

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS
AMBIENTAIS

FERNANDA MARCON ANGHEBEN

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS EM PEIXES DE DIFERENTES
NÍVEIS TRÓFICOS OCORRENTES NO RIO DAS ANTAS E NO RIO TEGA - RS

CAXIAS DO SUL

2019

FERNANDA MARCON ANGHEBEN

**AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS EM PEIXES DE DIFERENTES
NÍVEIS TRÓFICOS OCORRENTES NO RIO DAS ANTAS E NO RIO TEGA - RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial para a obtenção de grau de mestre em Engenharia e Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vânia Elisabete Schneider.

Coorientador: Prof. Dr. Matheus Poletto.

CAXIAS DO SUL

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

A587a Angheben, Fernanda Marcon

Avaliação da concentração de metais em peixes de diferentes níveis tróficos ocorrentes no Rio das Antas e no Rio Tega - RS / Fernanda Marcon Angheben. – 2019.

88 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, 2019.

Orientação: Vânia Elisabete Schneider.

Coorientação: Matheus Poletto.

1. Peixes de água doce. 2. Metais. 3. Metais - Indústria. 4. Antas, Rio. 5. Tega, Rio. I. Schneider, Vânia Elisabete, orient. II. Poletto, Matheus, coorient. III. Título.

CDU 2. ed.: 597.2/.5

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Paula Fernanda Fedatto Leal - CRB 10/2291

FERNANDA MARCON ANGHEBEN

**AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS EM PEIXES DE DIFERENTES
NÍVEIS TRÓFICOS OCORRENTES NO RIO DAS ANTAS E NO RIO TEGA - RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial para a obtenção de grau de mestre em Engenharia e Ciências Ambientais.

Aprovada em 06/06/2019.

Banca Examinadora

Profª Drª. Vânia Elisabete Schneider – Orientadora
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Matheus Poletto – Coorientador
Universidade de Caxias do Sul

Dra. Aline Nondilo
Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves

Prof. Dr. Taison Anderson Bortolini
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Marcelo Giovanela
Universidade de Caxias do Sul

*Ao meu esposo, Selmar,
meus filhos, Enzo e Igor, dedico
todo o amor que houver nessa vida!*

AGRADECIMENTOS

À minha família, que sempre me incentivou a continuar.

À minha orientadora, Prof^a Vânia, pela amizade, pela paciência, pela confiança, pela compreensão dos momentos vividos, pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

Às equipes do Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM) da Universidade de Caxias do Sul: bolsistas, técnicos e demais pesquisadores, por todo o auxílio prestado como também do Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais (LAPAM).

Ao Complexo Energético Rio das Antas (CERAN), pelo apoio na realização da coleta de amostras para este trabalho, através do Sr. João.

Ao Sr. Vanderlei e sua família, por terem me ajudado na coleta das amostras na Central de Geração Hidrelétrica (CGH) Donna Maria Pianna.

Aos professores do Laboratório de Biologia do CARVI, que sempre me apoiaram em todos os momentos, relevando minhas falhas.

Ao professor Dr. Juan Hansa, pela identificação das espécies de peixes.

Ao professor Dr. Taison Anderson Bortolini, pela conversa amigável em qualquer momento.

Ao professor Dr. Matheus Poletto, pelas contribuições ao longo do trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Biologia do CARVI, pela paciência, pela ajuda, pela compreensão das minhas ausências, em especial a Aline, Kétini e Luana, o meu muito obrigada.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro necessário à execução desse projeto, através dos editais 01/2017 e 03/2018, respectivamente

Enfim, agradeço a todos que me auxiliaram e apoiaram na realização deste trabalho.

RESUMO

O lançamento de metais pesados no meio aquático causa uma série de problemas para esse ecossistema particularmente no que tange a bioacumulação e a biomagnificação na cadeia trófica. Neste contexto, o objetivo desse estudo foi de analisar a concentração dos metais chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn) no tecido muscular de peixes nativos dos Rios Tega e Antas. Avaliou-se a influência do Rio Tega sobre Rio das Antas em relação a concentração de metais nos peixes devido a potencialidade de contaminação por indústrias metal-mecânicas instaladas na bacia de contribuição do mesmo. Os metais foram avaliados ainda em relação à posição trófica dos peixes alvo (*Astyanax sp*, *Rhandia quelem*, *Loricariichtys anus*, *Hemiancistrus punctulatus*, *Hypostomus commersoni*). As análises de metais foram realizadas por espectrometria de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Os resultados evidenciaram alto nível de concentração de cromo em todos os indivíduos coletados, evidenciando a contaminação da biota aquática e riscos para a população consumidora dessas espécies. A concentração de zinco apresentou valores elevados somente nas amostras de lambaris (*Astyanax sp*) do Rio Tega, Os níveis de cobre e níquel encontram-se abaixo do limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde, através da RDC nº 42/2013 da Anvisa e do Decreto 55871/65, em todas as amostras analisadas, enquanto mercúrio e chumbo não alcançaram os limites de detecção do equipamento. Por se tratar de compostos metálicos com capacidade cumulativa estes podem afetar a saúde humana quando os peixes são consumidos. As análises detectaram a presença de cobre e níquel no tecido muscular não sendo evidenciados nesse tecido o mercúrio e o chumbo os quais podem estar acumulados em outros tecidos. Evidenciou-se ainda que o metal cromo apresentou bioacumulação nos indivíduos detritívoros do Rio das Antas e no Rio Tega, apresentando concentrações semelhantes. Os metais cobre e níquel não apresentaram diferenças significativas de concentração entre as espécies alvo. O zinco por sua vez apresentou diferentes concentrações nos indivíduos onívoros oriundos do Rio das Antas. Já no Rio Tega, os metais cobre, níquel e zinco apresentaram valores significativos somente para onívoros demonstrando maior bioacumulação desses metais nesses indivíduos.

Palavras-chave: *Astyanax sp*. *Rhandia quelem*. *Loricariichtys anus*. *Hemiancistrus punctulatus*. *Hypostomus commersoni*. Metais pesados. ICP-OES.

ABSTRACT

The release of heavy metals into the aquatic environment causes a number of problems for this ecosystem particularly in regard to bioaccumulation and biomagnification in the trophic chain. In this context, the aim of this study was to analyze the concentration of lead (Pb), copper (Cu), chromium (Cr), mercury (Hg), nickel (Ni) and zinc (Zn) metals in the muscle tissue of native fish of the Tega and Antas rivers. The influence of the Tega River on the Antas River in relation to the concentration of metals in fish was evaluated due to the potential contamination by metal-mechanic industries installed in the contribution basin. The metals were also evaluated in relation to the trophic position of the target fish (*Astyanax* sp, *Rhandia quelem*, *Loricariichthys anus*, *Hemiancistrus punctulatus*, *Hypostomus commersoni*). Metal analysis was performed by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). The results showed a high level of chromium concentration in all collected individuals, showing the contamination of the aquatic biota and risks to the consuming population of these species. Zinc concentration was high only in the Tega River lambaris (*Astyanax* sp) samples. Copper and nickel levels are below the limits established by the Ministry of Health, through Anvisa's RDC No. 42/2013 and Decree 55871/65, in all samples analyzed, while mercury and lead did not reach the detection limits of the equipment. Because they are metal compounds with cumulative capacity, they can affect human health when fish are consumed. Analysis detected the presence of copper and nickel in muscle tissue. However, mercury and lead were not found in these tissues. It was also evidenced that the chromium metal presented bioaccumulation in detritivorous individuals of the Antas and Tega Rivers, presenting similar concentrations. Copper and nickel metals did not show significant concentration differences in comparison with the target species. Zinc presented different concentrations in omnivorous individuals from the Antas River. In the Tega River, the copper, nickel and zinc metals showed significant values only for omnivores, showing greater bioaccumulation of these metals in these individuals.

Keywords: *Astyanax* sp. *Rhandia quelem*. *Loricariichthys anus*. *Hemiancistrus punctulatus*. *Hypostomus commersoni*. Heavy metals. ICP-OES.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma dos passos metodológicos aplicados no estudo	29
Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari/Antas e Rio Tega, juntamente com os pontos amostrados.....	32
Figura 3 – Mapa da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e do Rio Tega e pontos de coleta das amostras	34
Figura 4 – Fotografias do apetrecho de pesca (rede) utilizado para captura dos peixes.....	34
Figura 5 – Fotos das espécimes de peixes capturadas.....	35
Figura 6 – Bioacumulação dos metais Cu, Cr, Ni e Zn entre onívoros, carnívoros e detritívoros ocorrentes no Rio das Antas.....	45
Figura 7 – Bioacumulação dos metais Cu, Cr, Ni e Zn entre onívoros, carnívoros e detritívoros ocorrentes no Rio Tega	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos.....	25
Tabela 2 – Programação de aquecimento do micro-ondas para digestão das amostras	36
Tabela 3 – Espécie, hábitos alimentares e local da coleta	40
Tabela 4 – Cálculo para a avaliação do valor recuperado para cada metal estudado.....	41
Tabela 5 – Valor de recuperação de cada metal estudado	41
Tabela 6 – Dados biométricos dos indivíduos conforme seus hábitos alimentares ..	42
Tabela 7 – Média das concentrações de metais no tecido muscular das espécimes coletadas conforme seus hábitos alimentares	42
Tabela 8 – Matriz de Correlação de Pearson para os metais analisados no tecido muscular, tamanho e peso corporal de cada indivíduo.....	43
Tabela 9 – Concentração média de metais em tecido muscular (mg/kg^{-1}), \pm desvio padrão a montante dos pontos amostrais dos Rios Antas e Tega nas espécies de lambaris, jundiás e cascudos e valores máximos de ingestão permitidos pela legislação.....	47

LISTA DE SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CARVI	Campus Universitário da Região dos Vinhedos
CERAN	Complexo Energético Rio das Antas
CGH	Central de Geração Hidrelétrica
DRH	Departamento de Recursos Hídricos
EPA	Environmental Protection Agency
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
ICP-OES	Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado
LAPAM	Laboratório de Pesquisas Ambientais
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PIB	Produto Interno Bruto
PPGCAM	Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SIA	Sistema de Informação Ambiental
SMEWW	Standard Methods for Examination of Water and Wastew
UCS	Universidade de Caxias do Sul
UHE	Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Influência dos metais pesados no meio aquático	16
3.2 Uso dos metais e fontes poluidoras	18
3.3 Metais nos diferentes compartimentos ambientais	19
3.4 Toxicidade dos metais nos peixes e humanos.....	21
3.5 Legislação dos limites máximos de metais permitidos em peixes	25
3.6 Tipologia e ocorrências de peixes	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Área de estudo	29
4.2 Pontos de coleta e amostragem	33
4.3 Preparo das amostras	36
4.4 Determinação dos metais.....	37
4.5 Análise estatística.....	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 Organismos capturados e hábitos alimentares	40
5.2 Verificação do método analítico	41
5.3 Interação entre massa e comprimento com a bioacumulação de metais	42
5.4 Bioacumulação de metais nos diferentes hábitos alimentares	44
5.5 Análise dos metais pesados em peixes e valores máximos estabelecidos pelo Ministério da Saúde, através da RDC nº 42/2013 da Anvisa e do Decreto 55871/65	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
7 RECOMENDAÇÕES	51
REFERÊNCIAS	52
APÊNDICE A – RESUMO EXPANDIDO ENVIADO AO 14º SILUSBRA	61
APÊNDICE B – TRABALHO ENVIADO AO XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA & 2º CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE LIMNOLOGIA	66

APÊNDICE C – TRABALHO ENVIADO AO XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA & 2º CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE LIMNOLOGIA.....	67
APÊNDICE D – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA GESTÃO & SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.....	68

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o consumo mundial de peixes aumentou devido a seus benefícios à saúde humana, pois são fontes de proteínas e nutrientes (RAJESHKUMAR; LI, 2018). Esse consumo foi impulsionado também pelo crescimento populacional, pelo aumento da renda, pela expansão da produção de peixes e pelas redes de distribuição mais eficazes (FAO, 2014).

Existe, porém, uma resistência ao consumo de pescado, pois o benefício para a saúde tem sido influenciado negativamente pelas notícias de que o seu consumo expõe as pessoas a uma variedade de contaminantes químicos (PONTES et al., 2017). Dentre estes, os metais pesados se destacam, devido à capacidade de acumular nos tecidos dos organismos aquáticos e a possibilidade de atingir humanos por meio da cadeia trófica causando efeitos perigosos à saúde (MATHEWS; FISHER, 2009).

Os metais ocorrem naturalmente na natureza, porém as atividades antrópicas, como descarte de efluentes industriais, resíduos sólidos urbanos ou das áreas de plantio, têm contribuído para o aumento de suas concentrações em ecossistemas aquáticos, tornando-os biodisponíveis e por não serem biodegradáveis acumulam-se em componentes ambientais, como solo, água, animais, onde manifestam sua toxicidade (VOIGT; SILVA; CAMPOS, 2016).

Nos ecossistemas aquáticos, os metais tendem a acumular-se no sedimento, podendo ser liberados para a coluna d'água e incorporados pelos peixes que são considerados indicadores de contaminação por metais nos diferentes níveis tróficos (ROCHA, 2011). Portanto os peixes onívoros, carnívoros e detritívoros absorvem quantidades diferentes de metais através da dieta e da absorção da água contaminada (AMADO-FILHO; PFEIFFER, 1998).

Devido à capacidade de bioacumulação e biomagnificação trófica, os compostos metálicos oriundos das atividades antrópicas, particularmente da indústria metal-mecânica, acumulam-se em diferentes tipos de órgãos como fígado e brânquias do animal, e também no músculo que é a parte mais consumida pelos seres humanos, sendo essa acumulação influenciada tanto pelo tipo de metal quanto pela espécie de peixe (DORNELLES, 2016).

O estudo de metais nos peixes se faz necessário pois são organismos que fazem parte da dieta humana, e através deles pode-se obter informações da

biodisponibilidade dos elementos estudados no meio aquático (TOMAZELLI et al., 2003) e os possíveis danos à saúde humana e dos peixes por intoxicação.

Desta forma, o presente trabalho buscou avaliar a concentração de chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco no tecido muscular de três espécies de peixes classificados pelos seus hábitos alimentares como onívoros, carnívoros e detritívoros, em dois rios pertencentes da Bacia Hidrográfica Taquari/Antas, verificando se há existência de bioacumulação entre os mesmos, tendo em vista a expansão desse ramo de pesquisa em todo território brasileiro e a proteção da saúde da população consumidora destas espécies.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o nível de contaminação por chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn) em peixes, ocorrentes nos Rios das Antas e Tega - RS.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) avaliar a concentração de chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn) nas amostras de tecido muscular das espécies oriundas de reservatórios;
- b) investigar a correlação entre massa e comprimento dos peixes com a bioacumulação de metais;
- c) determinar se há diferença entre os peixes de distintos hábitos alimentares com a concentração de metais;
- d) verificar se os teores de metais nos espécimes estudados estão acima dos limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde, através da RDC nº 42/2013 da ANVISA e do Decreto 55871/65.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada a revisão bibliográfica acerca do tema de estudo proposto, abrangendo a temática da contaminação por metais nos peixes de diferentes hábitos alimentares, sua toxicidade e os limites de ingestão permitidos por lei.

3.1 Influência dos metais pesados no meio aquático

Os rios são ambientes formados pelo acúmulo de água em uma calha por gradiente gravitacional a qual pode ter várias origens, como afloramentos subterrâneos, chuvas, escoamento superficial, etc. (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006).

Os rios representam um ecossistema rico em interações dinâmicas e complexas, as quais são influenciadas por fatores bióticos, que constituem as relações entre os organismos desse ecossistema, como herbivoria, predação ou competição. Em contraponto os fatores abióticos influenciam padrões espaciais, físicos e químicos do ambiente (SILVEIRA, 2004). No entanto, um sistema lótico poluído pode afetar a dinâmica dessas interações, prejudicando espécies mais sensíveis frente a outras mais resistentes (MACHADO, 2016).

Em geral, condições abióticas são alteradas por ações antrópicas como a liberação de efluentes domésticos e industriais no corpo hídrico. No caso dos metais pesados, não é diferente, pois além da ação do intemperismo esses componentes químicos podem entrar em contato com o ambiente aquático por meio de atividades industriais (REPULA et al., 2012).

Em contato com o ecossistema aquático, os contaminantes estão sujeitos à degradação por processos bióticos e abióticos. Em certas situações, determinados metais são resistentes a este processo, o que faz com que permaneçam por longos períodos de tempo no corpo hídrico, provocando toxicidade ao ambiente (COSTA et al., 2008).

Os metais são introduzidos no ambiente de forma natural ou artificial. Naturalmente por chuvas, pela liberação e transporte dos mesmos da rocha matriz ou de outros fatores que o solo apresenta (LIMA, 2013). De modo artificial, por fontes antropogênicas, como: esgoto de zona urbana, efluentes das indústrias,

atividades agrícolas ou ainda de rejeitos de mineração e garimpo (GOMES; SATO, 2011).

Os recursos hídricos deterioram-se diariamente com o lançamento de contaminantes, sejam orgânicos ou inorgânicos, e dentre as fontes poluidoras inorgânicas, a contaminação por metais é a mais preocupante, devido à biomagnificação e à bioacumulação dos metais em organismos da cadeia trófica (SCHILLER et al., 2017).

Muitos estudos avaliam a contaminação dos corpos hídricos por metais através de monitoramento da coluna d'água, como descrito por Alves e Seo (2014) e Schons et al. (2014), no qual argumentam que o monitoramento das atividades antrópicas e das emissões de metais é de grande importância, pois os impactos no ecossistema aquático são de grande escala, onde avaliam desde o nível de teor de metais até os parâmetros físicos e químicos (turbidez, pH, e sólidos dissolvidos totais, entre outros).

Já Kang et al. (2009) evidenciam que as concentrações de metais encontradas na água são relativamente mais baixas do que as concentrações dos mesmos metais nos sedimentos. Isso ocorre porque a acumulação dos metais suspensos se deposita no fundo do corpo hídrico em cursos de baixa velocidade, sendo fonte de contaminantes (ROCHA, 2011). Além disso, a bioacumulação de substâncias nocivas, como os metais, por meio da cadeia trófica representa risco à biota e aos seres humanos que são os consumidores finais de organismos aquáticos, como os peixes (MACHADO, 2016; CORAMI et al., 2007; LAMELAS; SLAVEYKOVA, 2007).

Todas as formas de vida são afetadas pela presença de metais, mesmo pelos fundamentais, pois em concentrações elevadas representam riscos à sanidade do ecossistema aquático e intoxicação humana (GOBBI, 2007).

Os metais cobre e o zinco podem ser classificados como essenciais, pois possuem funções biológicas conhecidas e são constituintes obrigatórios para o metabolismo dos indivíduos, mas tornam-se potencialmente tóxicos devido a quantidade ingerida e ao tempo de frequência e exposição do organismo enquanto o níquel, chumbo, mercúrio e cromo são considerados não essenciais e nem benéficos são por não possuírem funções biológicas conhecidas (CASTRO, 2002).

Um organismo aquático pode apresentar dois tipos básicos de comportamento em relação aos metais: ou é sensível à ação tóxica de um

determinado metal ou não é sensível, mas o bioacumula potencializando seu efeito nocivo ao longo da cadeia alimentar, colocando em risco organismos situados no topo dessa cadeia (BRAGA et al., 2005).

Duas maneiras principais pelas quais os metais pesados entram na cadeia alimentar aquática são por consumo direto de água através das brânquias e por comida através do trato digestivo sendo que os níveis de metais encontrados nos peixes geralmente refletem os níveis encontrados em sedimentos, que são ótimos reservatórios de metais, e das águas dos locais aos quais os organismos pertencem (RAJESHKUMAR; LI, 2018).

A avaliação da concentração de poluentes em ambientes aquáticos em organismos vivos, ao invés do monitoramento da qualidade da água ou do sedimento, pode ser uma forma mais eficaz, por fornecer informações sobre a biodisponibilidade e bioacumulação de poluentes. Desta forma obtém-se detalhes com maior precisão sobre a área do local estudado e sobre como esses contaminantes são transferidos dentro da cadeia alimentar (ROCHA et al., 2015).

O aumento nas atividades agrícolas e industriais influencia diretamente a qualidade da água, por esse motivo o peixe pode ser utilizado como um indicador de qualidade ambiental na presença de metais pesados e como via de acesso destes ao homem (ABDEL-BAKI; DKHIL; AL-QURAI SHY, 2011).

3.2 Uso dos metais e fontes poluidoras

Entre os poluentes ambientais, os metais pesados são encontrados em concentrações elevadas por serem utilizados nos mais diversos ramos industriais, seja ela metalúrgica, de mineração ou de fertilizantes, pelas suas propriedades químicas e por estarem presentes nos efluentes domésticos (VIRGA; GERALDO; SANTOS, 2007).

A atividade industrial tem contribuído excessivamente na transferência dos metais pesados para o ecossistema aquático através de seus efluentes, essa contribuição excessiva é devido ao crescimento da produtividade e a expansão dos mais diferentes ramos de atividades (ROCHA; AZEVEDO, 2015).

