou que os valores de cádmio para os tecidos de fígado dos peixes analisados, *A. orinocensis* (planctívoro), *C. vittata* (detritívoro), *H. unimaculatus* (detritívoro) e *P. squamosissimus* (carnívoro) possuíram um fator de bioacumulação maior que 100, o que significa que esse metal possui grande capacidade de bioacumulação em peixes em comparação com outros metais. Além disso, a autora constatou a biodisponibilidade em concentrações elevadas do cádmio no rio Araguari, fato igualmente encontrado neste trabalho na água (Tabela 1).

Mesmo que os metais cromo (Cr), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) tenham apresentado níveis de concentração a baixo dos limites estabelecidos pela Anvisa (2013) e FAO (2009), há uma preocupação com a biodisponibilidade deles nos ambientes aquáticos. Os metais Cromo e chumbo acabam indo para o ambiente através do intemperismo ou por atividades industriais e de mineração e podem acarretar em efeitos tóxicos para a biota se apresentarem altos níveis de concentração no ambiente (VERA et al, 2008).

O mercúrio é o elemento que mais apresenta perigo à biota, seu potencial de toxicidade somado com seu caráter cumulativo têm a capacidade de causar inúmeros

prejuízos para a saúde humana e animal, logo, o consumo por parte da população de peixes contaminados gera grande preocupação para órgãos da saúde pública, pois uma vez que o Hg tenha entrado na cadeia alimentar terrestre existem grandes chances de aumentar a biomagnificação trófica (LIMA et., 2015).

Os demais metais analisados, Cu, Fe, Mn, Ní e Zn foram observados em menores concentrações nos espécimes. O *Cichla pinima* é uma espécie estritamente carnívora (SÚAREZ et al. 2001), por isso esperava-se valores de concentração maiores em decorrência da posição do tucunaré na cadeia alimentar, uma possível resposta para esse resultado está relacionada à idade da maioria dos peixes coletados, que eram peixes juvenis, e esses por sua vez passam por diversas modificações em seus hábitos de alimentação até chegar na fase adulta, quando jovens observou-se que se alimentam principalmente de insetos aquáticos (ARCIFA e MESCHIATTI, 1993; AZEVEDO, 2019).

Além disso, Gama e Silva (2020) ao analisarem o mercúrio em peixes predadores no estado do Amapá, demonstraram que o comprimento dos peixes pode estar associado à idade, estabelecendo uma relação positiva entre comprimento e concentração do metal. As espécies de *Cichla monoculus* estudadas pelos autores apresentou relação positiva entre este metal, o seu peso e comprimento, mostrando assim que as espécies de tucunaré possuem maior potencial de bioacumulação do metal pesado quando adultas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As águas do trecho médio do rio Amapari apresentaram teores de metais (Cd, Cu, Hg, Pb) considerados não seguros para a biota aquática, uma vez que excederam os limites máximos de concentração permitidos pelas legislações CONAMA (2015) e WHO (2007). Os resultados obtidos para os metais em peixes, mostraram variações significativas nas concentrações do metal não essencial cádmio nos tecidos amostrais, indicando que foram os metais mais facilmente absorvidos e que excederam os limites permitidos pela lei (ANVISA, 2013; FAO, 2009). Os valores de concentração de metais pesados nos tecidos se apresentaram na ordem de fígado>brânquias>músculos.

Relacionou-se a baixa concentração dos demais metais analisados à fase juvenil da maioria dos espécimes de *Cichla pinima* capturados, que mantêm uma alimentação à base de insetos aquáticos, assim retardando a ocorrência da bioacumulação de metais nessa fase da espécie.

Conforme os fatos supracitados, ressalta-se a importância de futuros trabalhos de monitoramento ambiental a serem realizados na região do trecho médio do Amapari, que apresentou grandes concentrações de metais pesados na água, o que pode afetar a qualidade de vida tanto da comunidade ribeirinha quanto da ictiofauna do rio Amapari.