O metal cobre II é empregado em várias atividades. Em sua forma metálica apresenta alta durabilidade resistência à corrosão e por isso é utilizado para produção de fios elétricos, lâminas e bastões (RODRIGUES; SILVA; GUERRA,

2012). Já os compostos de cobre são utilizados como fungicidas. Como exemplo, pode-se citar o sulfato de cobre, indicado para controlar diversas enfermidades dos vegetais. Além disso, é usado em piscinas para impedir o crescimento de algas e, é ainda utilizado, em tintas anti-incrustantes para pintura de cascos de embarcações (PEREIRA, 2004).

O zinco é considerado o vigésimo quinto elemento mais abundante na crosta terrestre e seu maior uso é na galvanização de produtos de ferro, proporcionando uma cobertura resistente à corrosão. É utilizado em baterias e fertilizantes, tintas, plásticos, borrachas, em alguns cosméticos como pós e bases faciais e produtos farmacêuticos (GOBBI, 2007).

Acredita-se que as indústrias metalúrgicas de fundição são as grandes responsáveis pela emissão de elementos metálicos como o cobre e o zinco no ambiente, através do lançamento de efluentes não tratados e pela emissão de gasosa desses metais (ROCHA, 2011).

Metais como chumbo e níquel (entre outros) são usados na fabricação de pilhas, baterias e de indústrias cerâmicas. Já o cromo em indústrias de curtimento de couros e tintas (ROCHA, 2011). O mercúrio, por sua vez, é usado no garimpo (JESUS et al., 2018), na fundição de metais, atividades industriais, entre outras (GARCIA, 2017).

Todas atividades antropogênicas, como indústrias galvânicas, de mineração, fundição de metais, queima de combustíveis fósseis, incineração de resíduos e uso de agrotóxicos, são consideradas uma fonte significativa de contaminação, através de seus efluentes quando não tratados e lançados em rios, causando alterações nos parâmetros físicos, químicos e biológicos do ecossistema aquático (ROCHA, 2011).

3.3 Metais nos diferentes compartimentos ambientais

A contaminação por metais pesados nos ecossistemas aquáticos resulta do potencial de acumularem-se em espécies deste meio, entrar na cadeia alimentar e causar sérios danos à saúde dos organismos expostos, inclusive da população humana, pois muitas espécies de peixes são consumidas pela população, principalmente a ribeirinha (HASHIM et al., 2014).

A dificuldade de obter-se dados de toxicidade e organismos aquáticos (como no fitoplâncton e zooplâncton) na busca de minimizar efeitos adversos a todos os

organismos, faz do peixe um modelo biológico importante pois apresenta características específicas como tamanho corporal, ciclo de vida longo, ampla distribuição geográfica e diferentes níveis tróficos, possibilitando a investigação de efeitos de bioacumulação e da biomagnificação (ENEJI; SHA'ATO; ANNUNE, 2011).

A bioacumulação aumenta seu efeito ao longo do tempo e advém tanto da exposição quanto da ingestão de elementos ou compostos, como os metais, que o organismo não tem capacidade de excretar (SCHWARZENBACH; GSCHWEND; IMBODEN, 2003).

Os metais dissolvidos na água são absorvidos pelos peixes através da via respiratória, dérmica ou digestiva e concentram-se em diferentes tecidos, principalmente o muscular, que é um potencial local de absorção dos elementos metálicos, e o consumido pela população humana (KEHRIG et al., 2011). Porém os peixes onívoros, carnívoros e detritívoros absorvem quantidades diferentes de metais através da alimentação conforme sua posição trófica (CAMPOS, 2015).

O estudo de diferentes níveis tróficos permite verificar a biomagnificação, por exemplo, de peixes detritívoros que absorvem certa quantidade de metais oriundos dos detritos de fundo, enquanto os onívoros e carnívoros absorvem metais tanto de origem animal quanto vegetal (FRANCALANZA, 2007).

A biomagnificação é o aumento sucessivo da concentração desses elementos ou compostos à medida que se examina organismos ao longo de uma dada cadeia alimentar (SCHWARZENBACH; GSCHWEND; IMBODEN, 2003; BAIRD; CANN, 2008).

Alguns organismos atuam como recicladores de metais retidos no sistema aquático, uma vez que a dieta de peixes do topo da cadeia é baseada em presas maiores que acumulam um teor de contaminação maior por um período superior que peixes menores, dentro da mesma população (LIMA, 2013).

Outras espécies de peixes incorporam os diferentes tipos de metais em diferentes concentrações, devido a fatores como metabolismo, habitat e parâmetros ambientais (YI; ZHANG, 2012).

Já outros detalhes, como tamanho, peso, sexo e período reprodutivo também são considerados parâmetros importantes para o entendimento dos níveis de metais nos peixes (GOMES; SATO, 2011; LIMA, 2013). Por isso, os estudos da contaminação por metais pesados em peixes apontam a biodisponibilidade desses

poluentes sendo de grande complexidade e importantes para a biota aquática (YI; ZHANG, 2012).

3.4 Toxicidade dos metais nos peixes e humanos

Os peixes são agentes de transferência dos metais pesados da água e sedimento para os seres humanos. Os efeitos desses elementos quando consumidos acima do limite estabelecido pelo Ministério da Saúde são classificados em agudos: quando provocam vômitos, diarreia, estomatite, tremores e até depressão, ou crônicos: agindo como neurotóxicos, carcinogênicos ou mutagênicos (HASHIM et al., 2017).

Diferentes espécies apresentam diferentes concentrações de metais por apresentarem características físicas distintas, tendo diferença na relação entre peso, comprimento e nível trófico. Essas diferenças tornam necessária a utilização de mais de uma espécie para avaliar se há bioacumulação de metais (CAMPOS, 2015).

O crescimento populacional junto ao desenvolvimento urbano, causam alterações no meio ambiente. Devido ao tipo de efluente tanto doméstico quanto industrial, principalmente de atividades galvanotécnicas, uma avaliação da concentração de metais oriundos desses efluentes potencialmente tóxicos, se faz necessária para indicar se o corpo hídrico e sua biota estão comprometidos (PAVIANI et al., 2013).

Estudos realizados no Brasil relatam contaminação por metais pesados, em peixes e produtos marinhos. Voigt, Silva e Campos (2016) avaliaram a bioacumulação dos metais cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), ferro (Fe) e alumínio (Al) nas brânquias de fígado de *Cyprinus carpio* coletados em águas do Reservatório de Alagados – Paraná, no período considerado seco na região, em 2013. Os metais Al, Fe Zn foram os que tiveram maiores concentrações encontradas nas amostras de brânquias e fígado apresentando os seguintes valores: Al (B= 156,8 μgg^{-1} e F= 181,5 μgg^{-1}), Fe (B= 572,1 μgg^{-1} e F= 2.154,8 μgg^{-1}) e Zn (B= 1.648,9 μgg^{-1} e F= 398,8 μgg^{-1}).

No entanto, Gomes e Sato (2011) descreveram que amostras de músculos da espécie de peixes *Prochilodus argenteus*, capturados nas águas do Rio São Francisco, a jusante da Represa de Três Marias – MG, nos períodos chuvoso e seco no ano de 2011, apresentaram teores de Zn, Cd, Cu e Ni abaixo dos limites

máximos de tolerância de contaminantes inorgânicos em alimentos para consumo humano de acordo com a portaria da ANVISA nº 685/98 e do Decreto 55871/65, havendo pequenas diferenças entre os períodos de chuva e de seca.

Lima et al. (2015) realizaram a pesquisa na Bacia do Rio Cassiporé, no norte do Amapá com 246 exemplares de peixes pertencentes a 55 espécies de níveis tróficos diferentes, em 2015. Os metais estudados foram cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), chumbo (Pb), zinco (Zn) e mercúrio (Hg) em tecido muscular e constataram que todos os eles apresentaram concentrações acima do limite legal em comparação com as concentrações estabelecidas pelo Ministério da Saúde.

Na China, Rajeshkuma e Li (2018) pesquisaram metais como cromo (Cr), cobre (Cu), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) em órgãos como fígado, brânquias e musculatura dos peixes *Cyprinus carpio* e *Pelteobagrus fluvidraco*, coletados na Baía Meiliang, Lago Taihu, em 2018, e este mesmo estudo indicou que esses pescados são seguros para a alimentação humana, pois as acumulações desses metais estão abaixo dos limites controlados pelo Chinese Food Health Criterion (1994), que informa que valores máximos ingeridos por adultos de Cu é de 1,5-3,0 mg/kg, de Pb 450 µg/kg, Cd 55 µg/kg e Cr é de 50-200 µg/kg.

A concentração de metais nos organismos está relacionada ao tempo de exposição, à dose recebida, à forma química e física do elemento e de como é ingerida pelo indivíduo. Tais elementos reagem no organismo humano, conforme suas propriedades de bioacumulação e persistência no ambiente, alterando os processos bioquímicos dos organismos (MACEDA-VEIGA; MONROY; SOSTOA, 2011).

O ser humano precisa de pequenas doses de alguns metais que são chamados de micronutrientes, entre eles estão o cobre, o ferro, o manganês e o zinco (MORAES; JORDÃO, 2002). Conforme a RDC nº 269 de 22 de setembro de 2005, publicada pela Anvisa, a ingestão diária recomendada (IDR) para adultos em dietas diárias para Cu é de 0,9 mg, para Fe é 14 mg, para Mn o valor é de 2,3 mg e para Zn apenas 7 mg, sendo que para gestantes, lactantes e crianças de 1 a 10 anos à variação de valores (ANVISA, 2005).

A ingestão direta de metais pesados, que não são essenciais, através da alimentação é um dos principais fatores que provocam distúrbios no metabolismo humano como o mercúrio, o chumbo, o níquel e o cromo (MUDGAL et al., 2010).

O cobre é um elemento essencial para o organismo e é facilmente regulado pelo metabolismo, sendo difícil seu acúmulo (LIMA et al., 2015). Existem poucos casos relatados sobre efeitos agudos do cobre. Porém, entre alguns relatos destacam-se queimação gástrica, náuseas, vômitos, diarreias, lesões no trato gastrointestinal e anemia. O efeito crônico é raramente diagnosticado, mas o Mal de Wilson é o responsável pelo acúmulo de cobre no fígado, no cérebro e nos rins (CHAVES, 2008).

O zinco também é um elemento essencial para a vida das plantas e dos animais (CHAVES, 2008). Está envolvido com o crescimento dos animais, sendo o metal mais utilizado como cofator de enzimas, proteínas, ácido nucleico, carboidratos e metabolismo lipídico. Controla a transcrição dos genes e outros processos biológicos que dão suporte à vida, porém, se torna tóxico quando as concentrações são elevadas no organismo (VOIGT; SILVA; CAMPOS, 2016), onde seus principais efeitos são fisionomia empalidecida, diarreia e anemia (LIMA, 2013).

A forma mais tóxica do mercúrio é o metilmercúrio, que é transformado por ação bacteriana, absorvido pelos peixes, sendo estes, apontados como a principal via de intoxicação do ser humano por mercúrio. No homem, quando é absorvido, acumula-se nos rins, no fígado e no sistema nervoso central, atuando como inibidor enzimático, inativando proteínas (MORGANO et al., 2005; JESUS et al., 2018).

A intoxicação dos indivíduos por mercúrio apresenta várias consequências tais como danos da visão e da audição, danos à sensibilidade ao toque e a perda do controle muscular (RIBEIRO, 2013).

O mercúrio (Hg) é um dos principais metais tóxicos no ambiente aquático, atingindo corpos d'água por meios naturais e antrópicos (CASTRO; HUBER, 2003). Os peixes são considerados a principal fonte de intoxicação humana (SPIRO; STIGLIANI; YAMAMOTO, 2009) pela capacidade de bioacumulação do mercúrio em organismos pequenos e biomagnificação em peixes predadores no topo da cadeia alimentar (AL-MUGHAIRI et al., 2013).

A contaminação dos recursos hídricos por chumbo interfere diretamente na cadeia alimentar desse ambiente, e que, através do consumo de peixes, é a principal entrada do contaminante no organismo humano. O chumbo prejudica o funcionamento dos rins, da medula óssea e do sistema nervoso, afetando as funções psicomotoras, neuromusculares, causando ainda cefaleia, alucinações, sendo responsável também por neoplasias (GARCIA, 2017).

Teores baixos de Cr^{+3} são essenciais para o ser humano, atuam em processos metabólicos, segundo a ANVISA (2005) a ingestão diária recomendada varia de 0,2 a 0,35 conforme faixa etária. Porém em altas concentrações e juntamente com o cromo metálico é tóxico ao organismo humano (SILVA; MOURA; MELLO, 2011). O íon Cr^{6+} é o mais tóxico, além de ser nefrotóxico, está ligado a doenças fatais como os tumores (OLIVEIRA; DEBATIN; VENTURELLI, 2017).

Podem ser absorvidos por via oral, respiratória ou dérmica, ocasionando dermatites, asma, distribuindo-se em todos os órgãos até a medula óssea, sendo absorvido rapidamente pela corrente sanguínea (TOVAR et al., 2015). E como todo elemento-traço, sua ampla distribuição no meio ambiente, tornou-se um problema para a saúde humana (OLIVEIRA; DEBATIN; VENTURELLI, 2017).

O metal níquel é considerado um elemento essencial para muitas espécies. Assim como os outros metais, a toxicidade depende da exposição e da forma química em que se encontra. Esse metal é capaz de formar compostos inorgânicos solúveis e insolúveis, sendo os solúveis os mais prejudiciais à saúde e enquadrados como carcinogênicos. Em humanos, a forma de ingresso é por ingestão, inalação e absorção dérmica e, uma vez dentro da célula, é disseminado rapidamente para os tecidos, atingindo principalmente os pulmões (NABINGER, 2017).

Alergia ao níquel é a reação mais comum quando ocorre exposição aguda. Porém, na exposição crônica, há problemas graves como doenças respiratórias, fibrose pulmonar, danos neurais, entre outros, e a exposição contínua pode levar ao câncer (MARCHETTI, 2014).

Portanto, a exposição e principalmente a ingestão excessiva de metais através do consumo de peixes, é potencialmente prejudicial à saúde humana, causando alterações no metabolismo que interferem na funcionalidade de cada órgão atingido (MARCHETTI, 2014).

A intoxicação por tais elementos pelos peixes de água doce provoca uma série de distúrbios como baixa fertilidade, redução da imunidade e da taxa de crescimento e doenças que podem levar à morte do indivíduo (LIMA, 2013).

Entre 2004 e 2005, aproximadamente 25 toneladas de peixes morreram na região do São Francisco – MG, onde uma análise preliminar realizada pela FEAM em amostras de sedimento e água coletadas em 23 locais ao longo do rio, demonstrou concentração elevada de zinco, cádmio e chumbo. De acordo com a Fundação, os três pontos mais críticos pertencem a córregos afluentes do rio São

Francisco. Apesar de ter sido comprovada a presença desses metais tanto na água como no sedimento, não existe relatos sobre a pesquisa de metais nos peixes que são consumidos e pescados no Rio São Francisco (GOBBI, 2007).

3.5 Legislação dos limites máximos de metais permitidos em peixes

Uma visão geral da concentração total de metais em uma população de peixes pode indicar contaminação ambiental e o limite máximo permitido para os metais pode variar entre os tipos de metais e as espécies de peixes, e são determinados pela maneira de consumo (BOSCH et al., 2016) em conformidade com a legislação.

Considerando a necessidade de constante atualização e ações no controle sanitário de alimentos, a ANVISA, através da RDC nº 269 de 29 de agosto de 2005, adotou valores de Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteínas, vitaminas e minerais para indivíduos conforme faixa etária, visando a proteção à saúde da população (ANVISA, 2005).

Mas aplicação de leis na gestão de limites máximos de aditivos inorgânicos permissíveis em alimentos, como os peixes, se faz necessária para incentivar os padrões normais de qualidade e diminuir os efeitos potenciais sobre a saúde do consumidor.

A Resolução da Diretoria Colegiada - RDC No - 42, de 29 de agosto de 2013 (ANVISA, 2013) regulariza os limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos (Tabela 1), sendo que um dos critérios determina que os níveis de contaminação deverão ser os mais baixos possíveis.

Porém, essa resolução não aborda limites máximos para cobre, cromo, níquel e zinco, mas o Decreto Nº 55.871, de 26 de março de 1965 (BRASIL, 1965), determina esses limites, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos

(continua)

Contaminante	Categoria	Resolução/Decreto	Limites em mg/kg
Cobre	Qualquer alimento	A	30,00
Chumbo	Peixes crus, congelados	B	0,30
Cromo	Qualquer alimento	A	0,10

(conclusão)

Contaminante	Categoria	Resolução/Decreto	Limites em mg/kg
Mercúrio	Peixes não predadores	B	0,50
Mercúrio	Peixes predadores	B	1,0
Níquel	Bebidas	A	0,10
	Outros alimentos		5,0
Zinco	Bebidas	A	5,0
	Outros alimentos		50,0

Fonte: A: Decreto nº 55.871/65 (BRASIL, 1965); B: RDC nº 42/2013 (ANVISA, 2013). Adaptado pela autora.

Esses valores referem-se aos contaminantes inorgânicos adicionados aos alimentos (incluindo as bebidas) com a finalidade de conservar ou intensificar suas propriedades, sem prejudicar seu valor nutritivo e são regulamentados com a visão de minimizar os riscos à saúde humana (BRASIL, 1965).

3.6 Tipologia e ocorrências de peixes

Os peixes constituem o grupo mais diversificado entre os vertebrados, com uma diversidade que varia de 28.000 a 30.000 espécies conhecidas (FROESE; PAULY, 2007). O sucesso na ocupação e manutenção do equilíbrio populacional deste grupo, possivelmente está relacionado com a existência de grande variedade de táticas alimentares e reprodutivas (PESSOA et al., 2013).

Os peixes ósseos constituem o mais rico táxon de vertebrados do planeta, representando juntos mais da metade de todas as espécies de Chordata conhecidas. Estão distribuídos em grupos como Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes, Cyprinodontiformes e Perciformes (REIS et al., 2016).

A ordem Characiformes é formada pelo maior número de peixes de água doce, compreendendo 23 famílias, distribuídas no continente americano e África. Nesta ordem estão incluídos os peixes conhecidos vulgarmente como lambaris e birus, com poucos centímetros de comprimento, e dourados e traíras que facilmente alcançam mais de 50 cm de comprimento. Podem ser encontradas em ambientes, tanto lótico quanto lêntico, de hábitos alimentares variados, de zooplâncton e zoobentos a partes de plantas aquáticas, sendo considerados onívoros (MALABARBA et al., 2013). Apresentam corpo revestido de escamas, pré-maxilar

fixo ao crânio, nadadeira pélvica no abdômen e uma nadadeira sem raios (adiposa) entre a dorsal e ventral (CAMPECHE et al., 2011).

A ordem Siluriforme forma um grupo grande e diverso, possuindo grupos na América do Sul e ampla distribuição mundial. Esse grupo habita o fundo dos rios e riachos, ficando escondido entre rochas e vegetação. Possui forma e tamanho variado e hábito geralmente noturno. Não possuem escamas (BORBA, 2018).

Dentro dessa ordem, pertencem mais de 3500 espécies distribuídas em 37 famílias, sendo as mais conhecidas a Heptapteridae e Loricariidae. A espécie mais conhecida pertencente à família Heptapteridae é o jundiá. Possui a cor marrom claro e cinza, o corpo é coberto uma pele courácea e é alongado. Caracteriza também este grupo os olhos grandes e boca larga, com pequenos dentes inseridos em placas dentíferas. As nadadeiras dorsal e peitoral apresentam espinhos não pungentes enquanto a nadadeira caudal bifurcada com lobos arredondados (AGOSTINHO et al., 2010).

Os jundiás são via de regra piscívoros, alimentando-se também de moluscos e crustáceos. Possuem duas épocas reprodutivas (verão e primavera) com desova parcelada e fecundação externa. São usados na piscicultura e encontrados em rios, lagoas e arroios, adaptando-se a diferentes tipos de fundo (rochosos ou matacões), possuindo hábitos noturnos. São encontrados em todas as bacias hidrográficas brasileiras, porém em abundância na bacia do Rio das Antas (AGOSTINHO et al., 2010).

A família Loricariidae, é a segunda mais numerosa entre os peixes observados na maioria dos rios brasileiros (DELAPIEVE, 2014). Esses peixes são conhecidos popularmente como cascudos, e são caracterizados por possuírem o corpo coberto por placas ósseas com exceção da região ventral da cabeça e partes do abdômen, seu corpo é robusto, com espinhos na região opercular, possuem nadadeiras peitorais, pélvicas, anal e caudal (MALABARBA et al., 2013).

No Rio Grande do Sul distribui-se principalmente na Bacia Taquari/Antas, habitando a calha dos rios com correnteza média a forte e de fundo pedregoso. São encontrados em abundância à montante e à jusante de reservatórios de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e seu hábito alimentar é predominantemente detritívoro (AGOSTINHO et al., 2010).

A ictiofauna da Bacia Taquari/Antas é pouco conhecida. Um estudo revelou a ocorrência de apenas 58 espécies autóctones e 4 espécies exóticas (FEPAM,

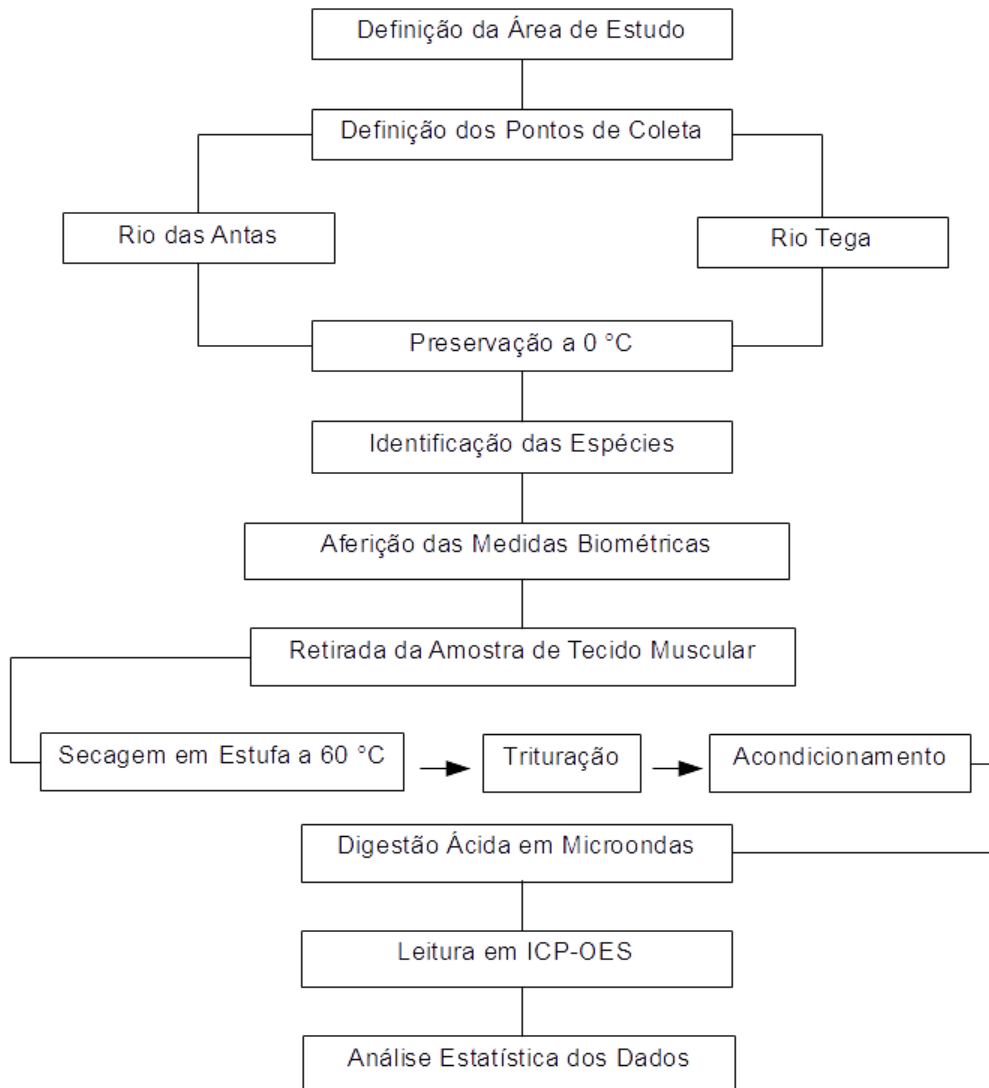
2018). O estudo citado acima iniciou-se com a inserção de dados ictiofaunísticos provenientes dos relatórios quinzenais de monitoramento ambiental feito pelos empreendimentos hidrelétricos, mantendo assim, atualizado o banco de dados do SIA Hidrelétricas, (Sistema de Informação Ambiental do Instituto de Saneamento Ambiental/UCS) que é uma plataforma on-line com acesso remoto e que armazena informações referentes ao monitoramento ambiental.

Segundo esses relatórios, na Usina Hidrelétrica Monte Claro foram registrados 53 espécies de peixes em seu ponto mais próximo ao barramento, onde os peixes *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) (54 vezes), *Hemiancistrus punctulatus* (Cardoso & Malabarba, 1999) (60 vezes), *Hypostomus commersoni* (Valenciennes, 1836) (50 vezes) e *Loricariichthys anus* (Valenciennes, 1840) (50 vezes) foram encontrados durante o período (2002-2015) de monitoramento pré e pós operacional (DETONI, 2015).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A seguir serão apresentadas a descrição da área de estudo, os pontos de coletas bem como as metodologias utilizadas para as coletas, caracterização e análises das amostras. A Figura 1 apresenta os passos metodológicos utilizados no estudo.

Figura 1 – Fluxograma dos passos metodológicos aplicados no estudo



Fonte: elaborada pela autora.

4.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do sistema Taquari-Antas está situada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, e abrange uma área de 26.428 km², o que

equivale a 9% do território estadual, nos quais 98 municípios estão inseridos total ou parcialmente. Tem seu limite ao norte com a bacia do rio Pelotas, a oeste e ao sul com a bacia do rio Jacuí e a leste com as bacias dos rios Caí e Sinos (FEPAM, 2018).

O Rio Taquari-Antas tem suas nascentes localizadas no extremo leste do Planalto dos Campos Gerais, neste trecho recebe a denominação de rio das Antas, até a confluência com o rio Carreiro, nas adjacências do município de São Valentim do Sul, onde passa a ser denominado como Taquari, posteriormente desembocando no rio Jacuí, junto à cidade de Triunfo. Devido a sua amplitude, a bacia hidrográfica Taquari-Antas possui características físicas e antrópicas diferenciadas: áreas com alto índice de industrialização, com predomínio de produção primária e zonas intensamente urbanizadas (FEPAM, 2018).

O trecho nomeado como Rio das Antas está situado inicialmente em uma região de baixa densidade populacional, na qual as atividades básicas são a pecuária e a agricultura. No entanto, conta com polos industriais altamente desenvolvidos, como os municípios de Caxias do Sul, Farroupilha, Bento Gonçalves e Garibaldi, que concentram em torno da metade dos 1.135.000 habitantes que ocupam a bacia Taquari-Antas e 57% dos estabelecimentos industriais (LARENTIS, 2004; LEITE et al., 2003). É significativo pensar que a bacia detém cerca de 9% do território estadual, aproximadamente 16% da população e concentra cerca de 20% do PIB (LEITE et al., 2003).

As águas da bacia Taquari-Antas são usadas, em geral, para o abastecimento público e industrial, irrigação, produção de energia e aquicultura (SEMA, 2002). No entanto, a qualidade das águas são afetadas principalmente por alguns de seus formadores, como os rios Forqueta, Guaporé, Carreiro e Prata (ou Turvo), que percorrem uma zona industrial de alto potencial poluidor e por arroios que drenam importantes áreas urbanas, como o Burati (Bento Gonçalves e Farroupilha), Tega (Caxias do Sul), Biazus (Farroupilha) e Marrecão (Garibaldi) (LARENTIS; COLLISCHONN; TUCCHI, 2008).

A vegetação apresenta três regiões fitogeográficas associadas à Mata Atlântica: a Floresta Ombrófila Mista, a Floresta Estacional Decidual e as Savanas (Campos de Altitude e Campos do Planalto Médio). As características geomorfológicas, com vales estreitos e profundos e uma rede de drenagem densa, propiciaram a conservação do patrimônio ecológico da Bacia (FEPAM, 2018).

A região onde está inserida a bacia hidrográfica Taquari-Antas apresenta, segundo a classificação de Koppen, dois tipos climáticos: clima subtropical ou virginiano e clima temperado moderado chuvoso (FERRI; TOGNI, 2012).

Cada bacia hidrográfica possui ictiofauna específica, decorrente de fatores ecológicos e zoogeográficos ou ainda, a ação do homem na introdução de novas espécies (BRITSKI, 1993).

A sub-bacia do Rio Tega tem sua nascente no perímetro urbano do município de Caxias do Sul/RS, e é considerada um importante afluente da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas. A foz do Rio Tega encontra o Rio das Antas após percorrer 34 km de área urbana, nos limites dos municípios de Flores da Cunha e Nova Pádua (PAVIANI et al., 2013). A sub-bacia possui um perímetro de 116,81 km e drena uma área de 294,76 km², o que corresponde à parte dos municípios de Caxias do Sul, Flores da Cunha e Nova Pádua (CORNELLI et al., 2016).

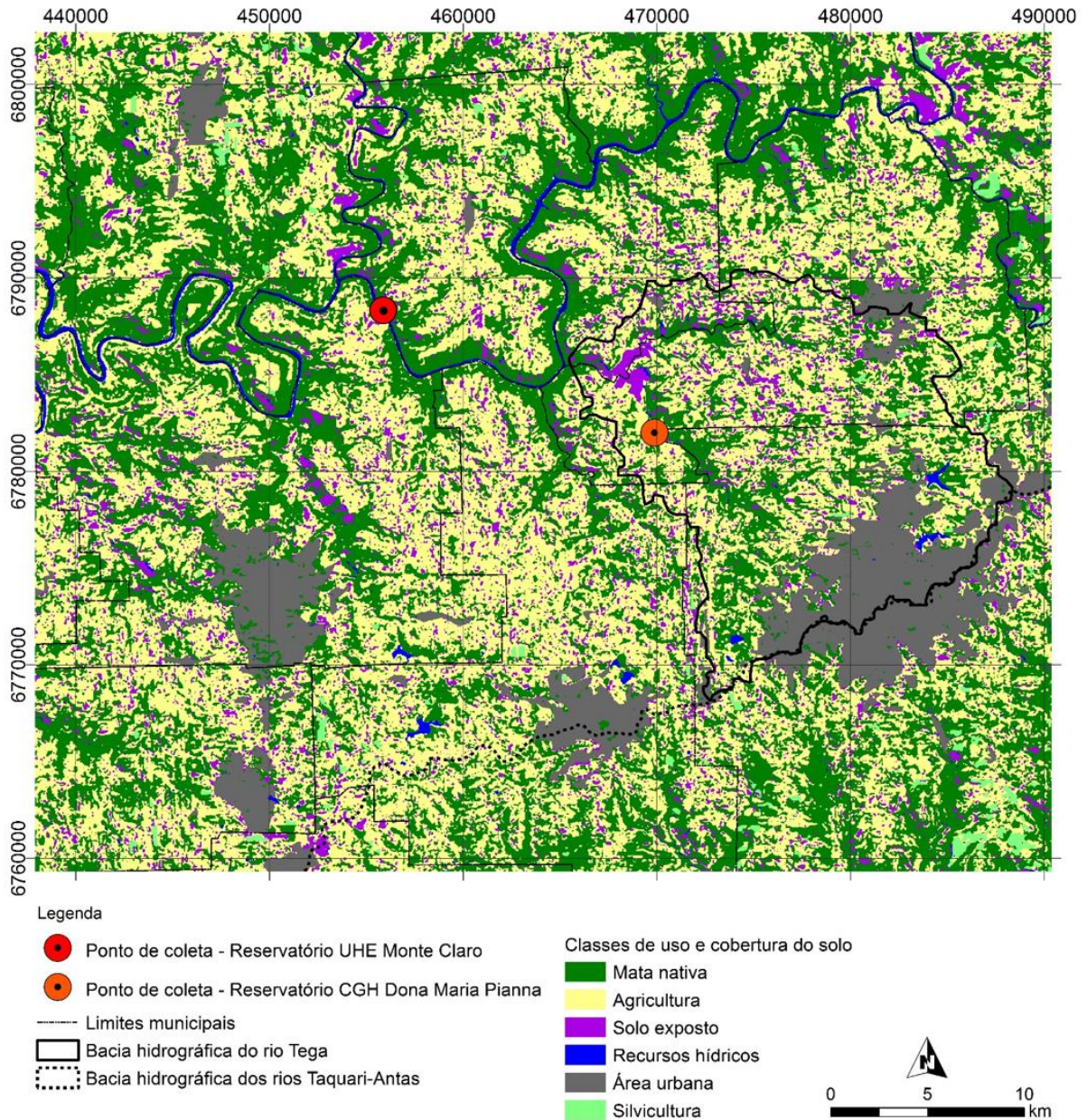
Cerca de 40% da área da sub-bacia do Rio Tega está inserida no perímetro urbano de Caxias do Sul. Essa região corresponde às principais cabeceiras formadoras do rio. Nesse fragmento, o corpo hídrico recebe o lançamento da maior parte dos efluentes domésticos e industriais, servindo como principal canal para afastamento dos mesmos (CORNELLI et al., 2016). Sutil et. al. (2018) apontam que o Rio Tega causa reflexos no Rio das Antas, com relação à presença de coliformes fecais e o possível carreamento de metais pesados provenientes da intensa atividade metalúrgica da cidade de Caxias do Sul, sendo responsável por drenar a metade norte da mesma cidade.

O processo de urbanização acelerada, a intensificação das indústrias, a ampliação da agricultura irrigada dentre outras atividades antrópicas, aumentaram a demanda de água tanto para consumo direto como para a utilização na produção agrícola, na dessedentação dos animais ou para uso de lazer (CORNELLI et al., 2016). A qualidade da água de uma bacia hidrográfica está relacionada com fatores naturais e antrópicos (águas residuais não tratada, uso de fertilizantes e poluição industrial (SCHMITZ, 2017).

Os dados de uso e ocupação de solo constituem elementos básicos para o planejamento e ordenação do território. Esses dados mostram as atividades humanas que levam a fontes poluidoras e é um elo entre os meios de informações sobre condições biofísicas e socioeconômicas (CORNELLI et al., 2016). As formas de uso e ocupação são identificadas pelo tipo de uso e caracterizadas pela

intensidade de manejo e quantificada pela área ocupada e tipo de ocupação (SCHMITZ, 2017), conforme Figura 2.

Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari/Antas e Rio Tega, juntamente com os pontos amostrados



Fonte: ISAM - UCS, 2018. Elaborado por: Geise Macedo dos Santos.

A qualidade da água está relacionada com o equilíbrio entre os fatores naturais e antrópicos. Para avaliar esse equilíbrio, surge como ferramenta o mapeamento do uso e ocupação do solo (VON SPERLING, 2005).

Através do mapeamento pode-se observar a perda da biodiversidade vinda de desmatamentos, agricultura, pecuária e também pela urbanização de espaços.

Os problemas de contaminação de água, geralmente provém, da área urbana com o despejo de resíduos domiciliares e industriais sem tratamento ou com tratamento incorreto e da área agropastoril através dos agroquímicos (CORNELLI et al., 2016).

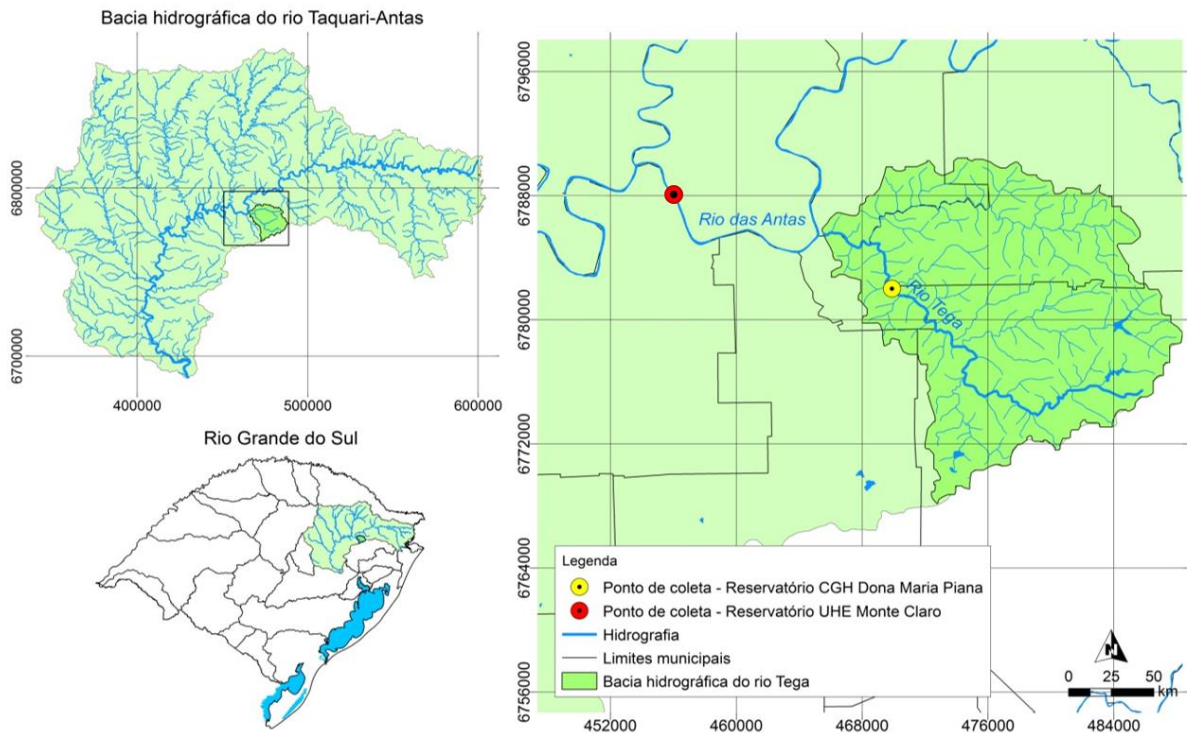
Os recursos hídricos atingidos por tais contaminantes apresentam forte odor e presença de espumas, além disso, a drenagem dos solo tanto das áreas urbanas quanto rurais contribuem para a degradação, pois a chuva arrasta a matéria orgânica, partículas do solo e resíduos industriais aumentando assim, a concentração dos poluentes e atingindo a biota (CORNELLI et al., 2016).

4.2 Pontos de coleta e amostragem

Para a elaboração do presente estudo foram selecionados dois pontos de coletas distintos: um ponto no Rio das Antas que foi selecionado por ser a jusante do exutório do Rio Tega e outro ponto no Rio Tega por ser receptor de efluentes domésticos, industriais e rurais da região de sua abrangência.

As amostras de peixes provenientes do Rio das Antas foram coletadas a jusante da casa de máquina da UHE Castro Alves e a montante da barragem Monte Claro, em outubro 2017, esse ponto de coleta localiza-se nas coordenadas 455.395 X e 678.923 Y e as amostras dos peixes provenientes do Rio Tega, foram coletadas a montante da barragem CGH Dona Maria Pianna, em outubro de 2018 nas coordenadas 470.021 X e 678.202 Y, conforme Figura 3.

Figura 3 – Mapa da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e do Rio Tega e pontos de coleta das amostras



Fonte: ISAM - UCS, 2018. Elaborado por: Geise Macedo dos Santos.

Para a coleta dos peixes tanto no Rio das Antas quanto no Rio Tega, foram utilizadas redes, instaladas ao entardecer, utilizando barco movido a motor de popa, em local sugerido por pescadores da região, permanecendo por aproximadamente 12 h e retiradas ao amanhecer. As redes de espera utilizadas possuem malha de 1,5 cm entre nós adjacentes, 10 m de comprimento e 2,40 m de altura (Figura 4).

Figura 4 – Fotografias do apetrecho de pesca (rede) utilizado para captura dos peixes



Fonte: registradas pela autora.

Na coleta realizada no Rio das Antas foram capturados 85 peixes e no Rio Tega 46 peixes. A escolha dos peixes levou em conta espécies nativas, de grande

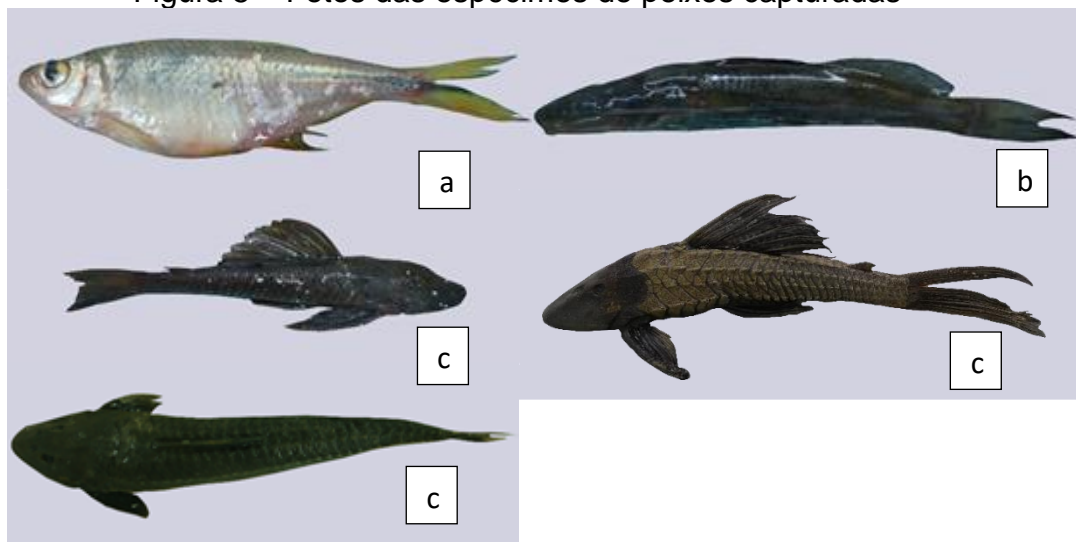
abundância na bacia, geralmente as mais consumidas pela população ribeirinha, e seu hábito alimentar.