REFERÊNCIAS

- ALBERTINI, S.; CARMO, L. F.; PRADO FILHO, L. G. 2007. **Utilização de serragem e bagaço de cana-de-açúcar para adsorção de cádmio**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(1), 113-118. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000100020>.
- ALEXANDRE, J. R.; OLIVEIRA, M. L.; SANTOS, T.; CANTON, G. C.; CONCEIÇÃO, J.; EUTRÓPIO, F. J.; RAMOS, A. C. **Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo**. *Natureza online*, 2012, 10, 23.
- AMIARD, J.; AMIARDTRIQUET, C.; BARKA, S.; PELLERIN, J.; RAINBOW, P. **Metallothioneins in aquatic invertebrates: Their role in metal detoxification and their use as biomarkers**. 2006;76(2):160–202.
- AMIARD, J.-C. et al. **Metallothioneins in aquatic invertebrates: their role in metal detoxification and their use as biomarkers**. *Aquatic toxicology*, v. 76, n. 2, p. 160-202, 2006.
- ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F. A. D. O.; ANTONIOLLI, Z. I.; QUADRO, M.S.; BARCELOS, A. A. **Biorremediação de áreas contaminadas com cobre**. *Revista de Ciências Agrárias*. 2013, 36, 127.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil. 2013. Portaria no 685. <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em 12 de julho de 2020.
- ARCIFA, M. S. & MESCHIATTI A.J. 1993. **Distribution and feeding ecology of fishes in a Brazilian Reservoir: lake Monte Alegre**. *Interciência* 18:302-313.
- AZEVEDO, J. S.; HORTELLANI, M. A.; SOUZA, J. **Sarkis Organotropism of total mercury (THg) in Cichla pinima, ecological aspects and human consumption in fish from Amazon region, Brazil Environ. Sci. Pollut. Res.**, 26 (2019), pp. 21363-21370, 10.1007/s11356-019-05303
- BARBOSA et al. **Hair mercury speciation as a function of gender, age and body mass index in inhabitants of the Negro River basin, Amazon, Brasil**. *Archives of environmental contamination and toxicology*. 40, p. 439-444, 2001.
- BARCO, B. A. P. **Estudo da contaminação por ferro de águas subterrâneas provenientes da região noroeste do estado do Paraná**. 2017. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.
- BARION FILHO, J. R. **Preparação de eletrodo contendo Poli(dimetilsiloxano) funcionalizado com grupo tiol aplicado à detecção eletroquímica de metais**. 2014. 62 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2014.
- BARTHEM, R.B.; FABRÉ, N.N. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**. *Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia*, p. 17-62. In: Ruffino, M.L. (coord.) Ibama/Provárzea, Manaus, Brasil, 268 pp. 2004.
- BAWURO, A. A.; VOEGBORLO, R. B.; ADIMADO, A. A. **Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in lake Geriyo, Adamawa State Niger**. *J. Environ. Public Health*, (2018).
- BAWURO, A. A.; VOEGBORLO, R. B.; ADIMADO, A. A. **Bioaccumulation of heavy metals**

in some tissues of fish in Lake Geriyo, Adamawa State, Nigeria. Journal of Environmental and Public Health, v. 2018.

BOTELHO, M, C. A pesca comercial dos “Tucunarés” Cichla spp (Perciriformes Cichlidae) no reservatório da UHE-Tucuruí, Rio Tocantins, PA. Belém, 2007.

CAMPOS, P. Dinâmica populacional do tucunaré Cichla temensis (Humboldt, 1833) do Médio rio Negro, Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado – INPA, Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior (2013). Manaus, 55 pp.

CARMO, C. A.; ABESSA, D. M S.; NETO, J. G. M. Metais em águas, sedimentos e peixes coletados no estuário de São Vicente-SP, Brasil. O Mundo da Saúde, v. 35, n. 1, p. 64-70, 2011.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. Resolução nº 357. Diário Oficial da União de 17 de Março de 2005. Acesso em 12 de julho de 2020. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>

COSTA, O. C. et al. Exposição ao mercúrio pelo consumo de peixes: o potencial impacto à saúde das populações locais e economia pesqueira do Amapá. Nota Técnica. WWF/lepa/lepé/Fiocruz, 2020.

CUNHA, A. G. 1999. **Dicionário histórico das palavras portuguesas de origem tupi.** 5ª ed. Melhoramentos. São Paulo. 397p.

CUNHA, A. C.; et al. Evento extremo de chuva-vazão na bacia hidrográfica do rio Araguari, Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 95-110, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130051>.

Dicionário Ilustrado Tupi-Guarani. (2019). Disponível em <http://www.dicionariotupiguarani.com.br/>. Acesso: 12 de julho de 2021.