Para a avaliação da concentração de metais em peixes foi selecionado um total de 30 amostras, 15 no Rio das Antas e 15 no Rio Tega sendo 05 indivíduos cada espécie de diferentes hábitos alimentares. Os espécimes de lambaris coletados em ambos os rios foram identificadas como *Astyanax sp* representando os onívoros, os jundiás foram identificados como *Rhandia quelem* representando os carnívoros, em ambos os rios e os espécimes de cascudo coletados no Rio das Antas foram identificadas como *Loricariichtys anus*, *Hemiancistrus punctulatus*, *Hypostomus commersoni*, e os espécimes coletados no Rio Tega como *Loricariichtys anus*. Estes selecionados para representar os detritívoros.

Os peixes utilizados para o presente trabalho foram acondicionados em caixa térmica com gelo. As amostras presas aos equipamentos de pesca que se encontravam vivas foram devolvidas próximo ao local onde foram capturadas e as amostras retiradas mortas, foram enterradas em local apropriado.

As amostras de lambaris, jundiás e cascudos (Figura 5) foram levadas ao Laboratório de Biologia do CARVI, onde foram pesadas em balança semianalítica, feita a medida do comprimento e mantidas refrigeradas até o processamento. Para a identificação das espécies foi utilizado como referência o trabalho de Agostinho et al. (2010).

Figura 5 – Fotos das espécimes de peixes capturadas



Fonte: registradas pela autora.

Legenda: (a) lambaris; (b) jundiás; (c) cascudos.

4.3 Preparo das amostras

Para a quantificação dos metais biodisponíveis, foram retirados cerca de 2 g de tecido muscular, sem pele da região dorsal entre a nadadeira dorsal e caudal de cada espécime, com o auxílio de um bisturi com lâmina de aço inoxidável, como descrito por Lima et al. (2015). A amostra foi seca em estufa a 60 °C, por um período de 24 h, até peso constante, e triturada em um microprocessador, conforme adaptação do método de Carvalho et al. (2000).

A determinação dos metais no tecido muscular foi realizada através de uma digestão ácida, onde foi utilizada 0,3 g da amostra seca, juntamente com uma mistura de 6 mL de HNO₃, marca Merck com grau de pureza 99%, e 2 mL de H₂O₂ 30% (v/v) da marca Merck com grau de pureza 90%, baseada no método 3052B da Environmental Protection Agency (EPA) de 1996, e aquecida em micro-ondas, que seguiu programação de aquecimento, conforme Tabela 2. As soluções finais foram então filtradas e avolumadas para 20 mL com água Milli-Q e mantidas em balão volumétrico até a leitura dos metais. As digestões de cada amostra foram realizadas em triplicata.

Tabela 2 – Programação de aquecimento do micro-ondas para digestão das amostras

Etapa	Temperatura (°C)	Tempo (min)
1	0 – 180	15
2	180	10
3	180 até temperatura ambiente	≈ 40

Fonte: elaborada pela autora.

Para evitar contaminações, toda a vidraria utilizada foi previamente lavada com solução de Extran Neutro 10% (v/v), e enxaguada com água destilada e com água Milli-Q. Em seguida, foi descontaminada em banho ácido de HNO₃ 10% (v/v), permanecendo submersa durante 24 h e, enxaguada com água Milli-Q, secas em estufa a 60 °C e, posteriormente, mantidas em local fechado. Após cada trituração, o microprocessador foi lavado com solução de ácido nítrico a 10% (v/v) e em seguida com água Milli-Q para evitar contaminação cruzada entre as amostras, seguindo o método 3052B da Environmental Protection Agency (EPA) de 1996.

4.4 Determinação dos metais

A quantificação dos metais foi realizada por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), ICAP 7000 series, da marca Thermo Scientific, através de leitura axial por ser mais sensível, pelo Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais (LAPAM) da UCS, fazendo uso da metodologia 3120-B da Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (SMEWW) de 2017.

O sistema foi calibrado a partir de duas curvas de calibração. A primeira curva foi realizada com a solução padrão mercúrio a 1000 mg/L, nas concentrações de 0,01 – 0,025 – 0,050 – 0,080 – 0,1 mg/L. Para a segunda curva foi utilizada uma solução padrão multielementar dos metais (chumbo+cobre+cromo+níquel+zinco) a 1000 mg/L, nas concentrações de 0,01 – 0,025 – 0,050 – 0,080 – 0,1 mg/L.

A qualidade dos resultados analíticos foi acompanhada do uso de um branco. O mesmo foi obtido através da quantificação dos teores de metais presentes em uma amostra de peixe – amostra denominada “branco”. Para a quantificação do mercúrio, a amostra “branco” foi contaminada com a adição de 2,88 mgHg/kg do elemento químico **mercúrio**, através do padrão de mercúrio. Para quantificar os demais metais (chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco), a amostra “branco” foi contaminada com a adição de 2,71 mg/kg através do padrão “mix” de elementos.

O estudo da recuperação dos elementos foi realizado entre as leituras das amostras fortificadas (contaminadas) e as leituras das amostras de tecido muscular de peixes.

4.5 Análise estatística

Todas as análises estatísticas foram processadas no programa estatístico SPSS (do inglês, Statistical Package for the Social Sciences, versão 23) fornecido pela IBM.

Para análise dos teores de chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco nas amostras de tecido muscular das espécies de peixes avaliadas, foi utilizada a análise descritiva.

Para identificar se ocorre, ou não, relação de bioacumulação dos metais nas espécies estudadas foi realizada a análise de variância (ANOVA), além de aplicado

o teste de Tukey. As variáveis numéricas de massa e comprimento em com a bioacumulação de metais, foram submetidas a um teste de correlação de Pearson.

O método estatístico adotado para verificar se os teores de metais nos espécimes estudados, apresentavam valores acima dos limites estabelecidos pela legislação vigente foi o da média das amostras com desvio padrão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados parciais obtidos neste trabalho estão apresentados na forma de resumos submetidos a eventos técnico científicos e artigo submetido a periódico. Os resultados completos estão apresentados em subcapítulos.

As publicações submetidas a eventos técnico científicos resultantes deste trabalho estão listadas abaixo e apresentadas em apêndice:

a) AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS EM ESPÉCIES DE PEIXES COLETADAS NO RIO TEGA, RS - BRASIL.

- Submetido em: 15/04/2019

- Aceito em: 22/05/2019

- Previsão de publicação: As comunicações completas poderão à posteriori ser publicadas na revista Recursos Hídricos ou na revista de Gestão Costeira Integrada até ao dia 30 de setembro.

* Trabalho apresentado no Apêndice A juntamente com o comprovante de aceite do mesmo.

b) ANÁLISE DA PRESENÇA DE CROMO E COBRE EM AMOSTRAS DE ÁGUA E DE TECIDO MUSCULAR DA ESPÉCIE RHAMDIS QUÉLEN: ESTUDO DE CASO EM UM RESERVATÓRIO DO RIO DAS ANTAS - RS

- Submetido em: 15/05/2019

- Aceito em: 27/06/2019

- Previsão de publicação: até 30/10/2019

* Trabalho apresentado no Apêndice B juntamente com o comprovante de aceite do mesmo.

c) AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE COBRE E CROMO EM AMOSTRAS AMBIENTAIS E DE PEIXES ORIUNDAS DO RESERVATÓRIO DE UMA CGH À JUSANTE DE ÁREA DENSAMENTE URBANIZADA E INDUSTRIALIZADA.

- Submetido em: 15/05/2019

- Aceito em: 27/06/2019

- Previsão de publicação: até 30/10/2019

* Trabalho apresentado no Apêndice C juntamente com o comprovante de aceite do mesmo.

5.1 Organismos capturados e hábitos alimentares

O comportamento alimentar de algumas espécies de peixes, como os lambaris, pode estar relacionado com a variação de alimentos disponíveis e diferenças sazonais. Essas espécies são conhecidas como oportunistas, pois aproveitam todos os recursos disponíveis, dificultando assim a classificação deles em grupos tróficos (CORRÊA; SILVA, 2010).

De acordo com Gomiero e Braga (2005), as espécies de lambaris são consideradas também onívoras sendo o nível trófico mais comum para essas espécies, pois se alimentam tanto de vegetais como de restos de animais. Essas espécies pertencem à ordem Characiformes.

Os jundiás são espécies dulcícolas, possuem hábitos noturnos com preferência por locais calmos e profundos, são piscívoros/carnívoros, alimentando-se de outros peixes, como lambaris, e onívoros, alimentando-se também de vegetais, moluscos e crustáceos (GUERINI; PRADO; PASSOS, 2014).

Em decorrência do hábito alimentar, os cascudos são considerados detritívoros e possuem um papel importante na reciclagem da matéria orgânica encontrada nos lodos em fundos dos rios, ajudando as bactérias na decomposição do substrato (BUENO; OLIVEIRA; CHELLAPPA, 2017). Ambos (jundiás e cascudos) pertencem à ordem Siluriforme.

A identificação das espécies coletadas para esse trabalho, seus hábitos alimentares e local da coleta estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Espécie, hábitos alimentares e local da coleta

Espécie	Hábitos Alimentares	Espécimes por local de coleta	
		Rio das Antas	Rio Tega
<i>Astyanax</i> sp	Onívoro	5	5
<i>Rhamdia quelen</i>	Carnívoro	5	5
<i>Loricariichthys anus</i>	Detritívoro	3	5
<i>Hemiancistrus punctulatus</i>	Detritívoro	1	0
<i>Hypostomus commersoni</i>	Detritívoro	1	0

Fonte: elaborada pela autora.

5.2 Verificação do método analítico

O estudo de recuperação dos metais decompostos foi realizado entre as leituras da amostra fortificada (contaminada) e as leituras da amostra branco. Sendo adicionado 2,71 mg/kg do mix de elementos para Pb, Cu, Cr, Ni e Zn sugerindo a porcentagem, e para mercúrio a adição de 2,88 mg Hg/kg do elemento *mercúrio* através do padrão mercúrio. O cálculo para a avaliação do valor recuperado segue na Tabela 4.

Tabela 4 – Cálculo para a avaliação do valor recuperado para cada metal estudado

2,71 mg/kg	100%
Amostra fortificada – (menos)	
Resultado do branco	% de recuperação

Fonte: elaborada pela autora.

Os resultados obtidos demonstraram que a adaptação feita no método de recuperação dos metais, não prejudicou os demais resultados, uma vez que não ocorreu perda de metais permanecendo dentro dos limites de 95 – 113%, conforme apresentado no Tabela 5.

Tabela 5 – Valor de recuperação de cada metal estudado

Metal estudado	Branco - matriz peixe (mg/kg)	Resultado Amostra Fortificada	% de recuperação
Pb	0,2704	2,8612	95,3
Cu	2,306	5,1458	104,4
Cr	0,7952	3,8621	112,7
Hg	0,3499	3,9708	108,6
Ni	1,0178	3,2057	99,09
Zn	46,5172	49,1188	95,68

Fonte: elaborada pela autora.

Segundo Furtado (2007), a faixa de 70 e 120% é aceitável para a maioria dos processos analíticos de validação em cada elemento estudado, portanto os valores obtidos encontram-se dentro da faixa de recuperação aceitável, tornando assim, esses valores significativos.

5.3 Interação entre massa e comprimento com a bioacumulação de metais

Devido à variedade de peso e tamanho entre os indivíduos da mesma ordem capturados nos locais amostrados, os mesmos foram agrupados conforme seus hábitos alimentares. Os dados biométricos estão descritos na Tabela 6. As médias das concentrações de metais nos espécimes são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 6 – Dados biométricos dos indivíduos conforme seus hábitos alimentares

Local de Coleta	Hábito Alimentar	n	Peso Corporal (g)	Tamanho (cm)
Rio das Antas	Onívoro	5	20 - 25	11 - 13
Rio das Antas	Carnívoro	5	15 - 1070	13 - 50
Rio das Antas	Detritívoro	5	200 - 820	25 - 47
Rio Tega	Onívoro	5	10 - 15	6 - 8
Rio Tega	Carnívoro	5	65 - 160	19 - 24
Rio Tega	Detritívoro	5	70 - 1500	20 - 55

Fonte: elaborada pela autora.

Observando a Tabela 6, percebe-se grande variação de tamanho dos indivíduos pertencentes às espécimes carnívoras e detritívoras, isto ocorre, provavelmente, devido ao fato desses indivíduos serem mais velhos.

Tabela 7 – Média das concentrações de metais no tecido muscular das espécimes coletadas conforme seus hábitos alimentares

Local de Coleta	Hábito Alimentar	n	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Rio das Antas	Onívoro	5	1,88 ± 0,43	1,13 ± 0,17	2,65 ± 4,14	50,15 ± 11,35
Rio das Antas	Carnívoro	5	1,10 ± 0,25	0,76 ± 0,11	1,28 ± 0,29	32,91 ± 3,99
Rio das Antas	Detritívoro	5	2,65 ± 2,14	1,58 ± 0,82	1,95 ± 1,86	35,57 ± 14,24
Rio Tega	Onívoro	5	5,45 ± 0,77	2,32 ± 2,21	2,92 ± 1,38	148,04 ± 40,5
Rio Tega	Carnívoro	5	1,48 ± 0,16	1,17 ± 0,53	0,96 ± 0,26	35,09 ± 4,21
Rio Tega	Detritívoro	5	2,83 ± 2,17	1,23 ± 0,78	1,44 ± 0,62	34,51 ± 15,74

Fonte: elaborada pela autora.

Observando os resultados da Tabela 7, nota-se que as espécimes onívoras possuem maiores concentrações na maioria dos metais analisados, um dos prováveis fatos dessas condições, é devido as espécimes estarem mais tempo nesses habitats em contato por mais tempo com a água e alimentos também com concentrações elevadas desses metais, portanto acumulando maior quantidade dos mesmos.

Para verificar a correlações entre os parâmetros biométricos de peso e comprimento e a bioacumulação dos metais no tecido muscular das espécies analisadas utilizou-se a Correlação de Pearson.

Comparando-se todos os peixes de todos os rios, não existe uma correlação entre as espécimes e seus hábitos alimentares.

Por outro lado, foi constatado que ocorre correlação entre os espécimes onívoras dos dois rios, sendo que para massa e cobre obteve-se o valor de $r = -0,907$ e massa e zinco $r = -0,855$ e para comprimento e cobre tem-se $r = -0,944$ e comprimento e zinco $r = -0,855$. Consideram-se correlações fortes e inversas, pois quando o teor do metal é maior, menor é o comprimento e a massa do indivíduo (Tabela 8).

Tabela 8 – Matriz de Correlação de Pearson para os metais analisados no tecido muscular, tamanho e peso corporal de cada indivíduo

	Massa	Comprimento	Cobre	Cromo	Níquel	Zinco
Massa	1					
Comprimento	0,980	1				
Cobre	-0,907	-0,944	1			
Cromo	-0,450	-0,425	0,508	1		
Níquel	-0,155	-0,135	0,119	0,260	1	
Zinco	-0,855	-0,895	0,918	0,274	-0,029	1

Fonte: elaborada pela autora.

A associação entre peso e comprimento interferindo na acumulação dos metais, em peixes, já foi relatada por Sukekava (2014). Além disso, esse autor aponta outros fatores que influenciam na absorção e acumulação dos metais pesados, como hábitos alimentares e idade do indivíduo. Segundo Campos (2015), diferentes espécies apresentam diferentes correlações entre massa e comprimento

com o teor de metais em diferentes órgãos e tecidos, dependendo também da fisiologia e nível trófico que ocupam.

5.4 Bioacumulação de metais nos diferentes hábitos alimentares

O processo de bioacumulação entre os níveis tróficos pode estar relacionada aos hábitos alimentares das espécies. Isso pode ser explicado também pelas análises de água e sedimento. As partículas dos metais podem sofrer um processo de sedimentação, principalmente em locais lânticos, como o de barragens, influenciando a concentração de metais em peixes onívoros e detritívoros (CAMPOS, 2015).

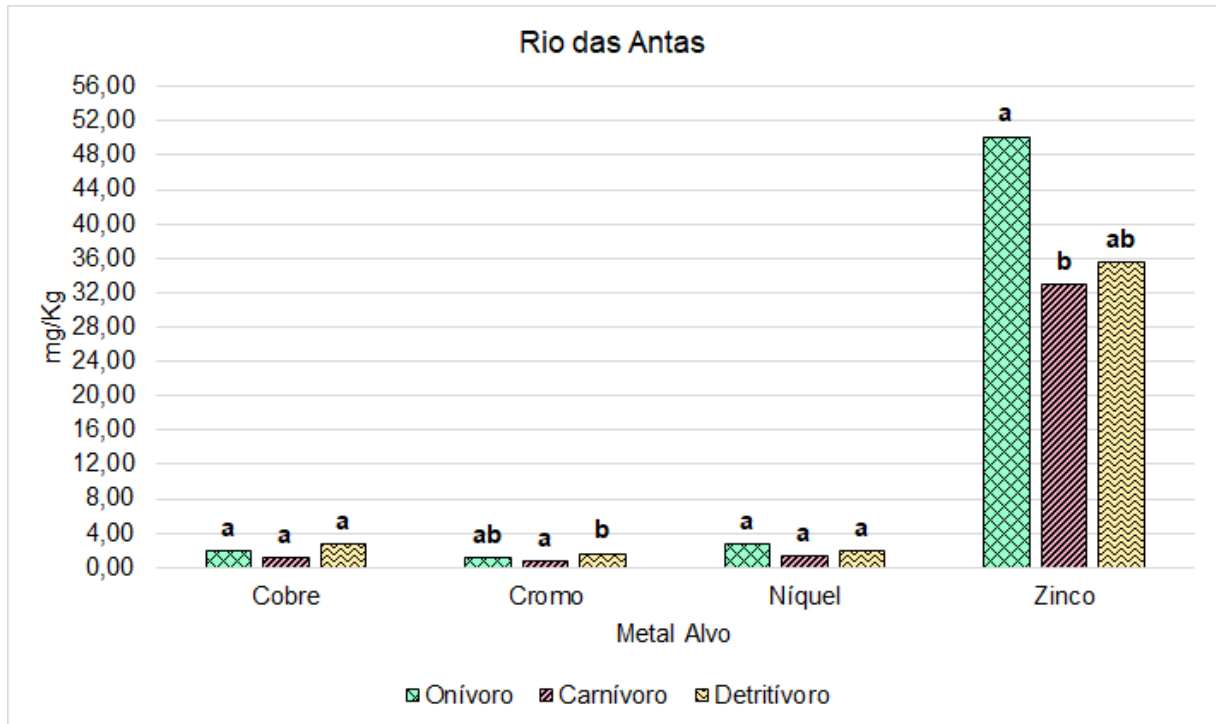
Em um estudo anterior no Rio Tega, realizado por Schmitz (2017), em um dos pontos de amostragem deste trabalho – na barragem da Central Geradora Hidrelétrica Dona Maria Pianna, foi relatado o acúmulo de metais na água e no sedimento. Por esse motivo, pode-se inferir que há ocorrência de bioacumulação nos peixes amostrados, devido a seus hábitos alimentares, bem como o transporte desses elementos até o Rio das Antas, receptor do Rio Tega.

A identificação da relação entre os diferentes hábitos alimentares com a bioacumulação dos metais foi através da variável independente, onde foi aplicado o intervalo de confiança e, posteriormente, o teste de Tukey que apresentou os seguintes resultados:

Para o Rio das Antas (Figura 6):

- a) os metais cobre e níquel apresentaram diferenças pouco significativas entre os organismos estudados;
- b) o metal cromo, apresentou diferença significativa de bioacumulação nos indivíduos detritívoros em relação aos carnívoros, sendo que para os organismos onívoros não foi constatado diferença significativa com os demais;
- c) para o metal zinco, observou-se variações entre os indivíduos onívoros e carnívoros, com maior concentração em espécimes de hábito alimentar onívoro.

Figura 6 – Bioacumulação dos metais Cu, Cr, Ni e Zn entre onívoros, carnívoros e detritívoros ocorrentes no Rio das Antas

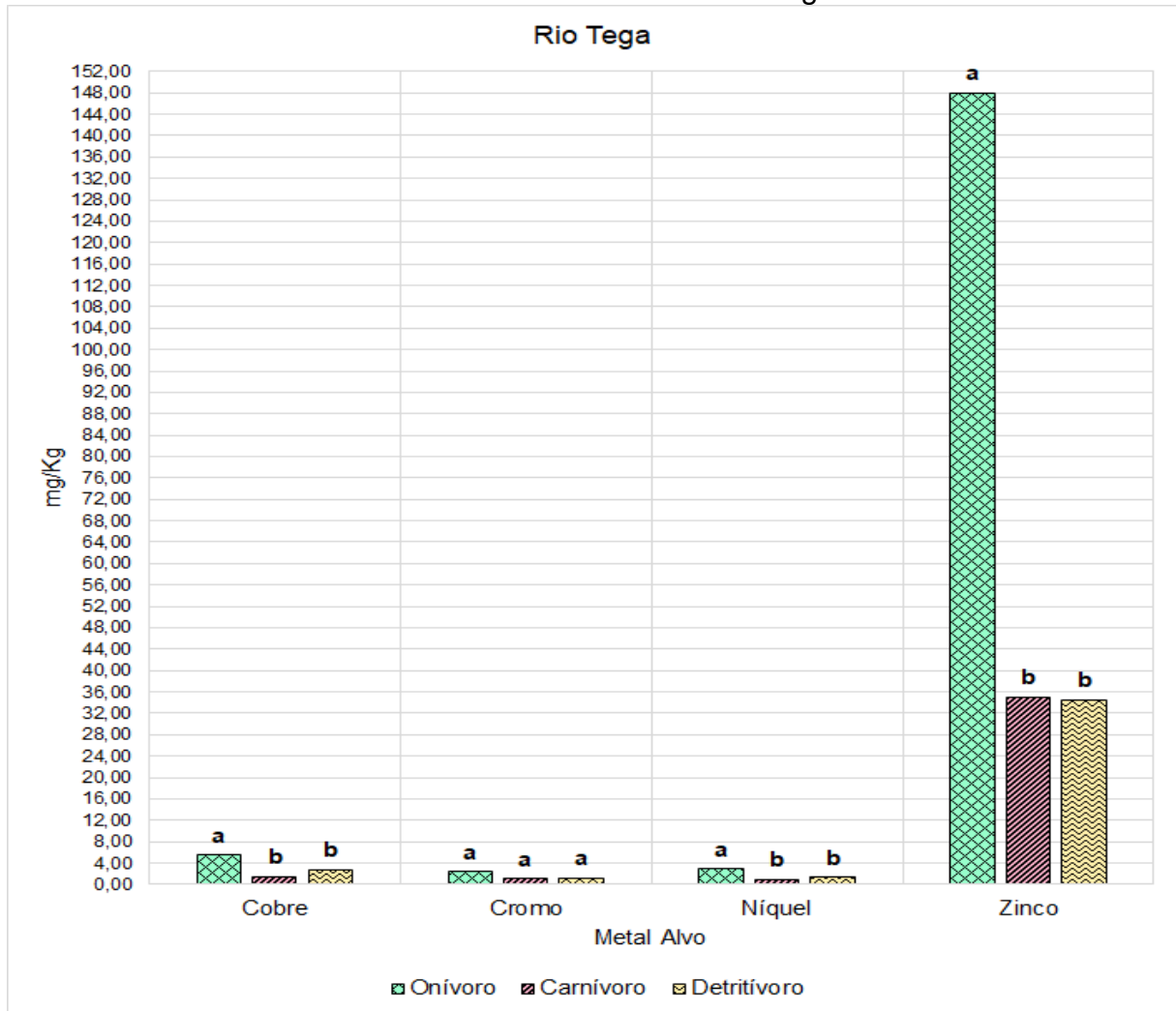


Fonte: elaborada pela autora.

Para o Rio Tega (Figura 7):

- a) para o metal cromo, não se observou bioacumulação entre os indivíduos estudados;
- b) os metais cobre, níquel e zinco não apresentaram diferenças significativas entre os indivíduos carnívoros e detritívoros, porém isto foi observado para os onívoros, demonstrando uma maior bioacumulação desses metais em espécimes de lambaris.

Figura 7 – Bioacumulação dos metais Cu, Cr, Ni e Zn entre onívoros, carnívoros e detritívoros ocorrentes no Rio Tega



Fonte: elaborada pela autora.

De acordo com os resultados, a bioacumulação por cromo nas amostras de fundo pode estar associada ao hábito alimentar, pois os metais que são provenientes de resíduos industriais sofrem processo de sedimentação em ambientes lânticos influenciando, inclusive, a coluna d'água (Campos, 2015). Estudos na área de influência do Aproveitamento Hidrelétrico Foz do Chapecó localizado entre os municípios de Águas de Chapecó-SC e Alpestre-RS, realizados por Campos (2015), com espécies de mesma ordem deste trabalho e mesmo tecido analisado, constataram que além do Cr, o Mn e o Zn apresentaram valores de concentração maiores nos espécimes detritívoras.

Por outro lado, a bioacumulação de cobre, níquel e zinco foram evidenciadas nas amostras onívoras podendo estar relacionada com o uso e ocupação do solo sendo que na área de estudo encontra-se intensa atividade agrícola. No estudo

realizado por Souza et al. (2009), os valores elevados desses metais foram detectados em lambaris, porém nas vísceras, parte do organismo não consumível, não afetando a saúde humana, mas indicando que outros órgãos podem bioacumular esses metais, mesmo com valores abaixo do limite de ingestão permitido limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde, através da RDC nº 42/2013 da ANVISA e do Decreto 55871/65.

5.5 Análise dos metais pesados em peixes e valores máximos estabelecidos pelo Ministério da Saúde, através da RDC nº 42/2013 da Anvisa e do Decreto 55871/65

No Brasil, o controle da quantidade de contaminantes inorgânicos em alimentos, tanto de origem animal quanto vegetal, é de responsabilidade da ANVISA, através do Decreto nº 5.871/65 e da Resolução nº 42 de 29 de agosto de 2013. As concentrações médias de cada metal estudado com seu desvio padrão nas amostras de peixes analisadas em ambos locais de coleta e os valores máximos permitidos pela legislação estão expressos na Tabela 9.

Tabela 9 – Concentração média de metais em tecido muscular (mg/kg^{-1}), \pm desvio padrão a montante dos pontos amostrais dos Rios Antas e Tega nas espécies de lambaris, jundiás e cascudos e valores máximos de ingestão permitidos pela legislação

(continua)

		Lambaris	Jundiás	Cascudos	Limite Legal
Cu	Rio das Antas	1,88 0,43	1,10 0,25	2,65 2,14	30,0 ^A
	Rio Tega	5,45 0,77	1,48 0,16	2,83 2,17	
Pb	Rio das Antas				0,30 ^B
	Rio Tega				
Cr	Rio das Antas	1,13 0,17	0,76 0,11	1,58 0,82	0,1 ^A
	Rio Tega	2,32 2,21	1,17 0,53	1,23 0,78	
Hg	Rio das Antas				1,0 ^B
	Rio Tega				

		(conclusão)						
		Lambaris		Jundiás		Cascudos		Limite Legal
Ni	Rio das Antas	2,69	4,14	1,28	0,29	1,95	1,86	5,0 ^A
	Rio Tega	2,92	1,38	0,96	0,26	1,44	0,62	
Zn	Rio das Antas	50,15	11,4	32,91	3,99	35,57	14,24	50,0 ^B
	Rio Tega	148,0	40,5	35,09	4,21	34,51	15,74	
	N	5		5		5		

Fonte: A: BRASIL, 1965; B: ANVISA, 2013.

Em ambos locais de coleta, os metais cobre e níquel não apresentaram valores acima do limite máximo estabelecido pelo Ministério da Saúde, através da RDC nº 42/2013 da ANVISA e do Decreto 55871/65. Visto dessa forma, não apresentam danos à saúde. No estudo realizado por Rocha, 2011, na Bacia Hidrográfica Turvo/Grande, em São Paulo, esses metais também apresentaram valores muito abaixo do máximo permitido, sendo considerados como níveis normais.

Os metais mercúrio e chumbo apresentaram valores abaixo do limite de detecção, portanto não foram expressos nas tabelas. Estes dois fatores são de grande importância, já que o local de coleta do Rio das Antas, é a jusante da foz do Rio Tega, sendo que este recebe a maior parte dos efluentes provenientes da intensa atividade industrial além de vasta extensão agrícola, podendo causar reflexos nas amostras testadas (CORNELLI et al., 2016). No estudo com vísceras de peixes, dos autores Porto e Ethur (2009), as concentrações de chumbo e mercúrio também estavam abaixo do LQ, e por isso, não foram incluídos nos cálculos estatísticos daquele estudo.

Já o metal zinco encontra-se com concentração elevada no nível trófico de topo, sendo representado pelos exemplares de lambaris. Isto pode ocorrer pois esta região existe também atividades de pecuária e agricultura, e nesta, há a aplicação de fertilizantes que são levados até os rios pela água das chuvas.

Um estudo na região pesqueira de Umuarama – Paraná, realizada por Souza e equipe no ano de 2009, também apontou níveis elevados de zinco em amostras de lambaris, principalmente na musculatura que é a parte comestível do peixe. Mesmo sendo um elemento essencial nos processos biológicos que dão suporte a vida (como: cofator de enzimas, transcrição de genes, entre outros), tor

se tóxico em concentrações elevadas ocasionando alguns danos à saúde humana, de fisionomia empalidecida a anemia e nos peixes causa obstrução das brânquias e atrasa o crescimento e maturação (LIMA, 2013).

O metal com maior concentração encontrado em todos os exemplares foi o cromo, sendo possível relacionar esses resultados com as atividades industriais provenientes da região em torno do Rio Tega, sugerindo que seus efluentes não estejam sendo tratados de forma correta.

Repula et al. (2012) realizaram um estudo na região de Guarapuava – PR, com as espécies de peixes dulcícolas mais abundantes. Os elementos cromo e chumbo foram analisados em tecidos musculares e no fígado e verificou-se que em todas as amostras as concentrações de cromo e, neste caso, também de chumbo, ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação. O cromo é considerado perigoso para a saúde humana, podendo levar a doenças como o câncer (OLIVEIRA; DEBATIN; VENTURELLI, 2017).

A biodisponibilidade dos metais cobre, cromo, níquel e zinco depende de fatores bióticos como: idade e tamanho do indivíduo; e de fatores abióticos como: liberação deste metal no meio ambiente através de fertilizantes e efluentes industriais e domésticos (COUTINHO, 2018). Türkmen et al. (2010) determinaram a concentração de metais em 12 espécies de peixes dos Mares Egeu e Mediterrâneo, e constatou que as concentrações dos elementos em estudo nos músculos foram menores do que no fígado.

Cruz e seus colaboradores (2015) avaliaram as concentrações de metais em fígado, brânquias e músculos, sendo que os resultados mais elevados foram detectados no fígado. Concentrações elevadas de metais em músculos de peixes são detectados quando há indícios de contaminação elevada em outros órgãos como o fígado e brânquias, em consequência da biodisponibilidade desses elementos no ambiente aquático em que vivem, ocasionando a bioacumulação nesses organismos (CRUZ et al., 2015).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo identificaram que o metal cromo foi o único que apresentou níveis acima do limite máximo estabelecidos pela legislação, através da RDC nº 42/2013 da ANVISA e do Decreto 55871/65, para todas as amostras estudadas. Esta situação, pode estar relacionada com a contaminação por efluentes de indústrias que fazem uso desse metal em processos internos, e estão situadas na região de estudo.

O metal zinco mostrou-se presente em concentrações elevadas nos exemplares de lambaris (*Astyanax sp.*) do Rio Tega, e pode estar associado ao uso de insumos agrícolas, que possuem na sua formulação esse elemento também é utilizado na atividade galvanotécnica, bastante representativa na área urbanizada da bacia.

Nas amostras de ambos os rios foram encontrados níveis de cobre e níquel abaixo do limite estabelecido pela legislação, porém a detecção desses metais nas amostras de peixes, sugere que o ambiente aquático está sofrendo alterações em relação a disponibilidade desses elementos aos organismos. Todavia, para mercúrio e chumbo, os níveis encontrados estão abaixo do limite de detecção de leitura do equipamento.

Percebeu-se uma bioacumulação dos metais cromo e zinco nos espécimes onívoras em relação a massa e comprimento corporais destes. Nos demais indivíduos de diferentes hábitos alimentares há uma correlação de bioacumulação para os metais cromo e zinco no Rio das Antas, e para cobre, níquel e zinco no Rio Tega.

7 RECOMENDAÇÕES

O estudo aponta para a necessidade de outras campanhas e avaliação de outras variáveis que esclareçam a dinâmica de interação desses elementos em organismos desta região, fazendo uso de outras matrizes, como outros organismos da cadeia trófica, com os quais possa ser testada a bioacumulação dos metais, como o zooplâncton, o fitoplâncton e macroinvertebrados.

A análise dos parâmetros físico-químicos da água e sedimento e sua relação com as concentrações dos elementos estudados podem também trazer outros elementos importantes quanto a biodisponibilidade destes no meio aquático e o favorecimento da absorção e bioacumulação nos organismos.

A determinação da sexagem e da idade dos adultos, através do estudo da maturação de suas gônadas, constituem-se de um importante subsídio para correlacionar com peso e tamanho dos indivíduos a serem estudados bem como a potencialidade maior ou menor de bioacumulação em função da idade e tempo de exposição ao meio.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-BAKI, A. S.; DKHIL, M. A.; AL-QURASHY, S. Bioaccumulation of some heavy metals in tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 13, p. 2541-2547, 2011.
- AGOSTINHO, K. D. G. da L.; LATINI, J. D.; ABUJANRA, F.; GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A. **A ictiofauna do Rio das Antas**: distribuição e bionomia das espécies. Maringá (PR): Clichetec, 2010.
- AI-MUGHAIRI, S.; YESUDHASON, P.; AL-BUSAIDI, M.; AL-WAILI, A.; AI-RAHBI, W. A.; AL-MAZROOEI, N.; AI-HABSI, S. H. Concentration and exposure assessment of mercury in commercial fish and other seafood marketed in Oman. **Journal of Food Science**, v. 78, n. 7, p. T1082-T1090, 2013.
- ALVES, L. C.; SEO, E. S. M. Caracterização do resíduo sólido proveniente do processo galvânico para valorização econômica ambiental. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 19, n. 4, p. 149-155, 2014.
- AMADO FILHO, G. M.; PFEIFFER, W. P. Utilização de macrófitas marinhas no monitoramento da contaminação por metais pesados: o caso da Baía de Sepetiba - Rio de Janeiro. **Acta Bot. Bras.**, v. 12, p. 411-419, 1998.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23. ed. Washington: Centennial Edition, 2017.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria n. 269, de 22 de setembro de 2005**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/>. Acesso em: 15 out. 2018
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria n. 685, de 27 de agosto de 1998**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>. Acesso em: 15 out. 2018.
- BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BORBA, R. S. de. **Relações filogenéticas, filogeográficas e discriminação molecular de espécies de peixes do Gênero *Ancistrus* Kner, 1854 (Siluriformes: Loricariidae)**. 2018. 93f. Tese (doutorado) – Universidade Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro. 2018.
- BOSCH, A. C.; O'NEILL, B.; SIGGE, G. O.; KERWATH, S. E.; HOFFMAN, L. C. Heavy metal accumulation and toxicity in smoothhound (*Mustelus mustelus*) shark from Langebaan Lagoon, South Africa. **Food Chemistry**, v. 190, p. 871-878, Jan. 2016.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; NEUSA, J.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Pearson, 2005.

BRASIL. Decreto n. 55871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, 09 abr. 1965.

BRASIL. Resolução - RDC n. 42 de 29 de agosto de 2013. Dispõe sobre o regulamento técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 168, p. 33, 30 ago. 2013. Seção 1.

BRITSKI, H. A. **Seminário sobre fauna aquática**. Publicação Avulsa. Eletrobrás, 1993.

BUENO, R. M. X.; OLIVEIRA, M. R.; CHELLAPPA, S. Desenvolvimento gonadal, fecundidade e tipo de desova do cascudo, *Hypostomus puzarum* (Starks, 1913) (Actinopterygii: Loricariidae) do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônica**, Macapá, v. 7, n. 4, p. 30-33, 2017.

CAMPECHE, D. F. B.; BALZANA, L.; FIGUEIREDO, R. C. R.; BARBALHO, M. R. dos S.; MELO, J. F. B. **Peixes nativos do Rio São Francisco adaptados para cultivo**. Petrolina: Embrapa Seminário, 2011. Documentos, 244.

CAMPOS, S. A. B. **Metais pesados em peixes de diferentes níveis tróficos na área de influência do reservatório do AHE foz do Chapecó**. 2015. 45p. Dissertação - Mestrado em Ciências Ambientais – Universidade Comunitária Regional de Chapecó, 2015.

CARVALHO, C. E. V.; FARIA, V. V.; CAVALCANTE, M. P. P.; GOMES, M. P.; REZENDE, C. E. Heavy metal distribution in Benthic Coast Fish from Macaé Region, RJ, Brazil. **Ecotoxicology and Environmental Restoration**, v. 3, n. 2, p. 64-68, 2000.

CASTRO, N. **Cádmio, chumbo, cromo, mercúrio e níquel nos rios do Estado de São Paulo e em peixes do Rio Sorocaba**. 2002. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de recursos) - Centro de Estudos Ambientais da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2002.

CASTRO, P.; HUBER, M. E. **Marine Biology**. 4 ed. New York: McGraw-Hill. 2003.

CHAVES, R. C. de P. **Avaliação do teor de metais pesados na água tratada do município de Lavras - MG**. 2008. 44p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica). Universidade Federal de Lavras - UFLA, Minas Gerais, 2008.

CHINESE FOOD HEALTH CRITERION, 1994. Ministry of Health of People's Republic of China. 1994. Acesso em: 08 jul. 2019.

CORAMI, F.; CAPODAGLIO, G.; TURETTA, C.; BRAGADIN, M.; CALACE, N.; PETRÔNIO, B. M. Complexation of cádmium and copper by fluvial humic matter and effects on their toxicity. **Annali di Chimica**, Società Chimica Italiana (Rome, Italy), ed. 97, p. 25, 2007.

CORNELLI, R.; SCHNEIDER, V. E.; BORTOLINI, T. A.; CEMIN, G.; SANTOS, G. M. dos. Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. **Scientia Cum Industria**, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2016.

CORRÊA, F.; SILVA, G. C. da. Hábito alimentar de *Astyanax asuncionensis* (Géry, 1972) durante um período de seca e cheia, no Córrego do Onça, Coxim, Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 368-372, out./dez. 2010.

COSTA, C. R.; OLIVI, P.; BOTTA, C. M. R.; ESPINDOLA, E. L. G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.

COUTINHO, S. N. **Estudo de bioacumulação de metais tóxicos e elementos traço em amostras de macrófitas aquáticas flutuantes do reservatório Guarapiranga, São Paulo – SP, Brasil**. 2018. 174p. Dissertação – Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Universidade de São Paulo, 2018.

CRUZ, A. S.; PEREIRA Jr., J. B.; CARVALHO, F. I. M.; NUNES, P. O.; ALVES, B. S. F.; PALHETA, D. C.; DANTAS FILHO, H. A.; DANTAS, K. G. F. Estudo da distribuição de metais em tecidos de peixes da região amazônica. **Revista Virtual Química**, v. 7, n. 6, p. 1935-1951, nov./dez. 2015.

DELAPIEVE, M.L.S. **Filogenia de Hypoptopomatini (Loricariidae: Hypoptopomatinae)**. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

DETONI, Janine. **Avaliação dos impactos ecológicos para ictiofauna pela construção do Complexo Taquari-Antas a partir do SAI (Sistema de Informação Ambiental do Instituto de Saneamento Ambiental / UCS)**. 2015. 45p. Trabalho de Conclusão de Curso II. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2015.

DORNELLES, F. N. **Avaliação de cobre e zinco em água, sedimento e peixes do Rio Apucarantina na região da Terra Indígena Apucarana (Tamarana, PR)**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Londrina, 2016.

ENEJI, I.S.; SHA'ATO, R.; ANNUNE, P. A. Bioaccumulation of heavy metals in fish (*Tilapia Zilli* and *Clarias Gariepinus*) organs from River Benue, North, Central Nigeria. **Pak. J. Anal. Environ. Chem.**, v. 12, n. 2, p. 25-31, 2011.

EPA – Environmental Protection Agency. Assisted Acid Digestion. **Based Method 3052B**, 1996. Disponível em: <http://www.epa.gov.br/sites/production/files/2015>. Acesso em: 10 out. 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture Opportunities and challenges**. Roma. 2014. 243p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

FEPAM. **Qualidade Ambiental**: região hidrográfica do Guaíba. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/taquariantas.asp>. Acesso em: 30 abril 2018.

FERRI, G.; TOGNI, A. C. **A história da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas**. Lajeado: UNIVATES, 2012.

FRANCALANZA, F. P. **Concentrações de mercúrio em peixes de diferentes níveis tróficos na bacia do rio Paraíba do Sul**. Seropédica – RJ: [s.n.], 2007.

FROESE, A.; PAULY, D. FishBase. **World Wide Web Eletronic Publication**. www.fishbase.org, version (04/2007).

FURTADO, J. G. C. **Estudos de impactos ambientais causados por metais pesados em água do mar na Baía de São Marcos**: correlações e níveis background. 2007. 74p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2007.

GARCIA, J. B. P. **Avaliação de chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e cádmio (Cd) no sedimento da margem da Represa de Guarapiranga**: uma questão de saúde pública. 2017. Dissertação - Mestrado em Ciências da Saúde. Universidade de Santo Amaro, São Paulo, 2017.

GOBBI, J. M. **Estudo sobre a presença de metais em diferentes tecidos de peixes surubins (*Pseudoplatystoma coruscans*) capturados no Rio São Francisco (MG)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, MG, 2007.