DUARTE, R. P. S. et al. Availability of cadmium (Cd), lead (Pb), nickel (Ni) and zinc (Zn) in soils, plants and human hair. **Energia na Agricultura**, v. 15, n. 1, p. 46-57, 2000.

DUARTE, Sónia Alexandra Morais. Determinação de iodo e metais pesados em águas naturais. 2011. Tese de Doutorado. Universidade da Beira Interior (Portugal).

FAO (Food and Agriculture Organization). Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products (Food and Agricultural Organization). FAO Fish Circ v. 464, p. 5-100, 2009.

Fostier, A.H.; Forti, M.C.; Guimarães, J.R.D.; Melfi, A.J.; Boulet, R.; Santo, C.M.; Krug, F.J. 2000. **Mercury fluxes in a natural forested Amazonian catchment, Serra do Navio, Amapá State, Brazil.** The Science of the Total Environment, 260: 201-211.

FRANCISCO, W. C. "Economia do Amapá"; Brasil Escola. 2022. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/economia-amapa.htm>. Acesso em 09 de abril de 2022.

FREITAS, V. O. N., T.; GONZALEZ, F. G. Impactos do manganês na saúde pública. RevInter, v. 11, n. 3, 2018.

FU, F. L.; WANG, Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review J. Environ. Manage., 92 (2011), pp. 407-418

- GAMA, C. S.; SILVA, L. M. A. **Bioaccumulation of mercury in predatory fish from Amapá State, Brazil.** Revista Arquivos Científicos (IMMES). Macapá, AP, 2020, v. 3, n. 2, p. 120-128 - ISSN 2595-4407.
- GOMIERO, L. M.; BRAGA, F. M. S. 2003. **Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla cf. ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, rio Grande - MG/SP.** Acta Sci. 25(1):79-86.
- GONÇALVES, R. M.; GONÇALVES, J. R. **Metais Pesados e sua Presença em Leite Humano.** Revista Processos Químicos, 10 (19), 51-58. 2016. <https://doi.org/10.19142/rpq.v10i19.346>
- GOULDING, M. 1980. **The fishes and the forest: Explorations in Amazonian Natural History.** Berkeley, University of California Press, 280 p.
- HASSANIEN, M. A.; EL SHAHAWY, A. M. **Environmental Heavy Metals and Mental Disorders of Children in Developing Countries.** Environm Risk. 2011; 1:1–25. <https://doi.org/10.15628/holos.2018.6820>.
- HENRIQUE, R.. **Contaminação na cidade de Caçapava, SP: exposição ao risco e investigação confirmatória.** 2012. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/119408>>. Acesso em: 05/10/2022.
- JESUS, I. S., CESTARI, M. M., BEZERRA, M. A., & AFFONSO, P. R. **Genotoxicity effects in freshwater fish from a Brazilian impacted river.** Bulletin of environmental Contamination and Toxicology, v. 96, n. 4, p. 490-495, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00128-016-1755-1>.
- KOBIELSKA, P. A.; HOWARTH, A. J.; FARHA, O. K.; NAYAK, S. **Metal–organic frameworks for heavy metal removal from water.** Coord. Chem. Rev., 358 (2018), pp. 92-107.
- KULLANDER, S. O; FERREIRA, E. J. G. **A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae).** Ichthyological Exploration of Freshwaters, 17: 289-398, 2006.
- LEITE, A.; SILVA, R.; CUNHA, E. **Aplicação de um caso prático de doenças profissionais: relevância médico-legal metais pesados e carcinogênese.** Arquivos de Medicina, v. 29 (4), p.93-97, 2015.
- LIMA, D. P.; SANTOS, C.; SILVA, R. S.; YOSHIOKA, E.T. O.; BEZERRA, R. M. **Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil.** Acta Amazonica 2015; 45(4), 405-14.
- LIMA, D. P. **Avaliação na estrutura de paisagem e níveis de mercúrio na água e peixes do rio Amapari, estado do Amapá, Amazônia Oriental.** RELATÓRIO SEMESTRAL DE PESQUISA: UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ - UNIFAP, 2021.
- LIMA, M. N. A. **Representações sociais da pesquisa do mercúrio em uma comunidade ribeirinha do Tapajós.** Universidade Federal do Pará, Belém – Pa. (Dissertação de Mestrado), 2010.
- MARENGONI, N. G.; WILD, M. B.; GONÇALVES JUNIOR, A. C.; VIVIAN, M. M. P. S.; MARQUES, D. K. S., RESENDE, E. K. 2005. **Distribuição do tucunaré *Cichla cf. monoculus* (Osteichthyes, Cichlidae) no Pantanal.** Boletim de Pesquisa e

Desenvolvimento Embrapa-Pantanal 60:1-28.