GOMES, M. V.; SATO, Y. Avaliação da contaminação por metais pesados em peixes do Rio São Francisco à jusante da represa Três Marias, Minas Gerais, Brasil. **Saúde & Ambiente em Revista**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, 2011.

GOMIERO, L. M.; BRAGA, F. M. de S. Uso do grau de preferência alimentar para a caracterização da alimentação de peixes na APA de São Pedro e Analândia. **Acta Scientatum Biological Sciences**, Maringá. v. 27, n. 3, p. 265-270, jul./set. 2005.

GUERINI, S.; PRADO, G. P.; PASSOS, M. G. dos. Hábito alimentar de *Rhamdia quelen* (Siluriformes: pimelodidae) em um trecho do rio bonito no município de São Domingos, Santa Catarina. **Revista UNINGÁ Review**, v.18, n. 2, p. 10-15, abr./jun. 2014.

HASHIM, R.; SONG, T. H.; MUSLIM, N. Z. M.; YEN, T. P. Determination of heavy metal levels in fishes from the lower reach of the Kelantan River, Kelantan, Malaysia. **Tropical Life Sciences Research**, v. 25, n. 2, p. 21-39, 2014.

ISAM - Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul. **Mapa**. Elaborado por Geise Macedo dos Santos. Caxias do Sul, 2017.

JESUS, L. D. F. de; MOREIRA, M. F. R.; AZEVEDO, S. V. de; BORGES, R. M.; GOMES, R. A. A.; BERGAMINI, F. P. B.; TEIXEIRA, L. R. Avaliação dos níveis de chumbo e mercúrio em população exposta ambientalmente na Região Centro-Oeste do Brasil. **Caderno Saúde Pública**, v. 34, n. 2, 2018.

KANG, J.-H; LEE, Y. S.; KI, S. J.; LEE, Y. G.; CHA, S. M.; CHO, K. H.; KIM, J. H. Characteristics of wet and dry weather heavy metal discharges in the Yeongsan Watershed, Korea. **Science of the Total Environment**, v. 407, n. 11, p. 3482–3493, 2009.

KEHRIG, H. A.; MALM, O.; PALERMO, E. F. A.; SEIXAS, T. G.; BAETA, A. P.; MOREIRA, I. Bioconcentração e biomagnificação de metilmercúrio na baía de Guanabara, Rio de Janeiro. **Química Nova**, v. 34, n. 3, p. 377-384, 2011.

LAMELAS, C.; SLAVEYKOVA, V. I. Comparison of Cd(II), Cu(II) and Pb(II) bioptake by green algae in the presence of humic acid. **Environmental Science & Technology**, v. 47, n. 11, p. 4172-4178, 2007.

LARENTIS, D. G.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação da qualidade de água em grandes bacias: Rio Taquari-Antas, RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 3, p. 05-22, 2008.

LARENTIS, D. G. **Modelagem matemática da qualidade da água em grandes bacias: sistema Taquari-Antas-RS**. 2004. 159p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. 159p.

LEITE, E.; COBALCHINI, M. S.; SILVA, M. L. C.; ROESE, I. A. Rio Gravataí – RS: qualidade atual x enquadramento. **Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental – ABES**, 23., Joinville, 2003

LIMA, D. P. de; SANTOS, C.; SILVA, R. de 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**, v. 45, n. 4, p. 405-411, 2015.

LIMA, D. P. de. **Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da Bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical. Amapá, 2013.

MACEDA-VEIGA, A.; MONROY, M.; SOSTOA, A. Metal bioaccumulation in the Mediterranean barbel (*Barbus meridionalis*) in a Mediterranean River receiving effluents from urban and industrial wastewater treatment plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 76, p. 93-101, 2011.

MACHADO, C. S. **Quantificação do risco à saúde humana pela exposição a poluentes químicos e potencial carcinogênico às comunidades adjacentes ao Rio Pardo, Brasil. Ribeirão Preto**. 2016. Tese de Doutorado - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Enfermagem Saúde Pública. 2016.

MALABARBA, L. R.; NETO, P. C.; BERTACO, V. DE A.; CARVALHO, T. P.; SANTOS, J. F.; ARTIOLLI, L. G. S. **Guia de Identificação dos Peixes da Bacia do Rio Tramandaí**. Porto Alegre, RS: Via Sapiens, 2013.

MARCHETTI, C. Interaction of metal ions with neurotransmitter receptors and potential role in neurodiseases. **Biometals**, v. 27, p. 1097–1113, 2014.

MATHEWS, T.; FISHER, N. S. Dominance of dietary intake of metals in marine elasmobranch and teleost fish. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, n. 407, p. 5156-5161, 2009

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

MORGANO, M. A.; GOMES, P. C.; MANTOVANI, D. M. B.; PERRONE, A. A. M.; SANTOS, T. F. Níveis de mercúrio total em peixes de água doce de pisciculturas paulistas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 250-253, abr./jun. 2005.

MUDGAL, V.; MADAAN, N.; MUDGAL, A.; SINGH, R. B.; MISHRA, S. Effect of toxic metals on human health. **The Open Nutraceuticals Journal**, v. 3, p. 94-99, 2010.

NABINGER, D. D. **Exposição aguda e subcrônica ao níquel em peixe-zebra (*Danio rerio*): avaliação de parâmetros morfológicos e comportamentais**. 2017. Dissertação de Mestrado - Pontifícia Universidade do Rio Grande do Sul - RS, Programa em Biologia Celular e Molecular. 2017.

OLIVEIRA, D. V.; DEBATIN, E. L.; VENTURELLI, R. B. Análise dos parâmetros de cromo e hidrazina do Rio Itajaí Mirim da cidade de Brusque (SC) e seus efeitos na saúde pelo consumo indireto dessas águas. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, Caçador (SC), v. 6, n. 1, p. 117-123, 2017.

PAVIANI, M. A.; PERESIN, D.; BORTOLINI, T. A.; MENDES, L. A.; SCHNEIDER, V. E. Monitoramento Qualitativo das Águas do Rio Tega - Caxias do Sul. **Mostra de Iniciação Científica**, 3., Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão - Conferência UCS. 2013.

- PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, IPH – UFRGS, v. 1, n. 1. p. 20-36, 2004.
- PESSOA, E. K. R.; SILVA, N. B.; CHELLAPPA, N. T.; ARAUJO, A.; CHELLAPPA, S. Morfologia comparativa do trato digestório dos peixes *Hoplias malabaricus* e *Hypostomus puarum* do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 3, p. 48-57, 2013.
- PONTES, G. C.; SANTOS, S. O.; SILVA, C. A.; WASSERMN, J. C. F. A. Concentração de metais pesados em peixes marinhos comercializados em Aracajú - SE - Brasil. 2017. Búzios. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 16., **Anais...**, v. 16. p. 1-5, 2017.
- PORTO, L. C. S.; ETHUR, E. M. Elementos traço na água e em vísceras de peixes da Bacia Hidrográfica Butuí-Icamaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2512-2518, dez. 2009.
- RAJESHKUMAR, S.; LI, X. Bioaccumulation oh heavy metals in fish species from the Meilang Bay, Taihu Lake, China. **Toxicology Reports**, v. 5, p. 288-298, 2018.
- REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces do Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.
- REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DI DARIO, F.; MINCARONE, M. M.; PETRY, P. ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal od Fish Biology**, 2016.
- REPULA, C. M. M.; CAMPOS, B. K. de; GANZAROLLI, E. M.; CHIERICI, L.; QUINÁRIA, S. P. Biomonitoramento de Cr e Pb em peixes de água doce. **Química Nova**, v. 35, n. 5, p. 905-909, 2012.
- RIBEIRO, Marcos. **Contaminação do solo por metais pesados**. Universidade de Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Faculdade de Engenharia. Engenharia do Ambiente. Portugal. Lisboa, 2013.
- ROCHA, B. C. P. **Relações entre acúmulo de metais em tecido muscular de peixes com diferentes hábitos alimentares coletados na Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande, Estado de São Paulo, Brasil**. 2011. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", Programa de Pós-Graduação em Química, Campus de São José do Rio Preto, São Paulo, 2011.
- ROCHA, C.H. B.; AZEVEDO, L. P. de. Avaliação da presença de metais pesados nas águas superficiais da Bacia do Córrego São Mateus, Juiz de Fora (MG), Brasil. **Revista Espinhaço**, v. 4, n. 2, p. 33-44, 2015.
- RODRIGUES, M. A.; SILVA. P. P.; GUERRA, W. Cobre. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 3, p. 161-162, ago. 2012.

SCHILLER, A. P.; SCHWANTES, D.; GONÇALVES Jr., A. C.; MANFRIN, J.; KLAIS, B. T.; PARRALES, A. F.; KUHN, A. Teores de metais em cursos hídricos de Toledo – PR. **Revista de Ciências Ambientais**, Unilassale, Canoas, v. 11, n. 3, 2017.

SCHMITZ, M. **Análise de metais biodisponíveis em sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Tega – RS**. 2017. Dissertação de Mestrado - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, 2017.

SCHONS, D. C.; SCHWANTES, D.; ALEIXO, V.; SZYMANSKI, N.; FERRONATO, M. C.; GONÇALVES Jr., A. C.; PERTILE, V. E.; MORAES, L. B. de. Monitoramento da qualidade das águas do rio do Ouro, em Ouro Verde do Oeste- PR: análises toxicológicas. **Revista Agrogeoambiental**, v. 2, n., p. 11-18, 2014

SCHWARZENBACH, R. P.; GSCHWEND, P. M.; IMBODEN, D. M. **Environmental Organic Chemistry**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons. 2003.

SEMA - SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/bacia-hidrografica-taquari-antas>. Acesso em: abr. 2017.

SILVA, C. O.; MOURA, C. L. de.; MELLO, G. N. Caracterização de absorvente natural para retenção de cromo no solo. **Brazilian Educational Technology: research and learning**, v. 2, n. 3, p. 105-114, sept./dec. 2011.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. Documentos, 36.

SOUZA, G. R.; GARCEZ, M. A. P.; SANTOS, V. C. G.; SILVA, D. B.; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D. C. Quantificação de metais pesados em peixes de um pesqueiro localizado na cidade de Umuarama - Pr. **Arq. Ciênc. Vet. Zool. Unipar**, Umuarama, v. 12, n. 1, p. 61-66, jan./jun. 2009.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M.; YAMAMOTO, S. M. **Química Ambiental**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice-Hall, 2009.

SUKEKAVA, C. F. **Utilização de Peixes como Biomonitores no Estuário da Lagoa dos Patos**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Oceanografia). Universidade do Rio Grande – FURG. Rio Grande, RS. 2014.

SUTIL, T.; MAFESSONI, D.; BENVENUTI, T.; LADWIG, N. I.; BACK, A. J. Análise da Qualidade Hídrica do Rio Tega, Caxias do Sul – RS, Brasil. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 124-142, 2018.

TOMAZELLI, A. C.; MARTINELLI, L. A.; AVELAR, W. E. P.; CAMARGO, P. B. de; FOSTIER, A.-H.; FERRAZ, E. S. B.; KRUG, F. J.; SANTOS Jr., D. Biomonitoring of Pb and Cd in Two Impacted Watersheds in Southeast Brazil, Using the Freshwater Mussel *Anodonta trapesialis* (Lamarck, 1819) (*Bivalvia* : *Mycetozoa*) as a Biological Monitor. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, p. 673-684, 2003.

TOVAR, C. T.; BOLAÑOS, E. Q.; BENITEZ, L. T.; BOLIVAR, W. M. Absorción de Cromo Hexavalente en soluciones acuosas por cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*). **Producción + Limpia**, v. 10, n. 1. p. 9-21, enero-jun. 2015.

TÜRKMEN, A.; TÜRKMEN M., TEPE, Y.; ÇEKIÇ, M. Metals in tissues of fish from Yelkoma Lagoon, northeastern Mediterranean. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 168, p. 223-230, 2010.

VIRGA, R. H. P.; GERALDO. L. P.; SANTOS, F. H. Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de siris azuis. **Ciência, Tecnologia e Alimentos**, Campinas (SP), v. 27, n. 4, p. 779-785, out.-dez. 2007.

VOIGT, C. L.; SILVA, C. P. da.; CAMPOS, S. X. de. Avaliação da bioacumulação de metais em *Cyprinus carpio* pela interação com o sedimento e água de reservatório. **Química Nova**, v. 39, n. 2, p. 180-188, 2016.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG. 2005.

YI, Y.; ZHANG, S. Heavy metal (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) concentrations in seven fish species in relation to fish size and location along the Yangtze River. **Environ Science and Pollution Research**, v. 19, p. 3989-3996, 2012.

APÊNDICE A – RESUMO EXPANDIDO ENVIADO AO 14º SILUSBRA

Resumo expandido enviado ao 14º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa se realizará de 16 a 20 de Setembro de 2019, na Biblioteca Nacional, Cidade da Praia, Cabo Verde, sob o lema "SILUSBA 25 anos construindo a Comunidade da Água da CPLP".



AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS EM ESPÉCIES DE PEIXES COLETADAS NO RIO TEGA, RS – BRASIL

Fernanda MARCON¹, Kétini BACCIN¹, Matheus POLETTO¹, Vania SCHNEIDER²

1. Universidade de Caxias do Sul, Alameda João Dal Sasso, 800 - Universitário, Bento Gonçalves - RS, 95700-000, fmarcon1@ucs.br; kmsbaccin@ucs.br

2. Universidade de Caxias do Sul, R. Francisco Getúlio Vargas, 1130 - Petrópolis, Caxias do Sul - RS, 95070-560, veschnei@ucs.br

RESUMO

O presente estudo objetivou analisar e os teores dos metais Cu, Cr, Ni e Zn, em amostras de músculo de peixes das espécies *Rhandia quelem* e *Loricariichthys anus*, coletadas no Rio Tega/RS – Brasil, o qual, recebe altas cargas de efluentes domésticos e industriais. A utilização de amostras de peixes, deve-se ao fato destes serem considerados bioindicadores de qualidade ambiental, por estarem sujeitos às mudanças em seu ambiente. As amostras foram submetidas a um processo de digestão ácida e os teores dos metais foram estimados através do equipamento de ICP-OS. O estudo identificou a presença dos metais Cu, Cr, Ni e Zn, em todas as amostras testadas, sendo os maiores valores os identificados nas amostras J1, J5 oriundas de *R. quelem* e C3 de *L. anus*. Os resultados apontam ainda, uma diferença significativa de acumulação do metal Ni nas espécies alvo. Para a espécie *R. quelem* determinou-se uma correlação positiva de acumulação entre Ni e Cu e inversa para Zn e Cr, em *L. anus* a correlação positiva ocorreu entre Cr e Cu, e Cu e Zn. No entanto, para que possa ser possível afirmar essa relação, outros estudos devem ser realizados visando melhor compreender a dinâmica de interação desses metais na área de estudo, fazendo uso de uma amostragem mais abrangente.

Palavras-Chave: metais pesados; peixes de água doce; ICP-OS.

1. INTRODUÇÃO

A poluição dos rios por efluentes domésticos e industriais resulta em uma série de implicações negativas para a biota aquática, na qual, organismos como os peixes são considerados bioindicadores de qualidade ambiental, pelo fato de serem suscetíveis às mudanças em seu habitat (Goulart & Callisto, 2003). Entre as substâncias que mais afetam o meio aquático estão os metais pesados, mesmo os considerados essenciais para certos processos bioquímicos dos organismos, em altas concentrações, são responsáveis por elevar os níveis de toxicidade e interferir nos processos ecológicos, além da possibilidade de serem absorvidos por espécies animais e vegetais, fator que favorece a biomagnificação desses metais ao longo da cadeia trófica (Pereira & Ebecken, 2009; Ross & Birnbaum, 2003).

Conforme Machado (2004), o contato com fontes poluidoras é mais evidenciado em rios que percorrem ou possuem suas nascentes em perímetros urbanos, fato que pode estar relacionado a precária cobertura vegetal das matas ciliares. A sub-bacia do Rio Tega não está alheia a este cenário,

pois possui sua nascente no perímetro urbano do município de Caxias do Sul/RS, no qual, percorre cerca de 34 km de área urbana, entre os limites dos municípios de Flores da Cunha e Nova Pádua, até o encontro da sua foz com o Rio das Antas. A sub-bacia possui um perímetro de 116,81 km e drena uma área de 294,76 km² (Schmitz *et al*, 2017).

Aproximadamente 40% da sub-bacia do Rio Tega está inserida no perímetro urbano de Caxias do Sul, região que corresponde às principais cabeceiras formadoras do rio. Nessa parcela, o corpo hídrico recebe o lançamento da maior parte dos efluentes domésticos e industriais da cidade, servindo como principal mecanismo de afastamento destes rejeitos (Cornelli *et al*, 2016). Além disso, a descarga das águas do Rio Tega causa reflexos no Rio das Antas, com relação à presença de coliformes fecais e o possível carreamento de metais pesados, que seriam provenientes da intensa atividade desenvolvida no Polo Metal-Mecânico da região em boa parte concentrado no Município de Caxias do Sul e das áreas de infiltração (Sutil, 2018).

Com base nisso, o objetivo desse estudo foi analisar a presença dos metais pesados Cobre (Cu), Cromo (Cr), Zinco (Zn) e Níquel (Ni), em duas espécies de peixes *Rhamdia quelen* e *Loricariichthys anus*, coletadas no Rio Tega, RS – Brasil. Além de verificar se ocorre diferença estatística significativa de acumulação dos metais, levando em consideração os hábitos alimentares das espécies.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A área de estudo pertence a sub-bacia do Rio Tega, considerada um dos mais importantes afluentes da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas. A coleta foi realizada no reservatório da Central de Geração Hidrelétrica (CGH) Maria Pianna, localizada no município de Caxias do Sul/ RS, entre as coordenadas geográficas de latitude 29°05'22.9"S e longitude 51°18'30.2"W, conforme mostra a Figura 1.

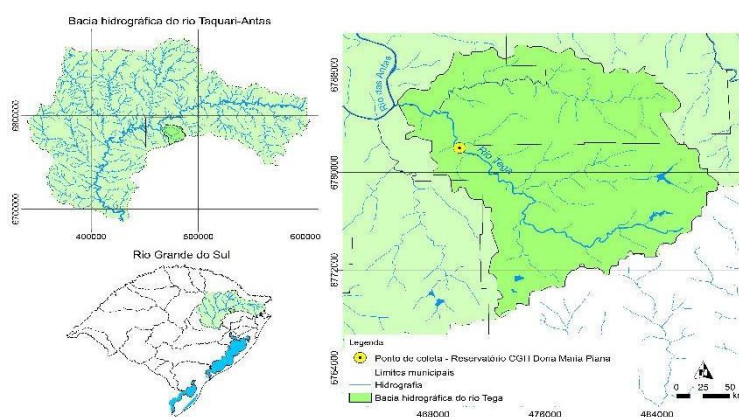


Fig. 1. Área de coleta das amostras de peixe. Elaborado por Geise Macedo dos Santos

2.2. Coleta das Amostras de Peixes

A coleta das amostras foi realizada com o auxílio de rede (malha de 1,5 cm entre nós adjacentes, 10 m de comprimento e 2,40 m de altura), instalada ao entardecer, a montante do reservatório da CGH Donna Maria Pianna, conforme apresentado na Figura 1, permanecendo por aproximadamente 12 horas. Após a captura do 'n' amostral (cinco indivíduos de cada espécie), os espécimes foram acondicionados em caixa térmica e resfriados com gelo.

2.2. Preparo das Amostras

Para evitar a contaminação das amostras, as vidrarias utilizadas nos processos laboratoriais foram higienizadas com solução de Extran Neutro 10% (v/v), e enxaguadas com água Milli-Q. Para a descontaminação, as mesmas foram imersas em banho ácido de HNO₃ 10% (v/v), durante 24 horas, e enxaguadas com água Milli-Q, secas em estufa a 60°C e, posteriormente, mantidas em local fechado.

Para a determinação dos metais pesados, foram retirados de cada espécime 2 g de tecido muscular, abaixo da linha lateral, entre a nadadeira dorsal e a caudal, conforme metodologia utilizada por Lima *et al* (2015). A amostra foi então levada a estufa, a 60 °C, até atingir massa constante e após

triturada com auxílio de microprocessador. A determinação dos metais foi realizada através de digestão ácida por peróxido de hidrogênio e ácido nítrico, realizada em microondas, conforme Método EPA 3052-B rev.02. A digestão foi realizada em triplicata para cada amostra. As soluções finais foram então filtradas e avolumadas para 20 mL com água Milli-Q, sendo a determinação realizada por ICP-OES (ICP ICAP 7000 series, Marca Thermo Scientific).

2.3. Análise Estatística

Para as análises estatísticas foram utilizados o teor dos metais, estimados em mg/Kg, e os hábitos alimentares das espécies alvo (*R. quelen* - carnívoro e *L. anus* – detritívoro). Para atestar a normalidade dos dados utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk. Aplicou-se a estatística descritiva na primeira etapa, e para fins de comparação, empregou-se para cada metal o Teste t Student para amostras independentes além do teste de significância a 95%, comparando os hábitos alimentares das espécies. Além disso, realizou-se teste de correlação entre a acumulação dos metais. Todas as análises estatísticas foram processadas no software IBM SPSS Statistics 23.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram a presença de todos os elementos químicos analisados em todas as amostras, conforme apresentado na Tabela 1. Foram estabelecidas correlações entre os parâmetros biométricos de peso e comprimento e a acumulação dos metais no tecido muscular das espécies analisadas, para *R. quelen* observou-se uma correlação positiva fraca entre peso e Zn (0,56) e uma correlação inversa fraca entre peso e Cr (-0,52), no que diz respeito ao comprimento da amostra foi estabelecido uma correlação positiva média com o metal Zn (0,62). Com relação a espécie *L. anus*, verificou-se correlação inversa média entre peso e os elementos Cr (-0,57) e Zn (-0,59), e inversa forte para Cu (-0,87), inversa média entre comprimento e Cr (-0,56) e forte para Cu (-0,92) e Zn (-0,69). A associação entre peso e comprimento interferindo na acumulação dos metais, em peixes, já foi relatada por Sukekava (2014), além disso, aponta outros fatores que influenciam na absorção e acumulação dos metais pesados como, hábitos alimentares e idade do indivíduo.

Tabela 1. Determinação dos metais pesados Cu, Cr, Zn e Ni, nas amostras de músculo de *R. quelen* e *L. anus*.

Espécie	Amostra	Peso (g)	Comprimento (cm)	Cobre (mg/Kg)	Cromo (mg/Kg)	Níquel (mg/Kg)	Zinco (mg/Kg)
<i>Rhamdia quelen</i>	J1	100	21	1,577	0,690	1,253	38,190
	J2	90	20	1,450	1,415	0,845	28,340
	J3	160	24	1,443	1,023	0,880	38,680
	J4	90	20	1,190	1,037	0,743	36,257
	J5	65	19,5	1,627	1,777	1,083	33,067
<i>Loricariichthys anus</i>	C1	130	25	2,275	0,685	1,615	27,325
	C2	1000	55	1,060	0,817	1,250	20,000
	C3	70	22	3,420	1,335	1,365	42,375
	C4	1295	57	1,490	0,893	3,240	22,477
	C5	1585	62	0,990	0,540	1,870	28,280

Não foi observada diferença significativa de acumulação dos metais nos diferentes hábitos alimentares, quando se trata de Cu, Cr e Zn, no entanto, foi constatado diferença para o metal Ni (Tabela 2). Como abordado por Petersen (2016), esse fato pode estar associado ao metabolismo das espécies, em relação à biodisponibilidade dos metais no ambiente aquático. Essa diferença de concentração em distintos hábitos alimentares, também foi caracterizada por Rodrigues (2010), porém, este comparou a presença do metal Hg nas amostras de músculo de espécies carnívoras e onívoras.

Tabela 2. Análise descritiva dos valores obtidos para os metais Cu, Cr, Ni e Zn, conforme os hábitos alimentares.

Metais Pesados	Hábitos Alimentares								Teste t	Sig.
	Carnívoro				Detritívoro					
	Min	Média	Máx	DP	Min	Média	Máx	DP		
Cobre	1,19	1,45	1,62	0,16	0,99	1,84	3,42	1,01	-0,84	0,443
Cromo	0,69	1,18	1,77	0,41	0,54	0,85	1,33	0,3	1,45	0,184
Níquel	0,74	0,96	1,25	0,2	1,25	1,86	3,24	0,8	-2,45	0,040
Zinco	28,34	34,9	38,68	4,28	20	28,09	42,38	8,68	1,57	0,154

Através da análise de correlação de Pearson, foi possível estabelecer, para a espécie *R. quelen*, uma correlação positiva (0,83) entre a concentração dos metais Ni e Cu e inversa (-0,7) para Zn e Cr, indicando que a medida que a concentração de Ni aumenta no músculo do peixe o mesmo acontece para Cu, enquanto que o oposto acontece entre Zn e Cr. Para a espécie *L. anus*, foi observado correlação positiva entre Cr e Cu (0,79) e Cu e Zn (0,85). Essa correlação de aumento de acumulação entre os metais, também foi observado por Barros (2010) em espécies com hábitos alimentares carnívoro e detritívoro, fato que indica, a possível similaridade de origem e comportamento metabólico desses elementos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, foi possível determinar a presença dos metais Cu, Cr, Ni e Zn em todas as amostras estudadas. Ressaltando os casos de J1, J5 e C3 que expressaram valores críticos, esse acúmulo de metais no tecido muscular dos peixes, é um fator que pode estar associado a contaminação do corpo hídrico pelo aporte de efluentes industriais, notadamente das atividades de galvanotécnica que utilizam estes metais no tratamento de superfície de materiais. Vale ressaltar, que o impacto causado pelo acúmulo de metais no meio aquático, não afeta somente os peixes, mas sim, interfere nos processos químicos e biológicos que vão desde a bioacumulação nas espécies até a bioacumulação nos diferentes níveis tróficos agravando-se tanto mais quanto mais alto este último.

Através da análise estatística dos dados, foi verificada uma diferença significativa na acumulação do metal Cu em relação aos hábitos alimentares das espécies analisadas neste estudo. Além disso, foram evidenciadas correlações positivas e inversas entre os elementos. Ambos os casos podem estar relacionados as diferenças de comportamento metabólico desses metais, em relação a necessidade biológica de nutrientes das espécies estudadas.

No entanto, para afirmar essas hipóteses outros estudos devem ser realizados visando verificar, de uma forma mais ampla, a dinâmica de interação desses metais na área de estudo, fazendo uso de uma série de outros organismos, para que possa ser testada a bioacumulação dos metais ao longo da cadeia trófica, além de análises de água e sedimentos, para avaliar a biodisponibilidade dos elementos no ambiente aquático, bem como a origem desses metais.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro necessário a execução deste projeto, através dos editais 01/2017 e 03/2018, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros, B.C.V.; Pinheiro, S.F.; Palheta, D.C.; Silva, C.S (2010) Determinação de Cd, Cr e Al em tecido de peixe provenientes do Rio Gelado/APA, Floresta de Carajás-PA. *Holos Environment*, v. 10, p. 195- 208.
- Cornelli, R. *et al.* (2016) Análise da Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água de Duas Sub-Bacias Hidrográficas do Município de Caxias do Sul. V.4. N. 1. *SCI. CUM. IND.*
- Goulart, M.D.; Callisto, M (2003) Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, v.2, n.1, p.156-164.

- Lima, D. P. de, Santos, C., Silva, R. de S., Yoshioka, E. T. O., Bezerra, R. M. (2015) Contaminação por metais pesados em peixes e água da Bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. *Acta Amazonica*. Vol. 45(4): 405-411.
- Machado, S. D (2004) Análise da ocupação das margens de rios, córregos e canais de drenagem: reflexos da aplicação do código florestal e resoluções do Conama em área urbana. Dissertação de Mestrado. UFSC, Florianópolis.
- Pereira, G.C. & Ebecken, N.F.F (2009) - Knowledge discovering for coastal waters classification. *Expert Systems with Applications*, 36(4): 8604 – 8609. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.009>)
- Petersen, B. C. (2016) Estudo das Alterações Metabólicas em Peixes da Lagoa Tramandaí/Rs. Dissertação (Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais). Centro Universitário La Salle – UNILASALLE. Canoas/RS.
- Rodrigues, A. P. C.; Carvalheira, R. G.; Cesar, R. G.; Bidone, E. D.; Castilhos, Z. C.; Almosny, N. R. P (2010) Bioacumulação de Mercúrio em Quatro Espécies de Peixes Tropicais Oriundos de Ecossistemas Estuarinos do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v. 33, p. 54-62.
- Ross, P. S., Birnbaum, L. S. (2003) - Integrated human and ecological risk assessment: A case study of Persistent Organic Pollutants (Pops) in humans and wildlife. *Human and Ecological Risk Assessment*, 9(1): 303-324
- Schmitz, M.; Giovanella, M.; Schneider, V. E. (2017) Evaluation of metal bioavailability in the Tega River watershed sediments in Southern Brazil. *Journal of Environment and Biotechnology Research*, v. 6, p. 248-259.
- Sukekava, C. F. (2014) Utilização de Peixes como Biomonitorios no Estuário da Lagoa dos Patos. Trabalho de Conclusão de Curso (Oceanografia). Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande/RS.
- Sutil, T. *et al.* (2018) Análise da Qualidade Hídrica do Rio Tega, Caxias do Sul- RS, Brasil. v. 7. n. 2. p. 124-142. *R. gest. sust. Ambient. Florianópolis*.

APÊNDICE B – TRABALHO ENVIADO AO XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA & 2º CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE LIMNOLOGIA

ANÁLISE DA PRESENÇA DE CROMO E COBRE EM AMOSTRAS DE ÁGUA E DE TECIDO MUSCULAR DA ESPÉCIE RHAMDIA QUELEN: ESTUDO DE CASO EM UM RESERVATÓRIO DO RIO DAS ANTAS - RS

Os metais pesados constituem um dos principais fatores que afetam a toxicidade de ecossistemas aquáticos interferindo na sua estrutura trófica. Sua capacidade de dispersão, precipitação e bioacumulação, permitem que se distribuam na coluna d'água, no sedimento e nos organismos. Os processos de bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia trófica, podem igualmente afetar a saúde humana através do consumo dos organismos. Neste estudo avaliou-se a concentração de cobre e cromo na água e em tecido muscular da espécie *Rhamdia quelen* e os possíveis impactos sobre a saúde humana se consumidos. As amostras foram coletadas a montante do barramento da UHE Monte Claro, (Rio das Antas - Veranópolis – RS), e a determinação dos metais na água e no tecido muscular dos peixes foram realizadas através de ICP-OES. Não foram detectados metais na coluna d'água. Nas amostras de tecido muscular, porém, identificou-se 1,102 mg/Kg para Cu e 0,76 mg/Kg para Cr. Este último apresenta valores acima do permitido pela legislação brasileira para o consumo humano, que é de 0,10 mg/kg. O cobre neste caso estaria abaixo do limite de permitido para ingestão conforme Decreto nº 5.871/65. O mesmo não ocorre para o cromo. A concentração elevada de cromo no tecido muscular pode estar relacionada ao hábito alimentar da espécie alvo, classificada como onívora, uma vez que sua dieta varia principalmente entre peixes, moluscos e pequenos crustáceos. Isto porém evidencia a bioacumulação na cadeia trófica do cromo. O fato dos elementos não terem sido detectados na coluna d'água, estão relacionados a sua capacidade de deposição favorecida no ambiente estudado por se tratar de um reservatório de comportamento intermediário tendendo a lântico o que aumenta o tempo de residência e propicia a sedimentação associado a diminuição da velocidade e a capacidade de arraste e dispersão na massa d'água dos metais alvo deste estudo.

Florianópolis, 27 de junho de 2019

Prezado Autor FERNANDA MARCON ANGHEBEN,

Informamos que seu trabalho **ANÁLISE DA PRESENÇA DE CROMO E COBRE EM AMOSTRAS DE ÁGUA E DE TECIDO MUSCULAR DA ESPÉCIE RHAMDIA QUELEN: ESTUDO DE CASO EM UM RESERVATÓRIO DO RIO DAS ANTAS - RS** foi aceito para apresentação nos eventos XVII Congresso Brasileiro de Limnologia & 2º Congresso Ibero-americano de Limnologia na modalidade Pôster. Foram submetidos 525 trabalhos para avaliação do comitê científico sendo que, destes 132 foram aprovados para comunicação oral e 382 para pôster.

APÊNDICE C – TRABALHO ENVIADO AO XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA & 2º CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE LIMNOLOGIA

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE COBRE E CROMO EM AMOSTRAS AMBIENTAIS E DE PEIXES ORIUNDAS DO RESERVATÓRIO DE UMA CGH À JUSANTE DE ÁREA DENSAMENTE URBANIZADA E INDUSTRIALIZADA

Dentre os principais contaminantes do ambiente aquático destacam-se os metais pesados os quais podem ser encontrados na coluna d'água, sedimentos e organismos vivos. Embora atuando em pequenas concentrações como elementos-traço e importantes para algumas rotas metabólicas, em altas concentrações podem bioacumular e/ou biomagnificar podendo comprometer as estruturas tróficas do ecossistema afetando também a saúde humana através do consumo de organismos advindos do mesmo. O presente estudo buscou verificar a contaminação por cobre e cromo na água, no sedimento e em tecido muscular de peixes do gênero *Loricariichthys* (cascudo), através de ICP-OES. As coletas foram realizadas no reservatório da CGH Dona Maria Pianna, localizada no Rio Tega, Caxias do Sul – RS. Na coluna d'água os resultados evidenciaram teores de cobre e cromo correspondendo a 0,0073 mg/L e 0,0044 mg/L respectivamente. No sedimento, as análises indicaram a presença de 0,0566 mg/kg para cobre e 0,0123 mg/kg para cromo e no tecido muscular dos peixes foram obtidos valores de 2,83 mg/kg e de 1,23 mg/kg respectivamente. Por se tratar de um ambiente temporariamente lêntico ou intermediário há a probabilidade de deposição dos metais alvo no sedimento por serem mais densos que a água e maior concentração em relação à coluna d'água. Considerando-se que o hábito alimentar dos cascudos é prioritariamente detritívoro, estes estão mais propícios à ingestão e bioacumulação apresentando uma concentração maior nos tecidos do que a encontrada na água e no sedimento. Segundo o estabelecido no Decreto 5.871/65 e na Resolução nº 42/13 o cobre encontra-se abaixo do valor máximo de ingestão permitido para peixes (30,00 mg/kg). O cromo por sua vez está acima do valor permitido de 0,10 mg/kg o que tornaria impróprio para o consumo humano. Convém salientar que a origem destes metais pode estar associada às atividades galvânicas existentes na área de drenagem da bacia.

Florianópolis, 27 de junho de 2019

Prezado Autor FERNANDA MARCON ANGHEBEN,

Informamos que seu trabalho **AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE COBRE E CROMO EM AMOSTRAS AMBIENTAIS E DE PEIXES ORIUNDAS DO RESERVATÓRIO DE UMA CGH À JUSANTE DE ÁREA DENSAMENTE URBANIZADA E INDUSTRIALIZADA**. foi aceito para apresentação nos eventos XVII Congresso Brasileiro de Limnologia & 2º Congresso Ibero-americano de Limnologia na modalidade Pôster. Foram submetidos 525 trabalhos para avaliação do comitê científico sendo que, destes 132 foram aprovados para comunicação oral e 382 para pôster.

APÊNDICE D – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA GESTÃO & SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

I - Artigo submetido à Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, que possui *Qualis* B2 na área de Ciências Ambientais. O mesmo encontra-se sob avaliação.

Concentração de metais em peixes de diferentes níveis tróficos, ocorrentes no Rio das Antas, RS – Brasil.

Resumo

O lançamento de metais pesados no meio aquático causa uma série de problemas para este ambiente. Por isso, o objetivo desse estudo foi verificar o nível de contaminação pelos metais chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn) no tecido muscular em espécies de diferentes níveis tróficos (*Astyanax sp.*, *Rhandia quelem*, e *Loricariichthys anus*), nativos do Rio das Antas, comparando aos limites máximos de ingestão permitido pela legislação brasileira. Para as análises, os espécimes foram obtidos através da pesca em um ponto a montante do Reservatório da UHE Monte Claro, localizada no Rio das Antas – RS, BR. As análises de metais foram realizadas por meio de sistema digestão em micro-ondas e as leituras por ICP-OES (espectrometria de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente). Os resultados das análises de tecido muscular dos peixes em estudo estão expressos em tabelas. Foi constatado que o metal Cr apresentou valores acima do limite permitido pela legislação brasileira, em todas as amostras. Enquanto Cu, Ni estão abaixo e para duas amostras de Zn os teores estavam acima do limite. Além disso, encontrou-se diferença significativa de acumulação do metais nos diferentes níveis tróficos, em relação aos metais Cu, Cr e Zn. No entanto, para que possa ser possível afirmar essa relação, outros estudos devem ser realizados visando explicar a dinâmica de interação desses metais nessa região, fazendo uso de uma amostragem maior e mais abrangente.

Palavras-chave: níveis tróficos, metais, peixes.

1. INTRODUÇÃO

Os peixes, pertencentes ao sub-filo Vertebrata, são os mais diversificados e numerosos (ZHANG, 2013), com um número que varia de 28.000 a 30.000 espécies conhecidas (FROSE; PAULY, 2007) e pelos menos 13.000 espécies exclusivas de ambientes aquáticos dulcícolas (AGOSTINHO et al., 2010). Sendo que a manutenção do equilíbrio populacional deste grupo está relacionada a existência da grande variedade de alimentos, pois o ambiente aquático é o mais produtivo (PESSOA et al., 2013).

A qualidade dos peixes está ligada a diversos fatores, como parasitose, alterações na biota e contaminação por metais pesados, por isso os mesmos são considerados indicadores destes contaminantes em diferentes níveis tróficos (Rocha, 2011). Os metais ocorrem naturalmente na natureza, porém as atividades antrópicas têm contribuído para o aumento de suas concentrações em ecossistemas aquáticos, tornando-os biodisponíveis e por não serem biodegradáveis acumulam-se em componentes ambientais, como solo, água, animais, onde manifestam sua toxicidade (VOIGT; SILVA; CAMPOS; 2016).

O acúmulo de metais pode ser influenciado tanto pelo tipo de metal, quanto pela espécie de peixe e podem se acumular em diferentes tipos de órgãos como fígado e brânquias do animal, e também no músculo que é a parte mais consumida pelos seres humanos (DORNELLES, 2016). Afetando assim, a saúde humana através do seu consumo.

Os riscos à saúde devido à ingestão do pescado contaminado chegam a ser até quarenta vezes mais elevados do que a ingestão de água contaminada, isto porque os organismos aquáticos são capazes de absorver mais contaminantes do que as concentrações detectadas no ambiente (BARROS et al., 2010).

Os contaminantes podem afetar a saúde humana de duas maneiras, produzindo efeitos agudos como dores de cabeça, náuseas, dificuldades respiratórias, dentre outras, ou crônicos, ocasionando perda de peso, depressão, vários tipos de câncer e até mutagenicidade (CARMO; ABESSA; NETO, 2011). Porém, alguns metais, como cobre e zinco exercem funções benéficas à saúde humana em quantidades necessárias, e outros como chumbo, cromo, mercúrio são prejudiciais, porém dependendo de suas concentrações, todos os metais tornam-se tóxicos (SOUZA et al., 2009). Já o níquel possui benefícios comprovados em plantas, pois sua falta ocasiona necrose foliar, porém nos seres humanos e em outros animais, seu papel fisiológico não é bem estabelecido (NABINGER, 2017). No caso dos peixes de água doce, a intoxicação por tais elementos provoca uma série de distúrbios como baixa fertilidade, redução da imunidade e da taxa de crescimento e doenças que podem levar a morte do indivíduo (Lima, 2013).

Os peixes são considerados agentes de transferência de metais pesados da água e do sedimento para os seres humanos. No Brasil, a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC No - 42, de 29 de agosto de 2013 (Brasil, 2013) determina os limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos visando a proteção da saúde da população consumidora (Tabela 1).

Porém, essa resolução não aborda limites máximos para cobre, cromo, níquel e zinco. Mas o Decreto Nº 55.871, de 26 de março de 1965 (BRASIL, 1965), determina esses limites, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Limites máximos de tolerância estabelecidos para contaminantes inorgânicos, segundo ANVISA.

Contaminante	Categoria	Resolução/Decreto	Limites em mg/kg
Cobre	Qualquer alimento	Decreto nº 5.871/65	30,00
	Bebidas		10,00
Chumbo	Peixes crus, congelados ou refrigerados	Resolução RDC nº 42/2013	0,30
Cromo	Qualquer alimento	Decreto nº 5.871/65	0,10
Mercúrio	Peixes não predadores	Resolução RDC nº 42/2013	0,50
Mercúrio	Peixes predadores	Resolução RDC nº 42/2013	1,00
	Bebidas		0,1
Níquel	Produtos Hidrogenados	Decreto nº 5.871/65	4,0
	Outros alimentos		5,0
Zinco	Bebidas	Decreto nº 5.871/65	5,00
	Sucos de frutas		25,00
	Outros alimentos		50,00

Fonte: Decreto nº 5.871/65, Brasil; RDC nº 42/2013, Brasil. Adaptado pelo autor.

Desta forma, o presente trabalho buscou quantificar a concentração de chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco no tecido muscular de peixes, comparando os resultados com a legislação brasileira que dispõe o limite máximo da ingestão de metais tóxicos permitidos e tendo em vista a expansão desse ramo de pesquisa em todo território brasileiro, visando à proteção da saúde da população consumidora destas espécies.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do sistema Taquari-Antas está situada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, e abrange uma área de 26.428 km², o que equivale a 9% do território estadual, nos quais 98 municípios estão inseridos total ou parcialmente. Tem seu limite ao norte com a bacia do rio Pelotas, a oeste e ao sul com a bacia do rio Jacuí e a leste com as bacias dos rios Caí e Sinos (FEPAM, 2019).