MARQUES, D. K. S.; DE RESENDE, E. K. **Distribuição do tucunaré *Cichla cf. monoculus* (Osteichthyes, Cichlidae) no Pantanal.** Embrapa Pantanal-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2005.

MARQUES, M. B. L.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. **Efeitos ecotoxicológicos de metais aos organismos aquáticos.** Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 14, n. 4, 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2008. **Parecer Técnico Nº 070 CGVAM/SVS/MS/2008.** Disponível em http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/0330EB12/ParecerTec07008_MSaude.pdf Acesso em 07/11/2022

MORAIS, A. C. T. **Concentração de metais pesados em peixes teleósteos do rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil.** 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Biologia e Manejo animal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

MORALES, U. S. **Caracterização da pesca e produção pesqueira no médio Araguari, Ferreira Gomes, Amapá, Brasil.** 2018. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Departamento de Pós-Graduação, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unifap.br:80/jspui/handle/123456789/304>. Acesso em: 25/09/2022.

NARDIS, Bárbara Olinda. **Dinâmica de zinco em solo cultivado com gramíneas forrageiras.** 2015. 57 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2015.

PETRERE Jr., M. **Yield per recruit of the Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, in the Amazon State, Brazil.** Journal of Fish Biology, v. 22, p. 133-144, 1983.

PINHEIRO, M.C.N.; et al. **Comparative study of human exposure to mercury in riverside communities in the Amazon region.** Brazilian Journal of Medical and Biological Research, São Paulo. v. 39, n. 3, p. 411-414, 2006.

RAMOS, Thalita Dallapícula et al. **Avaliação da exposição ambiental ao manganês na população residente no entorno de um estaleiro no município de Angra dos Reis, RJ.** 2013. Tese de Doutorado.

REIS JÚNIOR, J. J. C.; SILVA, C. A. **Determinação de Mercúrio, Chumbo, Cádmi e Arsênio em Peixes Marinhos Comercializados em Aracaju: Implicações e Risco à Saúde Humana.** IV Seminário de Iniciação Científica e Pós-Graduação da Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2014.

RIBEIRO, A. S.; ARRUDA, M. A. Z; CADORE S. 2002. **Espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em filamento de tungstênio:** uma revisão crítica. Quim. Nova 25: 396 – 405.

RODRIGUES, M. A.; SILVA, P. P.; GUERRA, W. (2012); "**Cobre**". *Química Nova na Escola*. 34(3), 161-162.

ROSA, K. M. **Efeitos adversos da contaminação dos alimentos por metais pesados (cádmio e chumbo) na saúde ambiental e a importância do saneamento de alimentos: o caso**

de Santo Amaro da Purificação, BA. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 20 Feb. 2016.

SANTOS, M. F. et al. **Emissões Atmosféricas de Mercúrio—Estudo de Caso: Descoberto/MG.** 2018.

SANTOS-FILHO, F.; LINO A.; MALM, O.; IGNÁCIO, A. **Mercúrio, cromo, cádmio e chumbo em *Pygocentrus nattereri* Kner, 1858 e *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) de dois rios do Pantanal (MT), Brasil.** Rev. Bras. Ciência Avícola, 42 (2016), pp. 67-81, 10.5327/Z2176-9478201600116

SILVA, C. S. P. **Comitê da bacia Hidrográfica do rio Araguari como instrumento de gestão dos Recursos Hídricos no Estado do Amapá.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 05, p. 2771-2789, 2021.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análises Instrumental.** McGraw-Hill. 5rd ed, 2001.

SOARES, M. G. M.; COSTA, E. L.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K.; ANJOS, H. D. B.; YAMAMOTO, K. C.; FREITAS, C. E. C. 2007. **Peixes de lagos do Médio rio Solimões. Manaus: EDUA, 172 p.**

SOLDIN, O. P.; ASCHNER, M. **Effects of manganese on thyroid hormone homeostasis: potential links.** Neurotoxicology, v. 28, n. 5, p. 951–956, 2007.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. **Poluição Do Ambiente Por Metais Pesados E Utilização De Vegetais Como Bioindicadores.** Acta Biomedica Brasiliensia, Rio de Janeiro, v. 3, n. 9, p. 95-106, 2018.

SOUZA, J. C.; BIZAWU, S. K. **Preservação dos recursos hídricos e a limitação regulatória administrativa decorrente da outorga de direito de uso das águas subterrâneas no Brasil - DOI: <http://dx.doi.org/10.5216/rfd.v41i3.48704>.** Revista da Faculdade de Direito da UFG, v. 41, n. 3, p. 184, 2017.

SRIVASTAVA, N. K.; MAJUMDER, C. B. **Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater** J. Hazard. Mater., 151 (2008), pp. 1-8.

SÚAREZ, I. R.; NASCIMENTO, F. L.; CATELLA, A. C. (2001) **Alimentação do tucunaré *Cichla* sp. (Pisces, Cichlidae) – um peixe introduzido no Pantanal, Brasil. Corumbá: Embrapa Pantanal. Embrapa Pantanal, Boletim de Pesquisa, 23p. ISSN 1517–1981.**

Systematics, biogeography and evolution of the Neotropical peacock basses *Cichla* (Perciformes, Cichlidae). Molecular Phylogenetics and Evolution, 44, 291–307. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006>.

VERA, Y. M.; CARVALHO, R. J.; CASTILHOS, Z. C.; KURTZ, M. J. R. **Mercury Bioaccumulation in the Brazilian Amazonian Tucunares (*Cichla* sp., Cichlidae, Perciformes).** Revista Ambi-Água, Taubaté, v. 3, n. 2, p. 19-27, 2008.

VIANA, L.F., CARDOSO, C.A.L., LIMA-JUNIOR, S.E. ET AL. **Bioaccumulation of metal in liver tissue of fish in response to water toxicity of the Araguari-Amazon River, Brazil.** Environ Monit Assess 192, 781 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08696-2>

VOGEL, A. I. **Análise Química Quantitativa.** LTC, 6ª ed, 2002.

WILLIS, S. C.; NUNES, M. S.; MONTAÑA, C. G.; FARIAS, P. F.; LOVEJOY, N. R. (2007).

WINEMILLER, K. O.; TAPHORN, D. C.; DUQUE, A. B. 1997. **Ecology of Cichla (Cichlidae) in two blackwater Rivers of South Venezuela.** *Copeia*, 4:690-696.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for drinking water quality. 4th ed. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2017.

ZHANG, Z.; JI, H.; SONG, Y.; ZHANG, S.; WANG, M.; JIA, C.; TIAN, J.-Y.; HE, L.; ZHANG, X.; LIU, C.-S. **Fe (III)-based metal-organic framework-derived core-shell nanostructure: sensitive electrochemical platform for high trace determination of heavy metal ions** *Biosens. Bioelectron.*, 94 (2017), pp. 358-364.

ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMITE DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA – UNIFAP**

CERTIFICADO

A Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Amapá **APROVOU**, na data de 25 de junho de 2019, o parecer referente ao protocolo no. **017/2019** e certifica que o Projeto de Pesquisa intitulado "**Efeitos da alteração na paisagem e dos contaminantes ambientais sobre a qualidade da água e em algumas espécies de peixes de importância comercial na bacia hidrográfica do Rio Araguari, Estado do Amapá, Brasil**" coordenado por **Alexandro Cezar Florentino**, está de acordo com os princípios de ética e bem estar animal.

CERTIFICATE

The Ethics Committee on Animal Use of the Amapá Federal University **APPROVED** at the meeting of June 25, 2019, the final decision about the Protocol **017/2019** and certify that the research project entitled "**Efeitos da alteração na paisagem e dos contaminantes ambientais sobre a qualidade da água e em algumas espécies de peixes de importância comercial na bacia hidrográfica do Rio Araguari, Estado do Amapá, Brasil**" coordinated by **Alexandro Cezar Florentino**, is in accordance with the principles of ethics and animal welfare.

Macapá, 25 de junho de 2019

Prof. Tit. José Carlos Tavares Carvalho
Presidente CEUA-UNIFAP
Port. No. 1733/2014

APÊNDICES

APÊNDICE A – PROPOSTA DIDÁTICA

PÚBLICO ALVO: 2º Ano do Ensino Médio
UNIDADE TEMÁTICA: Contaminação do solo e da água por metais pesados
<p>OBJETOS DO CONHECIMENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Hereditariedade; Ideias evolucionistas; Preservação da biodiversidade. ➤ Soluções e concentrações. Ciclos Biogeoquímicos. Agentes poluidores do ar, da água e do solo (ações de tratamento e minimização de impactos ambientais, concentração de poluentes e parâmetros quantitativos de qualidade).
<p>HABILIDADES:</p> <p>(EF09CI13) Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da comunidade e/ou da cidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas.</p> <p>(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.</p>
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Debater, refletir e dialogar sobre os riscos causados à saúde e ao meio ambiente por meio da contaminação do solo e da água por metais pesados; ➤ Levar ao alunos um conteúdo de fácil compreensão para despertar o interesse e curiosidade; ➤ Abordar o surgimento da contaminação por metais pesados em solos e águas.

CONTEÚDO: Número atômico, número de massa, níveis de toxicidade para o ser vivo e sua origem.

CH: 2 Aulas (50 Minutos/aula)

RECURSOS DIDÁTICOS: Uso do laboratório de Informática: o recurso terá sua utilização para pesquisa, sendo um meio para obter a maior participação dos alunos, tendo em vista o bom manejo dos equipamentos de informática pelos discentes. Uso do Projetor de Imagem: a utilização desse recurso deve-se a melhor condição de visualização das imagens para todos os alunos, sabendo que a amplificação de imagens é necessária para a inclusão dos alunos e permite a melhor análise das imagens por cada aluno.

METODOLOGIA:

A aula se dividirá em 3 momentos:

1º Momento: A aula terá início com conceitos de metais pesados, afim de que os alunos possuam melhor assimilação do conteúdo, será utilizado como recurso a tabela periódica, que estará exposta em quadro através de projetor de imagem, possibilitando a melhor visualização a todos. Neste momento serão abordados temas como: elementos, número atômico, número de massa, níveis de toxicidade para o ser vivo e sua origem.

2º Momento: Neste momento, será proposto aos alunos realizarem pesquisa sobre metais pesados e sua inserção no meio em que vivemos, onde são encontrados, quais os seus efeitos em grande escala para a saúde do ser humano e ao meio ambiente, e qual a importância dos metais pesados aos seres vivos. Ao decorrer dessa pesquisa haverá um debate sobre os resultados, e ao término desse momento, os alunos produzirão uma história em quadrinhos em uma folha de papel A4 fornecida aos alunos, representando e desenvolvendo o que foi abordado durante as pesquisas em sala de aula.

3º Momento: Utilizando o Projetor de Imagem como recurso, será reproduzido um vídeo de aproximadamente 4 minutos com o tema “Metais Pesados” (<https://www.youtube.com/watch?v=GAh2CdV5Cfl>). Após esse vídeo, haverá um

momento para os alunos debaterem o que foi assistido, onde será proposta a pesquisa em casa sobre o impacto que os metais pesados causam a saúde e ao meio ambiente, como manuseá-los e como realizar corretamente o descarte de materiais que contêm metais pesados.

AValiação: A avaliação se dará mediante a história em quadrinhos desenvolvida pelos alunos, pela participação no diálogo em sala de aula e a apresentação das pesquisas realizadas em sala de aula e em casa. A avaliação tem como objetivo diagnosticar a capacidade de compreensão dos alunos e também de analisar a eficácia do ensino dos conteúdos aos alunos em sala de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS :

Lee, J. D.. *Química Inorgânica Não Tão Concisa*, 5ª ed., Edgard Blücher Ltda: São Paulo, 1999.

BAIRD, C. *Química ambiental*. Trad. M.A.L. Recio e L.C.M. Carrera. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MORAES, E.C.F.; SZNELWAR, R.B. e FERNÍCOLA, N.A.G.G. *Manual de toxicologia analítica*. São Paulo: Roca, 1991.

REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES:

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio*. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

BARTH, C.; PIVOTTO, E. M.; BOESING, G. *Metais Pesados*. Youtube, 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GAh2CdV5Cfl>