Devido à sua amplitude, a bacia hidrográfica Taquari-Antas possui características físicas e antrópicas diferenciadas: áreas com alto índice de industrialização, com predomínio de produção primária e zonas intensamente urbanizadas (FEPAM, 2019).

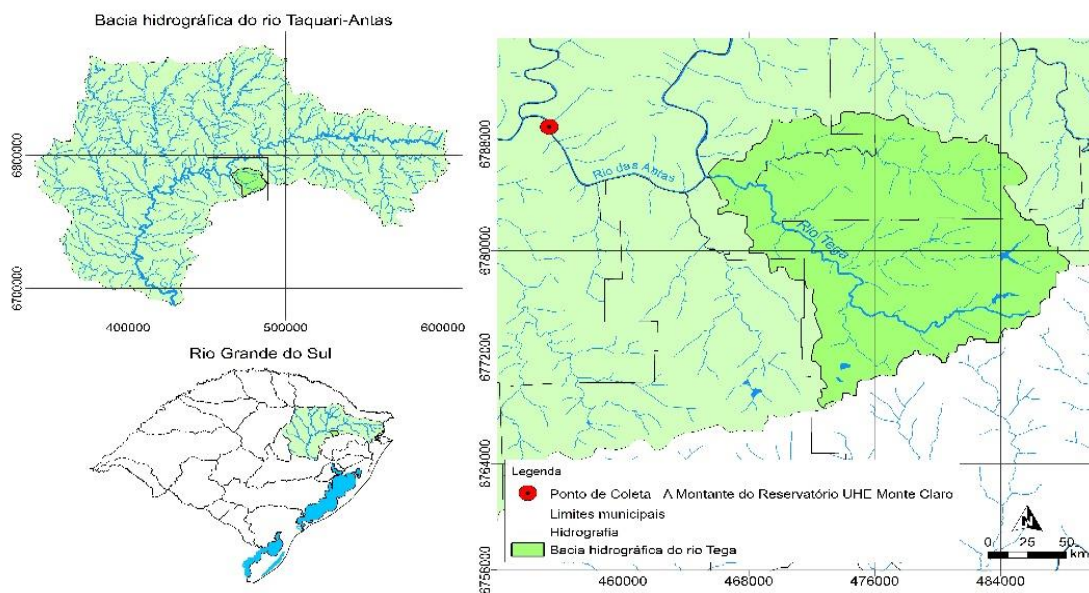
O trecho nomeado como Rio das Antas está situado inicialmente em uma região de baixa densidade populacional, na qual as atividades básicas são a pecuária e a agricultura. No entanto, conta com polos industriais altamente desenvolvidos, como nos municípios de Caxias do Sul, Farroupilha, Bento Gonçalves e Garibaldi, que concentram em torno de 57% dos estabelecimentos industriais (LARENTIS, 2004).

As águas da bacia Taquari-Antas são usadas, em geral, para o abastecimento público e industrial, irrigação, produção de energia e aquicultura (DRH-SEMA, 2002). No entanto, a qualidade das águas são afetadas principalmente por alguns de seus formadores, como os rios Forqueta, Guaporé, Carreiro e Prata (ou Turvo), que percorrem uma zona industrial de alto potencial poluidor e por arroios que drenam importantes áreas urbanas, como o Burati (Bento Gonçalves e Farroupilha), Tega (Caxias do Sul), Biazus (Farroupilha) e Marrecão (Garibaldi) (LORENTIS, 2008).

2.2. Área de coleta

As amostras de peixes provenientes do Rio das Antas foram coletadas a jusante da casa de máquina da UHE Castro Alves e a montante da barragem Monte Claro, em 2017, após a foz do Rio Tega, conforme Figura 1.

Figura 1. Mapa da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e o ponto de coleta de amostras.



Fonte: ISAM - Instituto de Saneamento Ambiental - UCS, 2018. Elaborado por: Geise Macedo dos Santos.

2.3. Coleta das amostras

Para a coleta dos peixes no Rio das Antas, foram utilizados redes como equipamento de captura, instaladas ao entardecer, utilizando barco movido a motor de popa, permanecendo no local por aproximadamente 12 h. As redes de espera utilizadas possuem malha de 1,5 cm entre nós adjacentes, 10 m de comprimento e 2,40 m de altura.

Os peixes capturados para o presente trabalho foram acondicionados em caixa térmica com gelo. As amostras de lambaris, jundiás e cascudos, foram levadas ao Laboratório de Biologia do CARVI - BG, onde foram pesadas em balança semi-analítica, feita a medida do comprimento e mantidas refrigeradas até o processamento. Para a

identificação das espécies foi utilizado como referência o trabalho de Agostinho et al., (2010).

2.4. Preparo das amostras

O músculo axial é utilizado como alimento pelo homem, por esta razão é necessário verificar se os níveis de poluentes estão aceitáveis para consumo humano em conformidade com os recomendados pela legislação brasileira (ROCHA, 2011).

Para a quantificar o nível do teor de metais nos peixes, foi retirado cerca de 2 g de tecido muscular, sem pele da região dorsal entre a nadadeira dorsal e caudal de cada espécime, com o auxílio de um bisturi com lâmina de aço inoxidável, como descrito por Lima et al., (2015). A amostra foi seca em estufa a 60 °C, por um período de 24 h, até peso constante, e triturada em um microprocessador, conforme adaptação do método de Carvalho et al., (2000).

As amostras de tecido muscular foram processadas através de uma digestão ácida, onde foi utilizada 0,3 g da amostra seca, juntamente com uma mistura de 6 mL de ácido nítrico (HNO₃) e 2 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), baseada no método EPA Método 3052-B rev.02/ SMEWW Método 3120B, e aquecida em microondas. As soluções finais foram então filtradas e avolumadas para 50 mL com água Milli-Q para a quantificação dos metais.

Para evitar contaminações, toda a vidraria utilizada foi previamente lavada com solução de Extran Neutro 10% (v/v), e enxaguada com água destilada e com água Milli-Q. Em seguida, foi descontaminada em banho ácido de HNO₃ 10% (v/v), permanecendo submersa durante 24 h e, enxaguada com água Milli-Q, secas em estufa a 60 °C e, posteriormente, mantidas em local fechado. Em cada trituração, o microprocessador foi lavado com solução de ácido nítrico a 10% (v/v) e em seguida com água Milli-Q para evitar contaminação cruzada entre as amostras, conforme o método citado acima.

2.5. Determinação dos metais

A quantificação dos metais foi realizada por ICP-OES (Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado), pelo Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais – LAPAM, da Universidade de Caxias do Sul. A qualidade dos resultados analíticos foi acompanhado com o uso de um branco analítico, em seguida realizada a leitura do padrão de controle e das amostras.

2.6. Análise estatística

Os teores dos metais chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco foram estimados em mg/Kg nas amostras de tecido muscular das espécies de peixes avaliadas. Os níveis tróficos foram caracterizados como topo (1), meio (2) e fundo (3), sendo representados pelas espécies *Astyanax sp*, *Rhamdia quelem* e *Loricariichtys anus*, respectivamente. Para verificar se os teores de metais nos espécimes estudados,

apresentavam valores acima dos limites estabelecidos pela legislação vigente, foi utilizado a estatística descritiva e o intervalo de confiança.

Para a comparação de acumulação dos metais nos diferentes níveis tróficos, utilizou-se o teste não paramétrico para amostras independentes, Kruskal-Wallis. Para a verificação da normalidade dos dados foi utilizado o teste Shapiro-Wilk. Todas as análises estatísticas foram processadas no software IBM SPSS Statistics 23.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração dos metais presentes nas amostras foi calculada a partir de curvas de calibração específica para cada elemento. Os limites mínimos de detecção para cada elemento foram Pb(mg/kg), Cu (mg/kg), Cr (mg/kg), Hg (mg/kg), Ni (mg/kg) e Zn (mg/kg). Os metais cobre e níquel não apresentaram valores acima do limite máximo de permitido pela legislação brasileira, visto dessa forma, não apresentam danos à saúde.

Os metais mercúrio e chumbo apresentaram valores abaixo do limite de detecção, portanto não foram expressos nas tabelas. Isto é um fator de grande importância, já que o local de coleta é a jusante da foz do Rio Tega e a maior parte dos efluentes deste rio são provenientes da intensa atividade metalúrgica da cidade de Caxias do Sul, causando reflexos no Rio das Antas (CORNELI et al., 2016).

Já metal zinco encontra-se com concentração elevada em dois exemplares de lambaris. Isto pode ocorrer pois esta região as atividades básicas são pecuária e agricultura, e nesta, há a aplicação de fertilizantes que são levados até os rios pela água das chuvas.

Um estudo na região pesqueira de Umuarama – Paraná, realizada por Souza e equipe no ano de 2009, também apontou níveis elevados de zinco em amostras de lambaris, principalmente na musculatura que é a parte comestível do peixe. Mesmo sendo um elemento essencial nos processos biológicos que dão suporte a vida (como: cofator de enzimas, transcrição de genes, entre outros), torna-se tóxico em concentrações elevadas ocasionando alguns danos à saúde, de fisionomia empalidecida a anemia (LIMA, 2013).

E o metal com maior concentração encontrado em todos os exemplares foi o cromo, sendo possível relacionar esses resultados com as atividades industriais provenientes da região em torno do Rio Tega, sugerindo que seus efluentes não estejam sendo tratados de forma correta. Este elemento químico é considerado perigoso para a saúde humana, levando a doenças como o câncer (OLIVEIRA, DEBATIN, VENTURELLI, 2017).

Os resultados da análise química dos metais estudados e detectados estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Apresentação dos valores obtidos de metal, para cada amostra estudada. Os limites máximos permitidos pela legislação brasileira estão espessos abaixo da identificação do metal, entre parenteses.

Gênero	Amostra	Nível Trófico	Cobre (30,0mg/kg)	Cromo (0,10mg/kg)	Níquel (5,0mg/kg)	Zinco (50,00 mg/kg)
<i>Astyanax</i> sp.	L1	1	2,21±0,39	1,18±0,19	1,49±0,98	47,795±4,19
	L2	1	1,99±0,5	1,07±0,25	0,99±0,15	71,5±0,51
	L3	1	1,63±0,47	1,29±0,4	1,46±0,07	50,79±4,17
	L4	1	1,34±0,1	1,18±0,45	1,62±0,41	40,19±5,95
	L5	1	1,41±0,03	0,92±0,05	0,73±0,27	56,08±3,38
<i>Rhamdia</i> <i>Quelem</i>	J1	2	1,24±0,1	0,66±0,23	1,17±0,17	35,59±2,31
	J2	2	0,91±0,04	0,85±0,04	1,19±0	32,2±0,25
	J3	2	1,32±0,42	0,70±0,27	0,99±0,48	28,56±3,15
	J4	2	0,88±0,05	0,84±0,32	1,54±0,25	31,59±2,78
	J5	2	1,12±0,36	0,73±0,44	0,75±0,42	26,83±7,55
<i>L. anus</i>	C1	3	2,64±0,8	2,17±0,29	2,84±0,81	40,4±2,54
	C2	3	1,37±0,25	1,69±0,53	1,52±1,06	24,99±4,84
	C3	3	1,62±0,77	1,21±0,47	0,9±0,39	24,32±0,09
	C4	3	2,01±0,74	0,65±0,17	0,69±0,14	42,83±2,18
	C5	3	4,11±2,11	2,2±0,37	2,21±0,36	56,63±7,28

Através da análise estatística foi possível identificar diferença significativa de acumulação dos metais Cu, Cr e Zn nos diferentes níveis tróficos. Sendo que para Cu, a acumulação no meio difere entre o topo e o fundo, com relação ao Cr o fundo apresenta diferença de acumulação entre o topo e o meio. Para o elemento Zn, a diferença ocorre no topo, em relação ao meio e ao fundo. A acumulação do metal Ni não diferiu significativamente entre os níveis tróficos (Tabela 3).

Tabela 3. Nesta tabela está expresso a estatística descritiva dos dados e a significância de acumulação encontrada para os níveis tróficos.

Metais Pesados	Nível Trófico												Sig.
	Topo				Meio				Fundo				
	Min	Média	Máx	DP	Min	Média	Máx	DP	Min	Média	Máx	DP	
Cobre	0,41	1,88	2,22	0,35	0,88	1,10	1,32	0,19	1,37	2,65	5,60	1,71	0,009
Cromo	0,93	1,13	1,30	0,14	0,67	0,76	0,85	0,08	0,65	1,59	2,20	0,66	0,042
Níquel	0,73	1,26	1,63	0,38	1,00	1,28	1,54	0,24	0,69	1,95	4,41	1,50	0,867
Zinco	39,98	50,15	59,39	9,14	28,56	32,91	37,07	3,22	24,26	35,57	51,48	11,46	0,032

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados, o metal cromo foi o único metal estudado que apresentou níveis acima do limite máximo permitido pela legislação brasileira, para todas as amostras estudadas. Esta situação, pode estar relacionada com a contaminação por efluentes de indústrias que fazem uso desse metal em processos internos, e estão situadas na região de estudo.

O metal zinco mostrou-se presente em concentrações elevadas nos exemplares de lambaris (*Astyanax sp.*), isto pode estar associado ao uso de insumos agrícolas, que possuem na sua formulação esse elemento, e também ao fato da bacia de captação de água da área de estudo, estar situada em uma região com extensas áreas de produção agrícola.

Nas amostras foram encontrados níveis de cobre e níquel abaixo do limite estabelecido pela legislação, porém a detecção desses metais nas amostras de peixes, sugere que o ambiente aquático está sofrendo alterações em relação a disponibilidade desses elementos aos organismos. Todavia, para mercúrio e chumbo, os níveis encontrados estão abaixo do limite de detecção de leitura do equipamento, por isso não foram expressos nas tabelas.

Para afirmar essas teorias, se faz necessário outros estudos que buscam esclarecer a dinâmica de interação desses elementos nessa região, fazendo uso de outras matrizes, como, organismos da cadeia trófica, com os quais possa ser testada a bioacumulação dos metais, além de água e sedimento, para avaliar a biodisponibilidade dos elementos no ambiente aquático, bem como a análise de efluentes industriais e lixiviação do solo.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro necessário à execução deste projeto, através dos editais 1/2017 e 03/2018, respectivamente.

5. REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, K. D. G. da L.; LATINI, J. D.; ABUJANRA, F.; GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A. A Ictiofauna do Rio das Antas: Distribuição e Bionomia das Espécies. Maringá (PR): Ed. Clichetec, 2010. 132p.
- BARROS, B. C. V.; PEREIRA, S. F. P.; PALHETA, D. C.; SILVA, C. S. Determinação de Cd, Cr, e Al em tecido de peixes provenientes do Rio Gelado/APA, Floresta de Carajás-PA. *HOLOS Environment*, v.10, nº 2, 2010. p. 196.
- BRASIL. Decreto nº. 55871 de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. *Diário Oficial da União, Poder Executivo*, Brasília, 09 abr. 1965. Acessado em abril de 2018.
- BRASIL. Resolução - RDC n. 42 de 29 de agosto de 2013. Dispõe sobre o regulamento técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos. *Diário Oficial da União, Brasília*, n. 168, p. 33, 30 ago. 2013. Seção 1. Acessado em abril de 2018.
- 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, São Paulo*. 35(1). p. 64-70. 2011.
- CARVALHO, C. E. V.; FARIA, V. V.; CAVALCANTE, M. P. P.; GOMES, M. P. & REZENDE, C. E. Heavy Metal Distribution in Benthic Coast Fish from Macaé Region. RJ., Brazil. *Ecotoxicology and Environmental Restoration*, v. 3, n. 2, p. 64-68, 2000.
- CORNELLI, R.; SCHNEIDER, V. E.; BORTOLINI, T. A.; CEMIN, G.; SANTOS, G. M. dos. Análise da Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água de Duas Sub-Bacias Hidrográficas do Município de Caxias do Sul. *Scientia Cum Industria (SCI. CUM IND.)*, vol. 4, nº.1, p. 1-14, 2016.
- DRH/SEMA. 2002. Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, RS. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>. Acesso em: 12 fev 2019.
- DORNELLES, F. N. Avaliação de cobre e zinco em água, sedimento e peixes do Rio Apucarantina na região da Terra Indígena Apucarana (Tamarana, PR). 2016. Dissertação

de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Londrina, 2016.

FEPAM - Qualidade Ambiental: região hidrográfica do Guaíba. Disponível (Online): <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/taquariantas.asp>. Acessado em março de 2019.

INSTITUTO DE SANEAMENTO AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL - ISAM. (2017). Mapa. Elaborado por Geise Macedo dos Santos. Caxias do Sul, 2017.

LARENTIS, D. L.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação da qualidade de água em grandes bacias: Rio Taquari-Antas, RS. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n. 3, p. 05-22, 2008.

LORENTIS, D.G. 2004 Modelagem matemática da qualidade da água em grandes bacias: sistema Taquari-Antas-RS. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre-RS. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 159p.

LIMA, D. P. de. Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da Bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. 2013. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical. Amapá. 2013.

LIMA, D. P. de, SANTOS, C., SILVA, R. de 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. Vol. 45(4): 405-411. 2015.

NABINGER, D. D. Exposição aguda e subcrônica ao níquel em peixe-zebra (*Danio rerio*): avaliação de parâmetros morfológicos e comportamentais. 2017. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade do Rio Grande do Sul - RS, Programa em Biologia Celular e Molecular. 2017.

OLIVEIRA, D. V.; DEBATIN, E. L.; VENTURELLI, R. B. Análise dos parâmetros de cromo e hidrazina do Rio Itajaí Mirim da cidade de Brusque (SC) e seus efeitos na saúde pelo consumo indireto dessas águas. Ries, Caçador (SC). v. 6, nº 1, p. 117-123, 2017.

PESSOA, E. K. R.; SILVA, N. B.; CHELLAPPA, N. T.; ARAUJO, A.; CHELLAPPA, S. Morfologia comparativa do trato digestório dos peixes *Hoplias malabaricus* e *Hypostomus pusaum* do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte, Brasil. Biota Amazônia, v.3, p. 48-57, 2013.

ROCHA, B. C. P. Relações entre acúmulo de metais em tecido muscular de peixes com diferentes hábitos alimentares coletados na Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande, Estado de São Paulo, Brasil. 2011. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", Programa de Pós-Graduação em Química, Campus de São José do Rio Preto, São Paulo, 2011.

SEMA - SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. DRH – Departamento de Recursos Hídricos. <http://www.sema.rs.gov.br/bacia-hidrografica-taquari-antas>. Acesso em março de 2019.

SMEWW: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (2017), 23ND Edition

SOUZA, G. R.; GARCEZ, M. A. P; SANTOS, V. C. G; SILVA, D. B; CAETANO, J; DRAGUNSKI, D. C. Quantificação de metais pesados em peixes de um pesqueiro localizado na cidade de Umuarama - Pr. Arq. Ciênc. Vet. Zool. Unipar, Umuarama, v. 12, n. 1, p. 61-66, jan./jun. 2009.

VOIGT, C. L.; SILVA, C. P. da. CAMPOS, S. X. de. Avaliação da bioacumulação de metais em *Cyprinus carpio* pela interação com o sedimento e água de reservatório. Química Nova, vol. 39, n. 2, p.180-188, 2016.

ZHANG, Z.-Q. Animal biodiversity: an update of classification and diversity in 2013. Zootaxa 3703, p. 5 - 11, 2013.

Concentration of metals in fish of different trophic levels, occurring in Rio das Antas, RS - Brazil.

Abstract

The release of heavy metals into the aquatic environment causes a number of problems for this environment. The objective of this study was to analyze the concentration of lead (Pb), copper (Cu), chromium (Cr), mercury (Hg), nickel (Ni) and zinc (Zn) in species of different trophic levels *Astyanax sp.*, *Rhandia quelem*, *Loricariichthys anus*, native to the Antas Rivers, in relation to the maximum limits allowed by Brazilian legislation. For the analyzes, the specimens were obtained through fishing at a point upstream of the Monte Claro HPP Reservoir, in Rio das Antas. Methyl analyzes were performed by ICP-OES (inductively coupled plasma optical emission spectrometry). The results of the muscular tissue analyzes of fish of different trophic levels are expressed in tables, for later application of the statistical tests. It was verified that the Cr metal presented values above the limit allowed by Brazilian legislation, in all samples. While Cu, Ni are below and for two samples of Zn the contents were above the limit. In addition, a significant difference was found in the accumulation of metals at the different trophic levels, in relation to Cu, Cr and Zn metals. However, in order to be able to affirm this relation, other studies must be carried out to explain the interaction dynamics of these metals in this region, making use of a larger and more extensive sampling.

Key words: eating habits, fishes, metals.

II – Comprovante da submissão do artigo a Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental.

RGSA] Agradecimento pela Submissão

Jairo Afonso Henkes <jairo.henkes@unis

19:38 (há 25 minutos)

para eu

Fernanda Marcon Angheben,
Agradecemos a submissão do seu manuscrito "Concentração de metais em peixes de diferentes níveis tróficos, ocorrentes no Rio das Antas, RS - BR" para Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:

http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/author/submissao/7748

Login: fmarcon1

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Jairo Afonso Henkes
Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental
http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental