



Universidade Federal do Oeste do Pará
Pró-reitora de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação Tecnológica
Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas
Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos

**DINÂMICA DO MERCÚRIO TOTAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA
USINA HIDRELÉTRICA DE CURUÁ-UNA, SANTARÉM- PA**

YURYANNE CARVALHO PINTO

Santarém-PA

2018

YURYANNE CARVALHO PINTO

**DINÂMICA DO MERCÚRIO TOTAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA
USINA HIDRELÉTRICA DE CURUÁ-UNA, SANTARÉM- PA**

ORIENTADORA: DR^a. YNGLEA GEORGINA DE FREITAS GOCH

Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do título de mestre em
Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos.

**Santarém-PA
2018**

YURYANNE CARVALHO PINTO

**DINÂMICA DO MERCÚRIO TOTAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA
USINA HIDRELÉTRICA DE CURUÁ-UNA, SANTARÉM- PA**

Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do título de mestre em
Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos.

Aprovada em: 07 de junho de 2017



Prof. Dra. Ynglea Georgina de Freitas Goch

**Coordenadora do PPG-RACAM- UFOPA
Universidade Federal do Oeste do Pará (ICTA-UFOPA)
ORIENTADORA**



Prof. Dra. Andréia Cavalcante Pereira
Universidade Federal do Oeste do Pará (ICTA-UFOPA)



Prof. Dr. Bruce Rider Forsberg
Instituto Nacional de Pesquisa na Amazônia- INPA



Prof. Dr. Sérgio de Melo
Universidade Federal do Oeste do Pará (ICTA-UFOPA)

**Santarém-PA
2018**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

- P659d Pinto, Yuryanne Carvalho.
Dinâmica do mercúrio total na área de influência da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una, Santarém - PA./ Yuryanne Carvalho Pinto. – Santarém, 2018.
77 fls.: il.
Inclui bibliografias.
- Orientadora: Ynglea Georgina de Freitas Goch.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos.
1. Ecotoxicologia. 2. Bioconcentração. 3. Biomagnificação. I. Goch, Ynglea Georgina de Freitas, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 571.954663

SINOPSE:

Estudou-se as concentrações dos níveis de mercúrio total em amostras de tecido muscular de peixe, na água e perifíton na Usina Hidroelétrica de Curuá- Una, localizada no município de Santarém, Pará. Foram avaliados os processos de biomagnificação e bioconcentração.

Palavras-chave: Ecotoxicologia, Bioconcentração, Biomagnificação.

Dedico esta conquista aos meus amados pais Edivan Siqueira e Maria Luzia, que sempre me apoiaram nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus e Nossa Senhora, onde sempre buscava forças nos momentos que tudo parecia difícil. A fé move montanhas.

Ao meu Pai Edivan Siqueira, minha Mãe Maria Luzia, por todo apoio nessa jornada, vocês foram essenciais em todas as conquistas. Faltariam palavras para descrever o quanto sou grata!! Obrigada por tudo!!!

Aos meus irmãos. Yume e Mayume, minhas irmãs, minhas companheiras nessa vida de morar longe de casa, obrigada pelos momentos bons e ruins, o apoio de vocês foi essencial, amo vocês. Obrigada à minha caçula Yula, mesmo sem perceber me dava forças para continuar, Te amo demais meu amor!!. Jarlan, obrigada pela parceria nos momentos que precisava de uma “carona” depois dos dias de análises na Universidade. A minha cunhada Ileana e sobrinhos (Victor e Sophia) pelos momentos de distração ao longo dessa etapa.

Ao meu querido, Ricardo Aguiar, por todo apoio na parte de elaboração de mapas, obrigada também pelo teu companheirismo, teu incentivo, principalmente quando pensava que não daria conta!!

Aos meus avós e tios pelos conselhos e orações para que tudo desse certo.

A minha queridíssima Orientadora Dr^a Ynglea Goch, ficaria muito tempo tentando agradecer essa mulher que me “adotou” desde a graduação. Obrigada pelo apoio, pelos ensinamentos científicos e da vida. Você é um exemplo de mulher e profissional a ser seguido. Tenho muita gratidão pelos anos companheirismo, amizade e paciência durante todos esses anos. Ao Professor Reinaldo, pelas contribuições e por compartilhar seus conhecimentos.

À toda equipe do Laboratório de Biologia Ambiental da UFOPA: Aos técnicos Edvaldo e Flávia Lima, por todo os conhecimentos compartilhados;

Aos amigos de laboratório, coletas, análises e da Vida: Debora, Rivolo, Julia, Nathália. Em especial a minha grande parceira e que se tornou uma grande amiga, Debora Gomes, passa um filme na cabeça desses dois anos de mestrado, sendo impossível esquecer nossa primeira coleta na UHE de Curuá- Una, são tantas histórias que poderíamos escrever um livro (hahahah), vou sentir tua falta. A “Julinha” por toda ajuda nas análises de mercúrio, pelas conversas durante as subidas e descidas dos “picos”.

À minha “duplinha +1”. Raieli, pela parceria, amizade, pelas conversas sobre o mestrado, mas também sobre a vida. És uma grande Mulher, Bióloga, Cientista!! Thais, pelos momentos de distração e por me mostrar que tenho uma amiga ciumenta (hahaha). Daiane, Alcimara e Fabiane, obrigada (desculpa pelos furos na maioria das vezes) pela amizade de sempre.

A Turma do PPGRACAM 2016 pelo momentos de aprendizado ao longo desses dois anos.

A todos Professores por compartilhar os seus conhecimentos em sala de aula e principalmente nas aulas de campo.

A CAPES, pelo fomento à pesquisa. Universidade Federal do Oeste do Pará, por toda a logística.

A todos, MUITO OBRIGAGA!! Enfim a todos, pois vocês contribuíram de forma direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse realizado.

*“Entregue o seu caminho ao Senhor;
confie nele, e ele agirá”
(Salmo 37:5)*

RESUMO

O mercúrio é um elemento químico que apresenta alta toxicidade para os organismos vivos. Bioacumula conforme o peso e idade do indivíduo, se biomagnifica ao longo dos diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar, além de ser transferido de forma direta para o organismo através da água. O presente estudo teve por objetivo investigar a dinâmica de mercúrio total (HgT) na UHE de Curuá-Una. Investigando as concentrações de HgT em tecido muscular de peixes em diferentes trechos na UHE de Curuá-Una; verificar as espécies que apresentaram concentrações dentro do limite permitido pela legislação da OMS e ANVISA; se as variáveis limnológicas influenciavam as concentrações de HgT e a bioconcentração de HgT em peixes e perifíton nos diferentes trechos na UHE de Curuá-Una. As coletas foram realizadas em três diferentes trechos (reservatório, transição e jusante) na UHE de Curuá-Una, localizada no Oeste do Estado do Pará. Todas as amostras biológicas (água, peixe e perifíton) foram analisadas através da técnica de Fluorescência Atômica a Vapor Frio (CVAFS). Foram analisados 298 espécimes peixes distribuídos em quatro espécies: *Auchenipterus nuchalis* (Spix & Agassiz, 1829) (n=58), *Curimata knerii* (Steindachner, 1876) (n=62), *Hemiodus unimaculatus* (Bloch, 1794) (n=73) e *Serrasalmus rhombeus* (Linnaeus, 1766) (n=105). Apenas *Hemiodus unimaculatus* e *Serrasalmus rhombeus* apresentam diferença significativas entre os diferentes trechos, sendo que *H. unimaculatus* apresentou maiores concentrações no trecho reservatório ($150,24 \pm 96,26 \text{ ng.g}^{-1}$) e menores à jusante ($78,40 \pm 47,46 \text{ ng.g}^{-1}$), e em *S. rhombeus*, foram observadas as maiores concentrações à transição ($427,45 \pm 245,51 \text{ ng.g}^{-1}$), e as menores à jusante ($181,73 \pm 76,18 \text{ ng.g}^{-1}$). Com relação as concentrações de HgT independente de espécie, foi evidenciado que o trecho jusante ($148,53 \pm 132,99 \text{ ng.g}^{-1}$) difere-se significativamente ($H=23,46$; $p=0,0000$) dos trechos transição ($292,47 \pm 240,35 \text{ ng.g}^{-1}$) e reservatório ($249,52 \pm 232,36 \text{ ng.g}^{-1}$). As concentrações de HgT entre os níveis tróficos, apresentou diferenças significativas ($H=136,30$; $p=0,000$) entre as concentrações dos organismos de hábito alimentar detritívoro ($94,36 \pm 74,20 \text{ ng.g}^{-1}$) e as de hábito piscívoro ($324,97 \pm 245,61 \text{ ng.g}^{-1}$) e insetívoro ($338,26 \pm 203,04 \text{ ng.g}^{-1}$), as duas últimas com maiores concentrações. Houve diferença significativa na bioconcentração entre os níveis tróficos ($H=81,93$; $p=0,00$), demonstrando que as espécies que estavam no nível trófico inferior da cadeia trófica estão bioconcentrando menos ($1,40 \pm 0,27 \text{ ng.g}^{-1}$) que as espécies de topo de cadeia ($2,01 \pm 0,32 \text{ ng.g}^{-1}$). No entanto não foram observadas diferenças significativas na bioconcentração no perifíton entre os diferentes trechos, mas foi notório observar que o maior fator de bioconcentração foi à transição ($1,87 \text{ ng.g}^{-1}$), seguido da jusante ($1,73 \text{ ng.g}^{-1}$) e reservatório ($1,62 \text{ ng.g}^{-1}$) da barragem.

Palavras-chave: Água, bioconcentração, ecotoxicologia, peixe, perifíton.

ABSTRACT

Mercury is a chemical element that presents high toxicity to living organisms. It bioaccumulates according to the weight and age of the individual, if it biomagnifies along the different trophic levels of the food chain, besides being transferred directly to the organism through the water. The present study aimed to investigate the dynamics of total mercury (HgT) in the UHE Curuá-Una. Investigating the concentrations of HgT in muscular tissue of fish in different stretches in the UHE Curuá-Una; to verify the species that had concentrations within the limits allowed by WHO and ANVISA legislation; if the limnological variables influenced the concentrations of HgT and the bioconcentration of HgT in fish and periphyton in the different stretches in the UHE Curuá Una. The samples were collected in three different stretches (reservoir, transition and downstream) at UHE Curuá-Una, located in the western part of the state of Pará. All biological samples (water, fish and periphyton) were analyzed using the Atomic Fluorescence Cold Vapor (CVAFS). A total of 298 specimens were distributed in four species: *Auchenipterus nuchalis* (Spix & Agassiz, 1829) (n=58), *Curimata knerii* (Steindachner, 1876) (n=62) and *Hemiodus unimaculatus* and *Serrasalmus rhombeus* (Linnaeus, 1766) (n=105). Only *Hemiodus unimaculatus* and *Serrasalmus rhombeus* showed significant differences between the different stretches, with *H. unimaculatus* presenting higher concentrations in the reservoir (150.24 ± 96.26 ng.g⁻¹) and lower ones (78.40 ± 47.46 ng.g⁻¹), and in *S. rhombeus*, the highest concentrations at the transition (427.45 ± 245.51 ng.g⁻¹) were observed, and the lower ones at the downstream (181.73 ± 76.18 ng.g⁻¹). In the case of HgT concentrations, the upstream stretch (148.53 ± 132.99 ng.g⁻¹) was significantly different (H=23.46; p=0.0000) of the transition passages (292.47 ± 240.35 ng.g⁻¹) and reservoir (249.52 ± 232.36 ng.g⁻¹). The concentrations of HgT between the trophic levels showed significant differences (H=136.30; p=0.000) between the concentrations of detritus feeding organisms (94.36 ± 74.20 ng.g⁻¹) and those of habit (324.97 ± 245.61 ng.g⁻¹) and insectivorous (338.26 ± 203.04 ng.g⁻¹), the latter two with higher concentrations. There was a significant difference in bioconcentration between trophic levels (H=81.93; p=0.00), demonstrating that the species that were at the lower trophic level of the trophic chain are bioconcentrating less (1.40 ± 0.27 ng.g⁻¹) than the top-chain species (2.01 ± 0.32 ng.g⁻¹). However, no significant differences were observed in the bioconcentration in the periphyton between the different stretches, but it was noteworthy to observe that the largest bioconcentration factor was transition (1.87 ng.g⁻¹), followed by downstream (1.73 ng.g⁻¹) and reservoir (1.62 ng.g⁻¹) of the dam.

Keywords: Water, bioconcentration, ecotoxicology, fish, periphyton.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
1.1 Mercúrio (Hg) e suas características.....	13
1.2 Mercúrio na Amazônia	14
1.3 Mercúrio em reservatórios	15
1.4 Biomagnificação e Bioconcentração do Mercúrio.....	17
1.5 Justificativa.....	18
2. OBJETIVOS.....	20
2.1 Objetivo Geral.....	20
2.2 Objetivos Específicos.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Área de Estudo	21
3.2 Métodos de Campo.....	21
3.2.1 Pontos de Coleta	21
3.2.2 Amostragem de água.....	23
3.2.3 Amostragem do perifíton.....	24
3.2.4 Amostragem de peixes.....	25
3.3 Métodos de laboratório.....	26
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
CAPÍTULO I.....	37
5. Ecotoxicologia de mercúrio total no reservatório de Curuá-Una, Amazônia, PA.....	38
ABSTRACT.....	39
RESUMO.....	40
INTRODUÇÃO.....	41
RESULTADOS.....	45
DISCUSSÃO.....	52
REFERÊNCIA.....	57
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1: Modelo de Bioconcentração em peixes. Fonte: Manahan 1991(Adaptado)..... 18

MATERIAL E MÉTODOS

Figura 2: Localização da Usina Hidroelétrica Silvio Braga, no rio Curuá-Una.21

Figura 3: Localização dos pontos de coleta de água, peixes e perifíton.23

Figura 4: Coleta das amostras de água.24

Figura 5: Coleta de amostras de perifíton.24

Figura 6: Procedimento de coleta de tecido muscular de peixe e armazenamento.25

Figura 7: Espécime de *Auchenipterus nuchalis* (Spix & Agassiz, 1829).

Figura 8: Espécime de *Curimata knerii* (Steindachner, 1876).30

Figura 9: Espécime de *Hemiodus unimaculatus* (Bloch, 1794).

Figura 10: Espécime de *Serrasalmus rhombeus* (Linnaeus, 1766).30

CAPÍTULO I: ECOTOXICOLOGIA DE MERCÚRIO TOTAL NO RESERVATÓRIO DE CURUÁ-UNA, AMAZÔNIA, PA

Fig. 1. Mapa de localização dos pontos de coleta na UHE de Curuá- Una.43

Fig. 2. Concentrações médias de mercúrio total (HgT) em tecido muscular de quatro espécies de peixes nos três diferentes trechos (jusante, reservatório e transição).46

Fig. 3. Concentrações médias de mercúrio total (HgT) em tecido muscular de peixes nos diferentes trechos (Jusante, Reservatório e Transição).47

Fig. 4. Concentrações médias de mercúrio total (HgT) em tecido muscular de peixes em diferentes níveis tróficos.48

Fig. 5. Análise de Correspondência evidenciando as variáveis limnológicas que podem estar contribuindo para as concentrações de Hg total (ng.g^{-1}) nos peixes nos três diferentes trechos na UHE de Curuá- Una.50

Fig. 6. Fator de bioconcentração (FB) entre níveis tróficos na UHE de Curuá- Una.51

Fig. 7. Fator de Bioconcentração (FB) em perifíton nos três trechos na UHE de Curuá- Una.51

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Mercúrio (Hg) e suas características

O mercúrio (Hg) é um elemento que ocorre naturalmente e é encontrado em todo o mundo. É um metal pesado pertencente ao Grupo IIB da tabela periódica, junto com os outros metais como cádmio e o zinco, apresenta aspecto argênteo, inodoro, de número atômico 80, sendo o único metal que pode ser encontrado em estado líquido em condições naturais de temperatura e pressão. Sua densidade relativa é 13,6 vezes maior que a da água (Nascimento e Chasin, 2001).

Segundo a Organização Mundial de Saúde, o Hg é considerado um dos dez elementos químicos que são de grande preocupação pela saúde pública (WHO, 2013), ressaltando que a contaminação fornecida por metais pesados tóxicos deve-se principalmente ao fato de que eles são bastante estáveis no ambiente e são capazes de serem retidos no solo, plantas, sedimentos e sistemas biológicos (Sanches Filho *et al.*, 2015).

As formação de compostos orgânicos ou inorgânicos, denominadas espécies químicas, podem ter ligação com diferentes ânions (Kasper *et al.*, 2015). Sendo que no ambiente o mercúrio pode se apresentar em três formas distintas:

- A forma metálica (Hg^0), caracterizada por elevada pressão de vapor, baixa solubilidade na água e com um tempo de permanência na atmosfera que varia de dias a alguns anos (Nascimento e Chasin, 2001);
- A forma de metilmercúrio (CH_3Hg^+), que é altamente resistente à deterioração ambiental, sendo considerada a forma mais tóxica (Lacerda e Salomons, 1992);
- A forma inorgânica divalente (Hg^{2+}), que possui alta afinidade por ligantes orgânicos e inorgânicos particularmente com os que contêm radicais de enxofre (Lacerda e Salomons, 1992).

Dentre os metais pesados, o Hg apresenta a maior toxicidade, pois em ambientes aquáticos pode ocorrer a transformação para a forma de metilmercúrio, que é a forma mais tóxica tanto para humanos quanto para animais, além de ser o único que se biomagnifica na cadeia

alimentar, ou seja, suas concentrações nos organismos aumentam conforme o nível trófico (UNEP, 2013).

No entanto, entre as diversas espécies químicas existentes do Hg, podemos destacar como as mais importantes: o mercúrio elementar, também denominado mercúrio metálico (Hg^0); o mercúrio iônico em suas duas formas oxidadas: íon mercuroso (Hg_2^{2+}) e íon mercúrico (Hg^{2+}); e as espécies metiladas; o metilmercúrio (CH_3Hg^+) e o dimetilmercúrio [$(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$] (Miranda *et al.*, 2007).

De acordo com Azevedo (2003), o Hg ocorre naturalmente em pequenas concentrações em diferentes compartimentos da natureza: hidrosfera, litosfera, atmosfera e biosfera. Ocorrendo entre esses compartimentos um fluxo contínuo de Hg. Porém, raramente é encontrado como elemento livre na natureza, sendo amplamente distribuído, em baixas concentrações por toda a crosta terrestre.

Entretanto, a principal forma do Hg em que a população em geral está exposta, é o metilmercúrio (Sheehan *et al.*, 2014). O metilmercúrio é lipossolúvel, sendo muito bem absorvido tanto pelas membranas biológicas em geral, quanto pelos tratos digestivos de praticamente todas as cadeias alimentares. O processo de metilação do Hg facilita a permanência e o transporte deste metal no meio aquático, assim como transferem a contaminação para ecossistemas bastante afastados da fonte de contaminação (Porcela, 1994).

Existem dois ciclos de transporte e distribuição do Hg no ambiente: um global, onde envolve a circulação atmosférica do mercúrio elementar (Hg^0) provenientes de fontes na crosta terrestre para os oceanos e outro regional, que depende da metilação do mercúrio inorgânico (Hg^{2+}) proveniente principalmente de fontes antrópicas (Miranda *et al.*, 2007).

1.2 Mercúrio na Amazônia

Desde o fim dos anos 70, existe um grande interesse por todo mundo, quanto a contaminação da biota de muitos sistemas aquáticos de água doce devido a contaminação por Hg (Palermo *et al.*, 2004).

Na década de 80, estudos evidenciaram que a contaminação mercurial no ambiente era decorrente do uso indiscriminado de mercúrio metálico em áreas de garimpo, após uma década de corrida do ouro (Martinelli *et al.*, 1988). Durante o auge da extração de ouro em garimpos na Amazônia, aproximadamente 130 toneladas de Hg eram lançadas na região por ano (Pfeiffer

et al., 1993). Estas atividades antropogênicas favorecem a disponibilidade de Hg para a biosfera, conduzindo para o aumento de Hg total no ambiente (Mason *et al.*, 2012).

No entanto a partir da década de 90, foram encontrados altos níveis de contaminação mercurial em solos, peixes e populações humanas longe de qualquer atividade industrial (Forsberg *et al.*, 1995; Silva-Forsberg *et al.*, 1999; Roulet *et al.*, 1998), mostrando assim que uma parte significativa do mercúrio encontrado nos ecossistemas são de origem natural, ou seja, a liberação deste metal ocorre através de emissões vulcânicas, desgaste e desgaseificação da crosta terrestre (ATSDR, 1999). Os processos naturais que contribuem para o aparecimento de elementos-traço como o Hg nos sistemas aquáticos são o intemperismo de rochas e a lixiviação no perfil do solo, enquanto as fontes antropogênicas estão associadas, principalmente, a atividades de mineração (carvão e jazidas minerais) e industriais (Kabata-Pendias e Pendias, 2001). Segundo, Roulet *et al.* (1999), os solos amazônicos podem ser considerados como um reservatório natural, pois mais de 97% do Hg acumulado nos solos amazônicos são pré-antropogênicos.

As emissões de Hg, tanto naturais quanto antropogênicas, se apresentam na forma inorgânica, predominantemente como vapor metálico (Hg^0). Porém quando disponibilizado no ambiente aquático, o mercúrio inorgânico é transformado em metilmercúrio por ação microbiológica, predominantemente por bactérias sulfato-redutoras (Compeau e Bartha, 1985; Hansen *et al.*, 1997). Sendo que o metilmercúrio (MeHg) aumenta a toxicidade do Hg o qual é biomagnificado na cadeia trófica (Coelho-Souza *et al.*, 2011).

O processo de metilação do Hg pode ser influenciado pela comunidade perifítica, uma complexa comunidade de microrganismos (algas, bactérias, fungos e animes), detritos orgânicos e inorgânicos aderidos tanto em substratos inorgânicos quanto orgânicos vivos ou mortos (Wetzel, 1983). Esta comunidade associada principalmente à raízes de macrófitas aquáticas influencia a biodisponibilidade do Hg, o processo de metilação e a atividade bacteriana, além de ser considerada um elo entre o aumento ou a diminuição da metilação do Hg (Coelho-Souza *et al.*, 2007).

1.3 Mercúrio em reservatórios

O crescente aumento em larga escala de empreendimentos hidroelétricos, resulta no represamento de rios e inundações de extensivas áreas florestais e solos, resultando assim na transformação e disponibilidade de uma fração de Hg no ecossistema aquático (Verta, 1990).

Porvari (1995), realizou o estudo sobre os níveis de Hg em peixes em um reservatório hidrelétrico na região Amazônica e no rio Mojú, Estado do Pará, evidenciando que as maiores concentrações de Hg foram encontradas em peixes predadores e menores em espécies de peixes herbívoros, enquanto os planctívoros e omnívoros apresentam concentrações intermediárias.

Estudos demonstram que após a inundação dos reservatórios, ocorre um aumento dos níveis de Hg na biota local (St. Louis *et al.*, 2004; Hylander *et al.*, 2006 e Bodaly *et al.* 2007). Este aumento está relacionado com a mobilização de Hg e com a decomposição da matéria orgânica da vegetação submersa e do solo (Kasper *et al.*, 2012).

Hylander *et al.* (2006), observou os níveis de Hg total em peixes antes e depois da inundação do reservatório tropical Lago Manso, evidenciando que ocorreu um aumento significativo durante os primeiros três anos de inundação. Além de que as concentrações de Hg foram maiores em peixes capturados a jusante da barragem do que nos peixes do próprio Lago Manso.

Kasper *et al.* (2012), destacaram a avaliação dos níveis de Hg em plâncton, partículas em suspensão (MPS) e peixes coletados a montante e a jusante da barragem do Reservatório de Samuel, evidenciando que as concentrações de Hg na forma orgânica, foram significativamente maiores a jusante da barragem.

Em estudo no reservatório e a jusante da barragem da hidroelétrica de Balbina, Kasper *et al.*, 2014, observaram que a estratificação do reservatório afetava os níveis de metilmercúrio na água do rio, plâncton e peixes. Sendo que no geral, os níveis de metilmercúrio em plâncton e peixes, foram também maiores a jusante da barragem.

A área da jusante das barragens apresenta uma alta quantidade de metilmercúrio (MeHg), que está associada a estratificação do reservatório, onde ocorre o aumento da anóxia em águas hipolimnéticas que favorecem a metilação do Hg e bioacumulação de MeHg (Schetagne *et al.*, 1999; Canavan *et al.*, 2000).

Outros estudos que buscam compreender a dinâmica do Hg em reservatórios hidroelétricos, vem levando em consideração diferentes tipos de tecido, características biológicas e hábitos alimentares de peixes, além das características limnológicas dos reservatórios.

Kasper *et al.* (2009), avaliaram a distribuição de Hg em diferentes tecidos (fígado, músculo, rim, trato digestivo e gônadas) e níveis tróficos do reservatório de Vigário, RJ. Onde foi possível concluir que a distribuição e dinâmica das diferentes espécies de mercúrio orgânico e inorgânico em diferentes tecidos de peixes estão relacionadas a características bioquímicas e fisiológicas intrínsecas.

Kehrig *et al.* (2009), utilizaram duas espécies de peixes com hábitos sedentários e territoriais (*Cichla* spp. e *Geophagus surinamensis*), como bioindicadoras de Hg nos reservatórios de Balbina e Tucuruí. Comprovando que diferentes características limnológicas e hábitos alimentares, são fatores que influenciam os padrões de acumulação de Hg no tecido muscular das espécies estudadas.

1.4 Biomagnificação e Bioconcentração do Mercúrio

A disponibilidade e o aumento das concentrações de Hg no ambiente aquático, acaba resultando em efeitos nocivos sobre os organismos vivos através principalmente, dos processos de bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia trófica (Beltran- Pedreros *et al.*, 2011).

O processo de biomagnificação, pode ser definido pela acumulação de alguns metais pesados por níveis tróficos sucessivos, ou seja, esses elementos são transferidos de um nível trófico a outro, por exemplo, sempre que um organismo que esteja contaminado por Hg ocupa um nível trófico inferior em uma cadeia trófica, seu predador absorverá este metal, ocorrendo um aumento significativo da contaminação (Gray, 2002; Azevedo, 2003).

O processo de bioacumulação ocorre quando o Hg que está disponível no ambiente, acumula-se nos tecidos de um organismo, sendo que suas concentrações tendem a aumentar à medida que o organismo ganha peso e idade (Azevedo, 2003; Oliveira, 2014).

Estudos comprovam que é no ambiente aquático que ocorre o processo de metilação do Hg para a forma de metilmercúrio, um composto orgânico com grande estabilidade química, que aliado à sua alta afinidade por lipídios o conduz a um trânsito preferencial e estável pela biota, sendo que esta é a forma mais tóxica tanto para humanos quanto para animais (Inza *et al.*, 1998; UNEP, 2013). De acordo com Inza *et al.* (1998) o metilmercúrio apresenta o fenômeno de biomagnificação (multiplicação das concentrações ao longo dos níveis tróficos) de forma mais eficiente do que qualquer outro poluente metálico.

Em estudo de Oliveira (2014) que teve por objetivo investigar a bioacumulação e biomagnificação de Hg total em peixes associados à macrófitas aquáticas em um trecho da bacia do rio Amazonas, constatou que se tratando do processo de biomagnificação, as espécies piscívoras, insetívoras, zooplactófagas e planctófagas atingiram concentrações mais elevadas em relação aos demais níveis tróficos. Assim como as espécies onívoras e herbívoras atingiram concentrações de Hg intermediárias enquanto que as espécies iliófagas e detritívoras apresentaram concentrações mais baixas.

Além dos processos de biomagnificação e bioacumulação, vários organismos apresentam potencial para bioconcentrar níveis elevados de metais pesados a partir do ambiente, por exemplo, o peixe pode absorver através de suas brânquias substâncias dissolvidas na água, onde o metal está presente, sendo transportado pelo sangue, posteriormente se concentrando nos diferentes tecidos (Manahan, 1991; Kehrig *et al.*, 2011 e Repula *et al.*, 2012). Portanto, bioconcentração se refere-se a transferência de um elemento químico (por exemplo, mercúrio) da coluna d'água diretamente para o organismo (Gray, 2002).

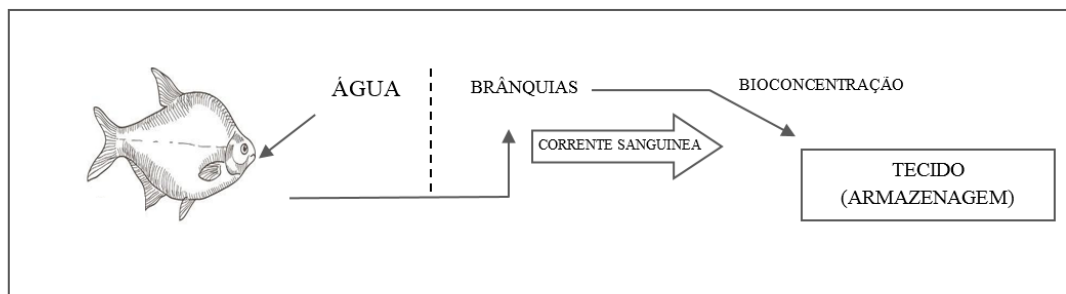


Figura 1: Modelo de Bioconcentração em peixes. Fonte: Manahan 1991(Adaptado)

1.5 Justificativa

Nesse contexto, a compreensão da dinâmica do Hg no sistema aquático em um reservatório hidroelétrico na Amazônia, inundado há 40 anos, é de suma importância, visto que este metal do ponto de vista ecotoxicológico, é nocivo para organismos vivos, podendo levar até a morte de seres humanos. Estudos comprovam que uma parcela (97%) do Hg disponível em solos amazônicos é de origem natural (Roulet *et al.*, 1999). No entanto atividades antrópicas, como o represamento de rio, que resulta na inundação de extensas áreas de florestas e solos, acaba disponibilizando Hg para o sistema aquático. Uma vez disponibilizado na biota aquática, o Hg pode ser retido no sedimento, ou ser assimilado pelas plantas aquáticas, plâncton, perifíton, peixes, etc.

No entanto vale ressaltar que a população humana, principalmente os ribeirinhos amazônicos, estão expostos ao Hg através da ingestão de alimentos contaminados, pois sua alimentação é baseada principalmente no pescado (Anjos *et al.*, 2016; Barbosa *et al.*, 2003). Clarkson (1998), indicou que os peixes são importantes concentradores de metais pesados e são bons bioindicadores de contaminação por Hg em sistemas aquáticos, tanto de ambientes marinhos quanto de água doce.

Vários estudos são realizados para avaliar a contaminação da biota aquática por Hg, no entanto, devido sua direta relação com a saúde humana, a maioria destes estudos consideram apenas o músculo (visto que este tecido é a principal parte comestível) (Kasper *et al.*, 2009). Desta forma, o presente estudo buscou compreender os processos de biomagnificação e bioconcentração de Hg Total, utilizando diferentes matrizes biológicas (água, perifíton e peixe) ao longo da cadeia trófica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar através dos processos de biomagnificação e bioconcentração a dinâmica de mercúrio total (HgT) na Usina Hidroelétrica de Curuá- Una.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar e comparar as concentrações de mercúrio total na água, perifíton e peixes de diferentes níveis tróficos em três trechos (jusante, reservatório e transição) da UHE de Curuá- Una;
- Avaliar e comparar a biomagnificação de mercúrio total em peixes de diferentes níveis tróficos e em diferentes trechos da UHE de Curuá- Una;
- Avaliar a bioconcentração de mercúrio total em peixes de diferentes níveis tróficos e perifíton nos diferentes trechos da UHE de Curuá- Una;
- Investigar se existem influencias das variáveis físico-químicos da água sobre as concentrações de mercúrio total nas matrizes investigadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A Usina Hidroelétrica Silvio Braga (UHE Curuá-Una) está situada nas coordenadas $2^{\circ}48'43,97''$ S e $54^{\circ}17'57,08''$ W em uma área de floresta tropical, próximo ao Município de Santarém, no Oeste do estado do Pará. As obras iniciaram-se na década de 60 e o enchimento total do reservatório finalizou em fevereiro de 1977. Os tributários da represa são os rios Curuá-Una (ao sul), Mojú e Mojuí (a oeste). Tendo como quarto tributário de pequeno porte, o rio Poraquê que deságua na represa entre o rio Curuá-Una e o rio Mojú (Vieira e Darwich, 1999; Vieira, 2000).

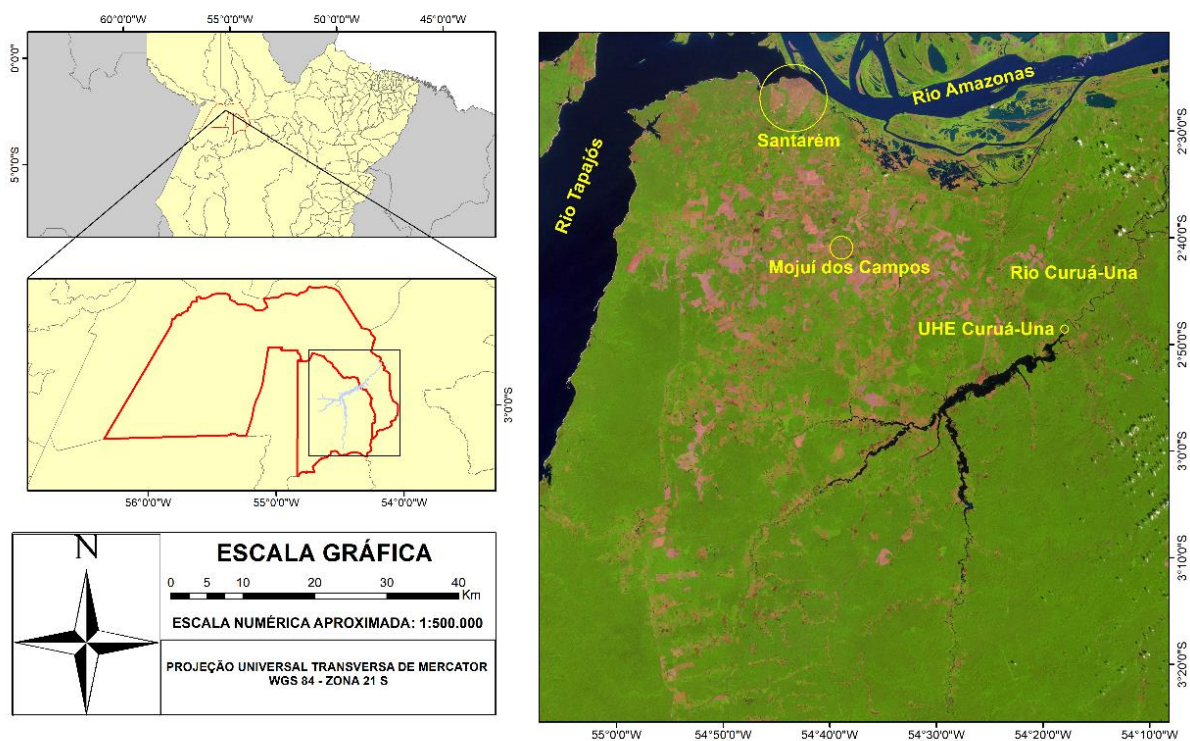


Figura 2: Localização da Usina Hidroelétrica Silvio Braga, no rio Curuá-Una.

3.2 Métodos de Campo

3.2.1 Pontos de Coleta

As coletas foram realizadas em diferentes períodos, durante os anos de 2017 e 2018 ao longo do reservatório hidroelétrico de Curuá-Una.

As coletas das matrizes biológicas em questão foram realizadas nos meses de março e novembro de 2017 e janeiro de 2018.

As coletas de água, perifíton e peixes foram realizadas ao longo de seis pontos, distribuídos em três trechos na região da UHE: jusante (P1 e P2), apresentando águas lóticas, presença de macrófitas aquáticas, margens moderadamente desmatadas. Reservatório (P3 e P4), é caracterizado por apresentar águas mais lênticas, com a presença de caules (paliteiros) de árvores que foram submersos, logo após o enchimento do reservatório e transição (P5 e P6), exibe águas semi- lênticas, com presença de caules de árvores submersas de forma moderada e grande atividade de desmatamento e queimadas. As coordenadas geográficas dos pontos de coleta encontram-se na tabela 1 e a localização dos pontos pode ser observada na figura 3.

Em todos os pontos de coleta foram mensuradas as variáveis físico-químicas da água: potencial hidrogeniônico- pH, temperatura da água (°C), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), total de sólidos dissolvidos- TDS (mg/L) e oxigênio dissolvido (mg/L).

Tabela 1: Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de água, peixe e perifíton da UHE Curuá-Una.

Trecho	Pontos de coleta	Coordenada	Localização
Jusante	P1	02° 48' 41.40''S 054° 17' 51.30''W	Abaixo da barragem.
	P2	02° 44' 47.74''S 054° 14' 11.43''W	Próximo à comunidade Santa Helena.
Reservatório	P3	02° 49' 24.90''S 054° 18' 21.81''W	Reservatório, perto da barragem.
	P4	02° 53' 13.27"S 054° 23' 13.09"W	Próximo à comunidade Porto Alegre.
Transição	P5	03° 54' 55"S 054° 27' 41.91"W	Rio Curuá-Una, zona de influência do reservatório – comunidade do Xavier.
	P6	02° 58' 43.25"S 054° 33' 41.35"W	Rio Mojú perto da comunidade de Vista Alegre do Mojú.

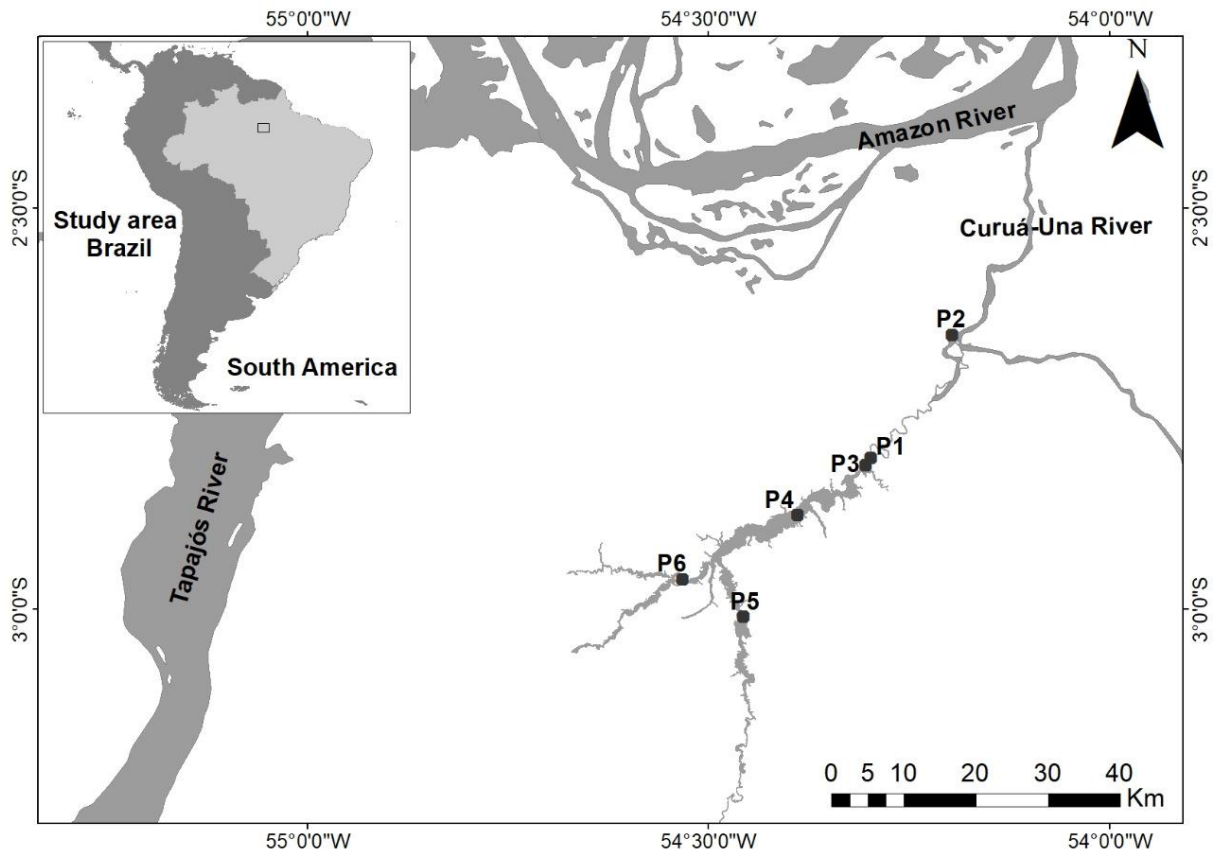


Figura 3: Localização dos pontos de coleta de água, peixes e perifíton.

3.2.2 Amostragem de água

As amostras de água, foram coletadas em garrafas de politereftalato de etileno (PET) para a determinação de HgT. Kasper *et al.* (2015), ao realizarem uma revisão das metodologias de coleta, preservação e armazenamento de amostras de água para análise de mercúrio, constataram que garrafas de vidro, PTFE e PET podem ser utilizadas para coleta e armazenamento de amostras de água destinadas à análise de HgT e Hg reativo.

Antes do procedimento de coleta das amostras, todas as garrafas PET foram devidamente limpas, seguindo o protocolo que consiste primeiramente em descartar a água mineral da garrafa, realizar a lavagem várias vezes com água ultrapura e em seguida enchê-la com $0,1 \text{ mol}^{-1}$ de HCl por um período de 24h. Posteriormente, as garrafas foram novamente enxaguadas com água ultra pura, embaladas em três sacos plásticos e guardadas em local limpo até o momento da coleta (Fadini & Jardim, 2000).

O procedimento de coleta foi realizado, seguindo o protocolo de mão suja *versus* mão limpa (Montgomery *et al.*, 1995). Após a coleta, as garrafas foram protegidas da luz com papel

alumínio a fim de evitar a fotodegradação do metal. Posteriormente foram congeladas em baixa temperatura até a realização das análises de HgT.



Figura 4: Coleta das amostras de água.

3.2.3 Amostragem do perifíton

A amostragem do perifíton nos trechos reservatório e transição foram realizadas através da coleta de material aderido aos troncos dos paliteiros, enquanto que a jusante, o perifíton foi coletado em rochas e raízes de macrófitas aquáticas. Após a coleta o material foi armazenado em sacos plásticos estéreis, a fim de evitar a contaminação das amostras e posteriormente foram congeladas e levadas ao laboratório para processamento e posterior análise.



Figura 5: Coleta de amostras de perifíton.

Para a realização da análise de HgT no perifíton, o material foi peneirado para excluir os fragmentos grosseiros, em seguida foi despejado em um copo concentrador de plâncton com peneira de nylon de malha de 63 μm . Posteriormente o concentrado foi transferido para tubos

de Falcon com volume de 12 ml e centrifugado a 3000 RPM por 3 minutos. Após a centrifugação, o sobrenadante foi descartado e as amostras foram congeladas. Em seguida, as amostras foram liofilizadas e posteriormente foi realizado o procedimento de digestão ácida para extração do HgT (Método adaptado de Mauro, 2004).

3.2.4 Amostragem de peixes

Para a realização das coletas dos peixes foram utilizados conjuntos de redes de emalhar de diferentes tamanhos de malhas, cada conjunto de rede formado por malhas de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 mm entre nós opostos.

O esforço de captura foi padronizado em ciclos de 12 horas, com revisão das redes e despescas a cada seis horas. Após captura os espécimes foram identificados utilizando chaves de identificação (Ferreira *et al.*, 1998; Reis *et al.*, 2003; Buckup *et al.*, 2007; Queiroz *et al.*, 2013) e auxílio de especialistas. Em seguida foram realizadas as medidas de peso total (g) e comprimento total e padrão (cm) e posterior retirada de uma amostra do tecido muscular da parte dorsal dos exemplares capturados, a qual foi armazenada em recipiente plástico devidamente limpo. As amostras foram congeladas e levadas para o laboratório, até posterior análise.

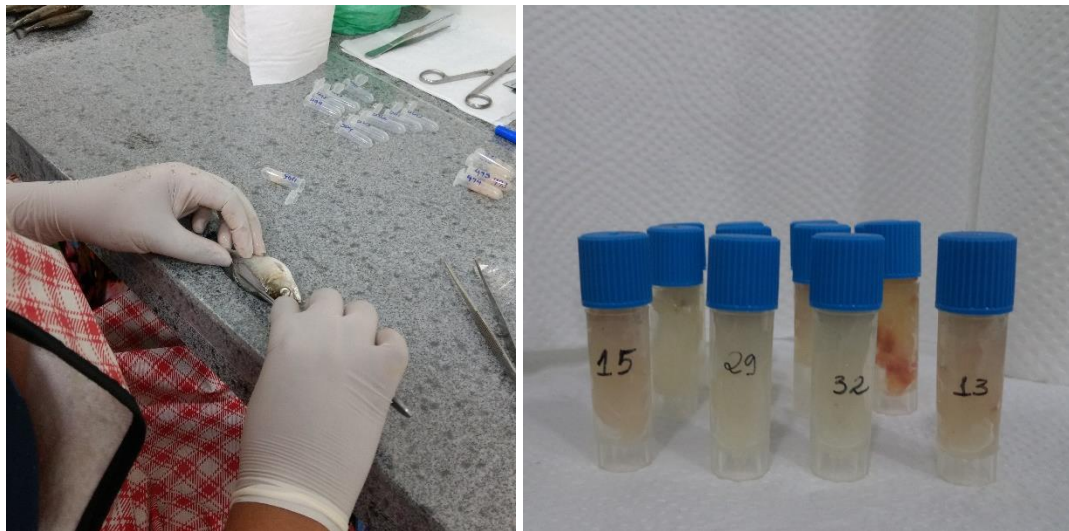


Figura 6: Procedimento de coleta de tecido muscular de peixe e armazenamento.

3.3 Métodos de laboratório

As análises das amostras de HgT foram realizadas no Laboratório de Biologia Ambiental, do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará.

3.3.1 *Análise de HgT nas amostras de água*

Para determinação das concentrações de HgT nas amostras de água, foi utilizada a técnica de digestão analítica que consiste em adicionar 100 µl de persulfato de potássio a 5% em 10 ml da amostra filtrada em tubos de ensaio vedados com parafilme e posteriormente as amostras foram submetidas à oxidação ultravioleta em um reator fotoquímico por um período entre 20 a 30 minutos, ou até que a água ficasse totalmente transparente, resultando assim na decomposição completa dos ácidos húmicos e fúlvicos. Em sequência, alíquotas de 5 ml foram reduzidas com SnCl₂ (CRQ) e analisadas por Florescência Atômica a Vapor Frio (CVAFS) (Pichet *et al.*1999), sendo o limite de detecção do aparelho para esta técnica de 0,3 ng.l⁻¹ de Hg.

3.3.2 *Análise de HgT nas amostras de tecido muscular de peixes*

A metodologia para determinação dos teores de HgT nos espécimes de peixes consistiu em pesar entre 15 a 45 mg de peso úmido (do músculo do peixe) da amostra em duplicata em tubos de ensaio, adicionando-se 3 ml de HNO₃ concentrado e 300 µl de HCl 6N agitando-os, em seguida foram colocados em uma placa aquecedora a uma temperatura de 121 °C durante quatro horas para proceder a digestão da amostra. Após o processo de digestão, as amostras já digeridas foram diluídas com água grau reagente até um volume final de 9 ml, e posteriormente injetou-se 0,1 ml das amostras em duplicatas para assim proceder-se a leitura por CVAFS (Pichet *et al.*1999).

3.3.3 *Análise de HgT nas amostras de perifíton*

O procedimento de digestão consistiu em pesar entre 15 a 45 mg de peso das amostra em duplicata em tubos de ensaio, adicionando-se 3 ml de HNO₃ concentrado e 300 µl de HCl 6N agitando-os, em seguida os tubos foram colocados em uma placa aquecedora à 121 °C durante quatro horas para proceder a digestão. Após o processo de digestão, as amostras foram diluídas com água grau reagente até um volume final de 9 ml, e posteriormente injetou-se 0,1 ml das amostras em duplicatas para assim realizar a leitura por CVAFS (Pichet *et al.*1999).

A reprodutibilidade do método analítico foi determinada por leitura das amostras em duplicatas com um desvio aceitável de 10%, sendo o limite de detecção do aparelho de 75 picogramas de Hg. Os valores obtidos a partir da leitura foram inseridos na seguinte fórmula para proceder ao cálculo da concentração de Hg total:

$$[\text{Hg}] \text{ em ppb} = \frac{\text{área da amostra} - \text{área do branco} \times \text{volume final (V.F.)}}{\text{massa} \times \text{coeficiente (C)} \times \text{volume injetado (V. inj.)}}$$

Para minimizar o erro analítico, toda vidraria utilizada no laboratório foi cuidadosamente lavada no mínimo três vezes com detergente Extran® a 3% e depois mantida em solução de HCl 10% por um período de 24 horas com posterior lavagem com água destilada- deionizada- Milli-Q® e seca em estufa à temperatura de 350°C. Todos os tubos foram armazenados tampados para evitar a entrada de qualquer material que pudesse comprometer a análise.

Como forma de verificar a confiabilidade dos resultados, assim como a confiança do método analítico, foram realizados testes de calibração utilizando-se amostras de padrões internacionais (DORM-3: Fish Protein Certified Reference Material for Trace Metals do National Research Council of Canadá) referente a tecido de peixe, resultando em uma reprodução de valores confiáveis em relação aos valores especificados.

3.3.3 *Biologia das espécies estudadas*

As espécies de peixes que foram coletadas e analisadas quanto às concentrações de mercúrio foram:

- *Auchenipterus nuchalis* (Spix & Agassiz, 1829): conhecida popularmente como mandi-peruano, pertence à família Auchenipteridae (Santos *et al.*, 2006). Silva (2006), ao estudar a dieta e o hábito alimentar de espécies de peixes presentes na UHE de Balbina (AM), classificou *A. nuchalis* sendo uma espécie invertívora, ou seja, alimenta-se principalmente de insetos. Corroborando desta forma, com os dados de conteúdo estomacal de peixes coletados na UHE de Curuá- Una, onde Figueiredo (2018), encontrou com considerável frequência insetos nos estômagos de espécimes de *A. nuchalis* que foram analisados no presente estudo.

- *Curimata knerii* (Steindachner, 1876): é um peixe conhecido como branquinha, pertence à família Curimatidae. Figueiredo (2018), ao analisar o conteúdo estomacal dos espécimes de *C. knerii* do presente estudo, constatou que a categoria trófica da espécie é detritívora.
- *Hemiodus unimaculatus* (Bloch, 1794): denominada pela população como charutinho, pertence à família Hemiodontidae. Silva (2006), ao estudar a dieta da espécie *H. unimaculatus*, observou que os espécimes se alimentavam de algas, algas filamentosas, macrófitas, detritos e fitoplâncton, sendo sua categoria trófica definida como herbívora/detritívora/onívora. Ao analisar conteúdo estomacal de espécimes de *H. unimaculatus* utilizados no presente estudo, Figueiredo (2018) categorizou a espécie como algívora/detritívora.
- *Serrasalmus rhombeus* (Linnaeus, 1766): é conhecida na região como piranha- preta, pertence à família Characidae e subfamília Serrasalminae. Em um estudo realizado na UHE de Balbina, Silva (2006) categorizou *Serrasalmus rhombeus* como piscívora, ou seja, foram encontrados principalmente peixes nos estômagos analisados. Corroborando ao estudo, Figueiredo (2018) ao analisarem o conteúdo estomacal dos espécimes de *S. rhombeus*, classificou a espécie como piscívora.

Tabela 2. Número de indivíduos (N) coletados para análise das concentrações de mercúrio total nos três trechos de coleta na UHE de Curuá- Una (PA). Comprimento padrão (CP), comprimento total (CT) e peso são apresentados pelas médias e desvio padrão.

Espécie	Jusante (N)	Reservatório(N)	Transição (N)	CP (cm)	CT(cm)	Peso(g)
<i>Auchenipterus nuchalis</i> (Spix & Agassiz, 1829)	30	21	7	15,73±5,21	18,52±6,18	46,48±70,01
<i>Curimata knerii</i> (Steindachner, 1876)	32	27	3	12,33±2,16	15,50±2,52	48,5±26,91
<i>Hemiodus unimaculatus</i> (Bloch, 1794)	23	34	16	15,09±1,33	18,26±1,48	58,57±21,39
<i>Serrasalmus rhombeus</i> (Linnaeus, 1766)	13	71	21	16,48±5,71	19,28±6,23	216,79±242,51
Total de peixes analisados	98	153	47			



Figura 7: Espécime de *Auchenipterus nuchalis* (Spix & Agassiz, 1829).



Figura 8: Espécime de *Curimata knerii* (Steindachner, 1876).



Figura 9: Espécime de *Hemiodus unimaculatus* (Bloch, 1794).



Figura 10: Espécime de *Serrasalmus rhombeus* (Linnaeus, 1766).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anjos, M. R.; Machado, N. G.; Silva, M. E. P.; Bastos, W. R.; Miranda, M. R.; Carvalho, D. P.; Mussu, M.H.; Holanda, B. B.; Biudes, M.S.; Fulan, J. Â. 2016. Bioaccumulation of methylmercury in fish tissue from the Roosevelt River, Southwestern Amazon basin. *Revista Ambiente e Água*, 11(3): 1-11.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Diseases Register). 1999. Toxicological profile for mercury (update). *U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta*, 617p.

Azevedo, Fausto Antonio de. 2003. *Toxicologia do mercúrio*. São Carlos: RiMa. São Paulo: InterTox. 292p.

Barbosa, A. C.; Souza, J.; Dórea, J. G.; Jardim, W. F.; Fadini, P. S. 2003. Mercury Biomagnification in a Tropical black water, rio Negro, Brazil. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 45: 235-246.

Beltran-Pedrerros, S.; Zuanon, J., Leite, R. G. L.; Peleja, J. R. P.; Mendonça, A. B. and Fosberg B. R. 2011. Mercury bioaccumulation in fish of comercial importance from diferente trophic categories in an Amazon floodplain lake. *Neotropical Ichthyology*, 9(4): 901-908.

Bodaly, R.A. D.; Jansen W.A.; Majewsk, A.R.; Fudge, R.J. P.; Strange, N. E.; Derksen, A. J. & Green, D.J. 2007. Post impoundment time course of increased mercury concentrations in fish in hydroelectric reservoirs of northern Manitoba, Canada. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 53: 379–389.

Buckup, P.A.; Menezes, N.A.; Ghazzi, M.S. (eds.) 2007. *Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil*. Rio de Janeiro, Museu Nacional. 195pp.

Canavan, C.M.; Caldwell, C.A.; Bloom, N.S. 2000. Discharge of methylmercury enriched hypolimnetic water from a stratified reservoir. *The Science of the Total Environment*, 260: 159–170.

Clarkson, T.W., 1998. Human toxicology of mercury. *The Journal of Trace Element in Experimental Medicine banner*, (11): 303–317.

- Coelho-Souza, S. A., Miranda, M. R. & Guimarães, J. R.D. 2007. A importância das macrófitas aquáticas no ciclo do mercúrio na Bacia do rio Tapajós (PA). *Oecologia Brasiliensis*, 11 (2): 252-263.
- Coelho-Souza, S.A.; Guimarães, J.R.D.; Miranda, M.R.; Poirier, H.; Mauro, J.B.N.; Lucotte, M.; Mergler, D. 2011. Mercury and flooding cycles in the Tapajós river basin, Brazilian Amazon: The role of periphyton of a floating macrophyte (*Paspalumrepens*). *Science of the Total Environment*, 409 .2746–2753.
- Compeau, G.C. and Bartha R.1985. “Sulfate-Reducing Bacteria: Principal Methylators of Mercury in Anoxic Estuarine Sediment”. *Applied and Environmental Microbiology*, 50(2): 498 – 502.
- Fadini, P. S.; Jardim, W. F.. 2000. Storage of natural water samples for total and reactive Mercury analysis in PET bottles. *The Analyst Full Paper*, 125: 549-551.
- Ferreira, E. J. G.; Zuanon, J. A.S.; Santos, G. M. *Peixes comerciais do médio Amazonas: região de Santarém*, Pará. Brasília: Edições IBAMA. 1998, 214p.
- Figueiredo, DG. Dieta de quatro espécies de peixes na área de influência da Usina Hidroelétrica de Curuá-Una, Estado do Pará – Brasil. [Dissertação de Mestrado]. Santarém, PA: Universidade Federal do Oeste do Pará; 2018.
- Forsberg, B. R., Forsberg, M. C. S., Padovani, C. R., Sargentini, E., and Malm, O. 1995. High levels in fish and human hair from the Rio Negro (Brazilian Amazon): Natural background or anthropogenic contamination. In “Proc. Int. Workshop on Environmental Mercury Pollution and Its Health Effects in the Amazon River Basin,”. National Institute for Minamata Disease/ Federal University of Rio de Janeiro. pp. 33D40.
- Gray, J.S. 2002. Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. *Marine Pollution Bulletin*, 45: 46 – 52.
- Hansen, J.C.; Danscher, G. 1997. Organic Mercury: an environmental threat to the health of dietary- exposed societies?. *Reviews on Environmental Health*, 12(2):107-116.
- Hylander, L.D.J.; Gröhn, M.T.; Vikström A.; Wolpher H.; Silva E.C.; Meili M. & Oliveira L.J., 2006. Fish Mercury increase in Lago Manso, a new hydroelectric reservoir in tropical Brazil. *Journal of Environmental Management*, 81:155–166.

- Inza, B.; Ribeyre, F.; Boudou, A. 1998. Dynamics of cadmium and mercury compounds (inorganic mercury or methylmercury): uptake and depuration in *Corbicula fluminea*. *Aquatic Toxicology*, 43: 273-285.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. 2001. Trace elements in soils and plants. 3ª edição. *Boca Raton*, CRC Press. 413p.
- Kasper, D., Fosberg B.R., Almeida, R., Bastos, W.R., Malm, O. 2015. Metodologias de coleta, preservação e armazenamento de amostras de água para análise de mercúrio- Uma revisão. *Química Nova*, 38 (3): 410-418.
- Kasper, D., Palermo, E.F.A., Branco, C.W.C. Malm, O. 2012. Evidence of elevated mercury levels in carnivorous and omnivorous fishes downstream from an Amazon reservoir. *Hydrobiologia*, 694:87–98
- Kasper, D.; Forsberg, B. R.; Amaral J. H. F.; Leitao, R. P.; Py-Daniel, S. S.; Bastos, W. R., and Malm, O. 2014. Reservoir Stratification Affects Methylmercury Levels in River Water, Plankton, and Fish Downstream from Balbina Hydroelectric Dam, Amazonas, Brazil. *Environmental Science Technology*, 48(2):1032-1040.
- Kasper, D.; Palermo, E.F.A.; Dias, A. C. M. I.; Ferreira, G.L.; Leitão, R. P.; Branco, C.W.C. & Malm, O., 2009. Mercury distribution in different tissues and trophic levels of fish from a tropical reservoir, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 7: 751–758.
- Kehrig, H. A. e Malm, O. 2011. Bioconcentração e Biomagnificação de metilmercúrio na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. *Química Nova*, 34(3): 377-384.
- Kehrig, H.A.; Fernandes, K.W.G.; Malm, O.; Seixas, T.G.; Di Benedito, A.P. M.; Souza, C.M.M. 2009. Transferência trófica de mercúrio e selênio na costa norte do Rio de Janeiro. *Química Nova*, 32(7): 1822-1828.
- Lacerda, L.D. e Salomons, W. 1992. Mercúrio na Amazônia: Uma bomba relógio química?. *Série Tecnologia Ambiental*, CETEM, Centro de Tecnologia Mineral.
- Manahan, S.E. 1991. Toxicological Chemistry. *Michigan: Lewis Publishers*. 78p.
- Martinelli, L.A.; Ferreira, J.R.; Forsberg, B.R., and Victoria, R.L. 1988. Mercury contamination in the Amazon: A gold rush consequence. *AMBIO*, 17 (4): 252-254.

- Mason, R.P., Choi, A.L., Fitzgerald, W.F., Hammerschmidt, C.R., Lamborg, C.H., Soerensen, A.L., Sunderland, E.M., 2012. Mercury biogeochemical cycling in the ocean and policy implications. *Environmental Research*, 119: 101-117.
- Miranda, M.R., Coelho-Souza, S.A., Guimarães, J.R.D., Correia, R.R.S., Oliveira, D. 2007. Mercúrio em sistemas aquáticos: Fatores ambientais que afetam a metilação. *Oecologia Brasiliensis*, 11(2): 240-251.
- Nascimento, E., S; Chasin, A., M., A. 2001. Ecotoxicologia do mercúrio e seus compostos. *Série Cadernos de Referência Ambiental* vol. 1. Salvador.
- Oliveira, S.R.L. 2014. *Avaliação dos níveis de mercúrio total em músculo de peixes associados à macrófitas aquáticas do rio Amazonas e afluentes - Amazônia, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará. 67 pp.
- Palermo, E.F.A.; Kasper, D.; Reis, T.S.; Nogueira, S.; Branco, C.W.C. & Malm, O. 2004. Mercury level increase in fish tissues downstream the Tucuruí Reservoir, Brazil. *RMZ Material and Geoenvironment*, 51: 1292–1294.
- Pfeiffer, W. C.; Lacerda, L. D.; Salomons, W.; Malm, O. 1993. Environmental fate of mercury from goldmining in the Brazilian Amazon. *Environ. Rev.*, 1: 26- 37.
- Pichet, P. Analysis of mercury and methylmercury in environmental samples. 1999. In: Lucotte, M.; R. Schetagne; N. Thérien; C. Langlois; A. Tremblay. (Eds). Mercury in the biogeochemical cycle. *Berlin: Springer*, p. 41-52.
- Porcela, D. B. 1994. Mercury in the Environment: Biogeochemistry. In: Watras, C. J.; Huckabee, J.W. (Ed) Mercury pollution: integration and synthesis. *Boca Raton, Florida: Lewis Publishers*, P.2-7.
- Porvari, P. 1995. Mercury levels of fish in Tucuruí hydroelectric reservoir and in River Mojú in Amazonia, in the state of Pará, Brazil. *The Science of the Total Environment*, 175: 109-117.
- Queiroz, L. J.; Torrente-Vilara, G.; Ohara, W. M.; Pires, T. H.S.; Zuanon, J. Doria.; C. R. C. Peixes do Rio Madeira. São Paulo. 2103. 1 ed. v. 1. 399 pp.
- Queiroz, L. J.; Torrente-Vilara, G.; Ohara, W. M.; Pires, T. H.S.; Zuanon, J. Doria.; C. R. C. Peixes do Rio Madeira. São Paulo. 2103. 1 ed. v. 2. 351 pp.

Queiroz, L. J.; Torrente-Vilara, G.; Ohara, W. M.; Pires, T. H.S.; Zuanon, J. Doria.; C. R. C. Peixes do Rio Madeira. São Paulo. 2103. 1 ed. v. 3. 413 pp.

Reis, R. E. O.; Kullander C. J.; Ferraris JR. Check list f the freshwater fishes of South and central America. Porto Alegre: Edipucrs. 2003. 729p.

Repula, C.M.M.; Campos, B.K.; Ganzarolli, E.M.; Lopes, M.C.; Quináia, S.P. 2012. Biomonitoramento de Cr e Pb em peixes de água doce. *Química Nova*,35(5): 905-909.

Roulet, M.; Lucotte, M.; Saint-Aubin, A.; Tran, S.; Rhéault, I.; Farella, N.; Silva, E.J.; Dezencourt, J.; Sousa Passos, C.J.; Guimarães, J.R.D.; Mergler, D.; Amorim, M. 1998. The geochemistry of mercury in central Amazonian soils developed on the Alter-do-Chão formation of the lower Tapajos River Valley, Para State, Brazil. *The Science of the Total Environment*, 223: 1–24.

Roulet, M.; Lucotte, M.; Farella, N.; Serique, G.; Coelho, H.; Sousa Passos, C.J.; Silva, E.J.; Andrade, P.S.; Mergler, D.; Guimarães, J.R.D.; Amorim, M. 1999. Effects of recent human colonization on the presence of mercury in Amazonian ecosystems. *Water, Air and Soil Pollution*, 112: 297–313.

Sanches Filho P.J.; Nunes, L.V.; da Rosa, N.N.; Betemps, G.R.; Pereira, R.S. 2015. Comparison among native floating aquatic macrophytes for bioconcentration of heavy metals. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 10(1): 1-6.

Schetagne R., Verdon R. 1999. Post-impoundment Evolution of Fish Mercury Levels at the La Grande Complex, Québec, Canada (from 1978 to 1996). In: Lucotte M., Schetagne R., Thérien N., Langlois C., Tremblay A. (eds) Mercury in the Biogeochemical Cycle. Environmental Science. Springer, Berlin, Heidelberg. 235-258.

Sheehan M.C.; Burke T.A.; Navas-Acien A.; Breyse P. N.; Greadyd J. M. & Fox M. A. 2014. Global methylmercury exposure from seafood consumption and risk of developmental neurotoxicity: a systematic review. *Bulletin of the World Health Organization*, 92:2–269.

Silva, C.C. 2006. *Dieta da comunidade de peixes na área de influência da UHE de Balbinário Uatumã, Amazonas, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 63pp.

Silva-Forsberg, M.C.; Forsberg, B.R.; Zeidemann, V.K. 1999. Mercury contamination in humans linked to river chemistry in the Amazon Basin. *AMBIO*, 28(6): 519–521.

St. Louis, V.L.; Rudd J.W.M.; Kelly, C.A.; Bodaly, R.A.D.; Paterson, M.J.; Beaty, K.G.; Hesslein, R. H.; Heyes A. & Majewski A.R. 2004. The rise and fall of mercury methylation in an experimental reservoir. *Environmental Science and Technology*, 38: 1348–1358.

UNEP. 2013. Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. *UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland*.

Verta, M. 1990. Changes in fish Mercury concentrations in an intensively fished lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47, 1888- 1897.

Vieira, I. & Darwich A.J. 1999. Sinecologia da ictiofauna de Curuá-Una, Amazônia: características hidroquímicas, climáticas, vegetação e peixes. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 11 (2): 41-64.

Vieira, I. 2000. Frequência, constância, riqueza e similaridade da ictiofauna da bacia do rio Curuá-Una, Amazônia. *Revista Brasileira de Zociências Juiz de Fora*. 2(2): 51-76.

Wetzel, R. G. 1983. Opening remarks. In: Wetzel, R.G. (Ed.). *Periphyton of freshwater ecosystems*. The Hague, Dr. W. Junk, 1983.. *Developments in Hydrobiology*. 17: 3-4.

World Health Organization. Mercury and health (Factsheet N°. 361). Geneva: WHO; 2013. (www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/en/). Acesso em 20 de outubro de 2016.

CAPÍTULO I

ECOTOXICOLOGIA DE MERCÚRIO TOTAL NO RESERVATÓRIO DE CURUÁ- UNA, AMAZÔNIA, PA

ECOTOXICOLOGY OF TOTAL MERCURY IN THE RESERVOIR OF CURUÁ- UNA, AMAZONIA, PA

Neste capítulo foram seguidas as normas da revista Neotropical Ichthyology,
disponível em: <http://www.scielo.br/revistas/ni/iinstruc.htm>

5. Ecotoxicologia de mercúrio total no reservatório de Curuá-Una, Amazônia, PA
Ecotoxicology of total mercury in the reservoir of Curuá-Una, Amazonia, PA

Yuryanne Carvalho Pinto^{1*}, Debora Gomes Figueiredo¹, Nathália Prado Oliveira Parente¹,
Julia de Souza Carvalho², Rivolo de Jesus Bacelar¹, José Reinaldo Pacheco Peleja³ e Ynglea
Georgina de Freitas Goch³

¹Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos da
Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA. Av. Mendonça Furtado, nº 2946, Fátima,
CEP 68040-470 Santarém, Pará, Brasil, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas - ICTA,
Santarém, Pará, Brasil. (YCP) yuryanne@gmail.com (autor correspondente), (DGF)
deboragomes64@gmail.com, (NPOP) nathyepv_2010@hotmail.com, (RJB)
rivolobacelar@gmail.com

²Graduanda da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, Av. Mendonça Furtado, nº
2946, Fátima, CEP 68040-470 Santarém, Pará, Brasil, Instituto de Ciências e Tecnologia das
Águas - ICTA, Santarém, Pará, Brasil. juliascarvalho@hotmail.com

³Docente da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, Av. Mendonça Furtado, nº
2946, Fátima, CEP 68040-470 Santarém, Pará, Brasil, Instituto de Ciências e Tecnologia das
Águas - ICTA, Santarém, Pará, Brasil. ynglea@yahoo.com.br (YGFG),
reinaldopeleja@yahoo.com.br (JRPP)

ABSTRACT

Concentrations of total mercury (HgT) were investigated in muscle tissue of fish, periphyton and water in different stretches associated with UHE Curuá-Una, PA. *Hemiodus unimaculatus* and *Serrasalmus rhombeus* presented a significant difference in HgT concentrations between the stretches ($H=11.49$; $p=0.0032$) and ($H=8.48$; $p=0.0144$). Respectively, *Hemiodus unimaculatus* and *Serrasalmus rhombeus* presented the lowest downstream concentrations (78.40 ± 47.46 and $181.73\pm 76.18\text{ng.g}^{-1}$). The concentrations of HgT between trophic levels presented significant differences ($H=136.30$; $p=0.000$) with lower concentrations for detritivores ($94.36 \pm 74.20\text{ng.g}^{-1}$), and higher for insectivores ($338.26 \pm 203.04\text{ng.g}^{-1}$). There was a significant difference in bioconcentration between trophic levels ($H=81.93$; $p=0.00$). However, there were no significant differences in the bioconcentration in the periphyton between the different stretches. In this way, it was observed that the bioconcentration factor was lower in species that occupy lower trophic level and higher in species that are at the top of the food chain. The highest concentrations of HgT were recorded in the reservoir and the transition of the dam, which we suggest to be related to the extensive antropic activities that occur in this place, contributing to a supply of allochthonous material, incorporating natural mercury into the water column and consequently to the other compartments of the dam. Sediment from the reservoir and reaching the aquatic biota.

Keywords: Anthropogenic activities, dam, bioconcentration, fish, periphyton.

RESUMO

As concentrações de mercúrio total (HgT) foram investigadas em tecido muscular de peixes, perifíton e água em diferentes trechos associados a UHE de Curuá-Una, PA. *Hemiodus unimaculatus* e *Serrasalmus rhombeus* apresentaram diferença significativa nas concentrações de HgT entre os trechos ($H=11,49$; $p=0,0032$) e ($H=8,48$; $p=0,0144$). Respectivamente, *Hemiodus unimaculatus* e *Serrasalmus rhombeus*, apresentaram as menores concentrações à jusante ($78,40\pm 47,46$ e $181,73\pm 76,18$ ng.g⁻¹). As concentrações de HgT entre os níveis tróficos, apresentou diferenças significativas ($H=136,30$; $p=0,000$) com menores concentrações para peixes detritívoros ($94,36\pm 74,20$ ng.g⁻¹), e maiores para insetívoros ($338,26\pm 203,04$ ng.g⁻¹). Houve diferença significativa na bioconcentração entre os níveis tróficos ($H=81,93$; $p=0,00$). No entanto não houveram diferenças significativas na bioconcentração no perifíton entre os diferentes trechos. Desta forma, foi observado que o fator de bioconcentração foi menor em espécies que ocupam nível trófico inferior e maiores nas espécies que estão no topo da cadeia alimentar. As maiores concentrações de HgT foram registradas no reservatório e à transição da barragem, o que sugerimos estar relacionado as extensas atividades antrópicas que ocorrem neste local, contribuindo para um aporte de material alóctone, incorporando mercúrio natural a coluna da água e conseqüentemente aos outros compartimentos do sistema, como sedimentos do reservatório e chegando a biota aquática.

PALAVRAS-CHAVE: Atividades antrópicas, barragem, bioconcentração, peixes, perifíton.

INTRODUÇÃO

O mercúrio (Hg) é um dos elementos químicos nocivos tanto para a biota quanto para os seres humanos, devido a sua alta toxicidade. Sendo bastante resistente a processos naturais de degradação, podendo ficar retido no ambiente por muitos anos, sem perder sua toxicidade. A disponibilidade e o aumento das concentrações de Hg no ambiente aquático, acaba resultando em efeitos nocivos sobre os organismos vivos através principalmente, dos processos de bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia trófica (Beltran- Pedreros *et al.*, 2011).

Podendo se bioacumular e biomagnificar na cadeia trófica, ou seja, o primeiro processo ocorre quando o Hg que está disponível no ambiente, acumula-se nos tecidos de um organismo, sendo que suas concentrações tendem a aumentar à medida que o organismo ganha peso e idade. Já o segundo refere-se à acumulação do metal pesado em níveis tróficos sucessivos, desta forma esse metal é transferido de um nível trófico a outro, através da ingestão de organismos contaminados que estavam em nível inferior ao seu (Gray, 2002; Azevedo, 2003). O Hg pode se bioconcentrar em organismo aquáticos, ou seja, este é absorvido pelos organismos por meio da água, por exemplo, através da assimilação diretamente por osmose ou pelas brânquias os peixes podem bioconcentrar Hg (Gray, 2002).

A construção de empreendimentos hidroelétricos na Amazônia modificam o ambiente natural, por exemplo, a obstrução de rios para a construção de reservatórios hidroelétricos acabam afetando o ciclo biogeoquímico do Hg, pois após a inundação de extensivas áreas florestais, acaba resultando na remobilização do Hg adsorvido às partículas do solo e a hidrodinâmica do reservatório favorecendo a deposição de Hg no sedimento do fundo (Pestana *et al.*, 2016) e resultando também em diversos impactos sobre a hidrologia, geomorfologia, biogeoquímica, biodiversidade e produtividade do sistema, de forma significativa, tanto a jusante quanto à montante da barragem (Fosberg *et al.*, 2017).

Anteriormente grande parte das pesquisas sobre mercúrio nos reservatórios, focaram na sua biogeoquímica dentro dos reservatórios (Canavan *et al.*, 2000). No entanto este cenário vem sendo modificado, pois atualmente, os estudos realizados visam compreender a biogeoquímica deste metal tanto à montante quanto à jusante da barragem. Desta forma, estudos em reservatórios hidroelétricos na Amazônia, evidenciam que as concentrações de Hg

em peixes, são significativamente maiores na região a jusante do que a montante das barragens (Palermo *et al.*, 2004; Kasper *et al.*, 2012a, 2014b).

Estudos que procurem compreender a dinâmica do Hg no sistema aquático amazônico, tanto em ambiente naturais, quanto em ambientes modificados, avaliam principalmente os níveis de Hg em peixes. Uma vez que, o peixe é a principal fonte alimentar dos ribeirinhos da região (Beltran- Pedreros *et al.*, 2011).

No entanto, as comunidades perifíticas desempenham papel importante no acúmulo de Hg nas redes alimentares ribeirinhas, sendo considerada um elo de transferência de HgT ou MeHg para níveis tróficos superiores (Bell, Scudder, 2007). O perifíton está associado principalmente em raízes de macrófitas aquáticas, onde encontram condições levemente anóxicas que favorecem a metilação do Hg (Guimarães *et al.* 2000).

O perifíton é uma complexa comunidade de microrganismos (algas, bactérias, fungos e animais), detritos orgânicos e inorgânicos aderidos tanto em substratos inorgânicos quanto orgânicos vivos ou mortos (Wetzel, 1983). Contudo, podem estar associada a comunidade perifítica, bactérias sulfato redutoras, que apresentam grande importância no processo de metilação de Hg (Compeau, Bartha, 1985; Achá *et al.*, 2011).

A compreensão da dinâmica do Hg em reservatórios, é de suma importância, pois esta ocorre de forma distinta dos sistemas de rios de fluxo livre, devido às condições anóxicas, esperadas após o represamento do rio, que favorecem alta taxas de metilação do Hg (Fosberg *et al.*, 2017).

Desta forma objetivou- se investigar as concentrações de mercúrio total (HgT) em tecido muscular de peixes em diferentes trechos do reservatório hidroelétrico de Curuá- Una, PA; verificar se as espécies estavam dentro do limite permitido pela legislação da OMS e ANVISA; verificar se as variáveis limnológicas influenciavam na concentrações de HgT e avaliar a bioconcentração de mercúrio total em peixes de diferentes níveis tróficos e perifíton nos diferentes trechos da UHE de Curuá- Una.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo. A Usina Hidroelétrica Silvio Braga (UHE Curuá- Una), localiza- se no rio Curuá-Una, na Cachoeira do Palhão 2°48'43,97" S e 54°17'57,08" W à 70 km ao Sudoeste de Santarém, no Estado do Pará (Fearnside, 2005). O reservatório foi construído em 1977, tendo

como tributários da represa os rios: Curuá-Una (ao sul), Mojú e Mojuí (ao Oeste) e o Poraquê (tributário de pequeno porte) (Vieira, Darwich, 1999; Vieira, 2000).

Amostragem. As amostras foram coletadas entre os anos de 2017 e 2018, em seis pontos de coleta, distribuídos em três trechos (jusante, reservatório e transição) (Fig. 1). Foram aferidas as variáveis limnológicas (pH, condutividade elétrica, totais de sólidos dissolvidos, oxigênio dissolvido e temperatura) em todos os pontos de coleta.

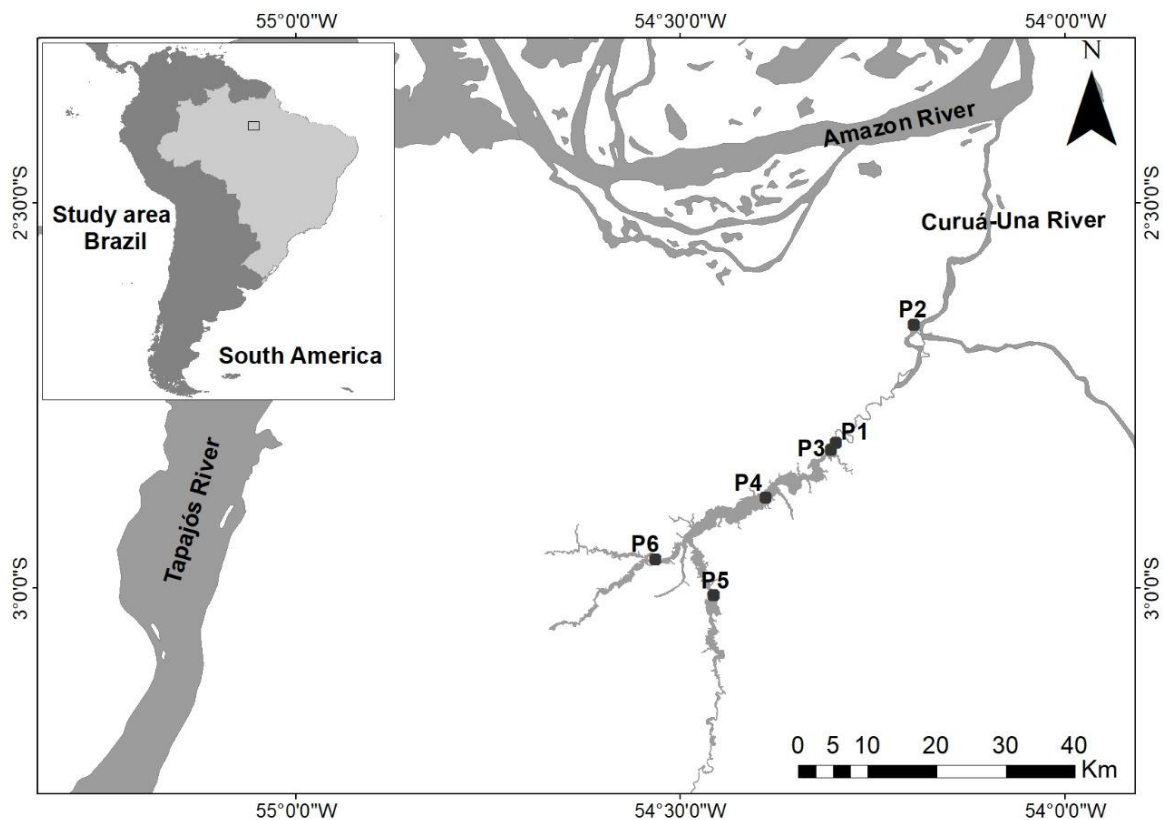


Fig. 1. Mapa de localização dos pontos de coleta na UHE de Curuá- Una.

Amostragem de água. As amostragens de água ocorreram nos meses de novembro de 2017 e janeiro de 2018, através da coleta manual de água superficial, na região do epliminio utilizando garrafas de politereftalato de etileno (PET). Após o procedimento de coleta, estas foram identificadas e protegidas da luz solar, a fim de evitar a fotodegradação do Hg.

Amostragem de perifíton. O perifíton foi coletado no mês de janeiro de 2018, através do procedimento de coleta de material aderido a substratos naturais (troncos de árvores mortas, rochas e raízes de macrófitas aquáticas) nos três trechos ao longo da UHE de Curuá- Una. Todo material coletado foi devidamente armazenado em sacos plásticos estéreis, a fim de

evitar a contaminação das amostras e posteriormente foram congelados e levados ao laboratório para processamento e posterior análise.

Amostragem de peixes. As capturas dos espécimes ocorreram nos meses de março e novembro de 2017, por meio de utilização de rede de emalhar de diferentes tamanhos de malhas (40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 mm). O esforço de captura foi padronizado para 12 horas, com revisão das redes e captura dos espécimes a cada 6 horas. Após a identificação, pesagem e obtenção de comprimento total e padrão, foram retiradas amostras do tecido muscular dorso lateral dos espécimes coletados. Em seguida foram acondicionadas em recipientes plásticos devidamente limpos, congeladas e levadas para o laboratório até o momento de realização dos procedimentos laboratoriais. Sendo que os critérios de seleção das espécies a serem estudadas, foram abundância (≥ 10) e ocorrência simultânea nos três trechos da UHE de Curuá- Una.

Foram analisados os níveis de mercúrio total (HgT) no tecido muscular dorsal quatro espécies de peixes: *Auchenipterus Nucallis* (Spix & Agassiz, 1829), *Curimata knerri* (Steindachner, 1876), *Hemiodus unimaculatus* (Bloch, 1794), *Serrasalmus rhombeus* (Linnaeus, 1766).

Digestão analítica das amostras. As análises das concentrações de HgT foram realizadas no Laboratório de Biologia Ambiental, do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará. Através do método analítico de Espectrometria de Fluorescência Atômica a Vapor Frio (CVAFS), segundo Pichet *et al.* (1999). A confiabilidade dos resultados e do método analítico, foi verificada através de teste com padrão de referência internacional Fish Protein Certified Reference Material for Trace Metals do Nacional Research Council of Canadá (DORM-3), referente a tecido de peixe.

Fator de bioconcentração. Para o cálculo do fator de bioconcentração de HgT, as espécies em estudo tiveram seus níveis tróficos definidos através de análise de conteúdo estomacal de cada indivíduo. Desta forma, as espécies foram classificadas em quatro níveis tróficos diferentes: *Auchenipterus Nuchalis* (insetívoros), *Curimata knerii* (detritívoro), *Hemiodus unimaculatus* (detritívoro/algívoro), *Serrasalmus rhombeus* (piscívoro) (Figueiredo, 2018).

O fator de bioconcentração foi quantificado através da razão entre a concentração do mercúrio total (HgT) presente nos peixes e concentração de mercúrio total presente na água, através da seguinte fórmula: $\log [\text{HgT}_{\text{peixe/perifiton}}] / [\text{HgT}_{\text{água}}]$.

Análise Estatística. A normalidade dos dados foi testada através dos testes de Shapiro- Wilk e de Kolmogorov- Smirnov, os quais constataram não normalidade dos dados. Desta forma, o teste não paramétrico de Kruskal- Wallis, foi utilizado para: verificar as diferenças das concentrações médias de HgT entre as quatro espécies de peixes (*Serrasalmus rhombeus*, *Auchenipterus nuchalis*, *Curimata knerii* e *Hemiodus unimaculatus*) entre os diferentes trechos ao longo da UHE de Curuá- Una; verificar se as concentrações médias de HgT eram diferentes entre os trechos, independente de espécie; verificar se as concentrações médias de HgT eram significativamente diferentes entre os níveis tróficos e verificar as diferenças entre o fator de bioconcentração e os diferentes hábitos alimentares das espécies e entre fator de bioconcentração e perífiton. Os dados foram analisados com o auxílio do *software* STATISTICA 7.1.

RESULTADOS

Foram analisados 298 espécimes de peixes, distribuídos em quatro espécies: *Auchenipterus nuchalis* (n= 58), *Curimata knerii* (n=62), *Hemiodus unimaculatus* (n=73) e *Serrasalmus rhombeus* (n=105).

Ao compararmos as concentrações médias das quatro espécies estudadas nos trechos da área de influência da usina hidrelétrica de Curuá- Una, apenas *H. unimaculatus* e *S. rhombeus* apresentaram diferença significativa (H= 11,49; p= 0,0032) e (H= 8,48; p= 0,0144), respectivamente.

As maiores concentrações médias de HgT para *H. unimaculatus*, foram observadas no reservatório ($150,24 \pm 96,26 \text{ ng.g}^{-1}$), e as menores à jusante ($78,40 \pm 47,46 \text{ ng.g}^{-1}$) e para *S. rhombeus*, as maiores concentrações foram encontradas no trecho transição ($427,45 \pm 245,51 \text{ ng.g}^{-1}$) e as menores a jusante ($181,73 \pm 76,18 \text{ ng.g}^{-1}$) (Figura 2).

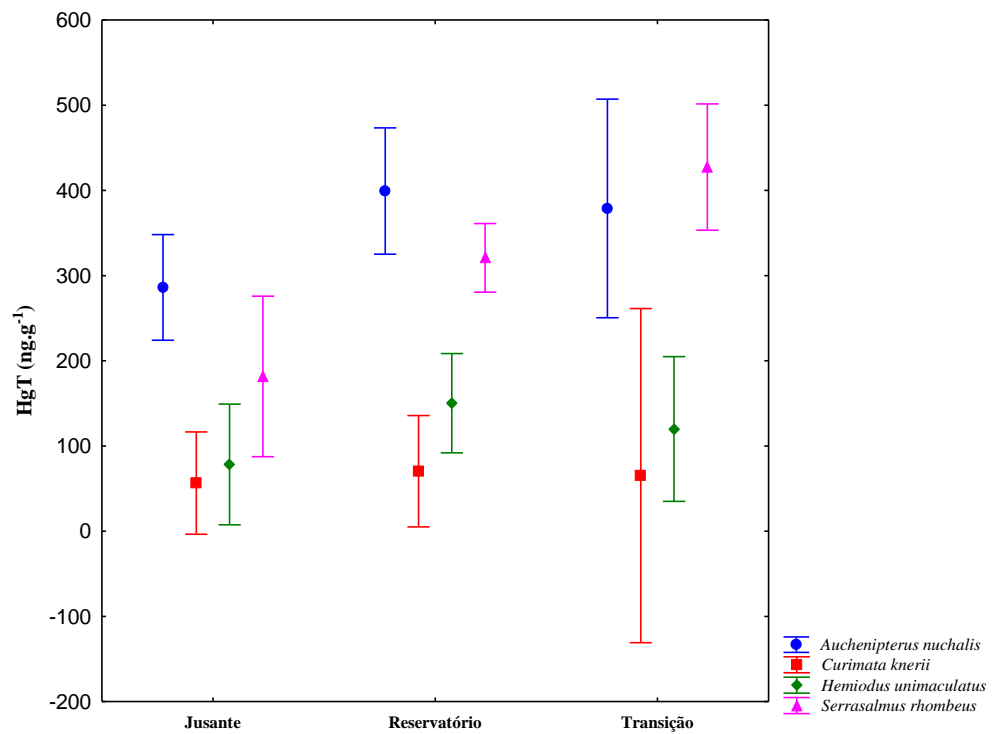


Fig. 2. Concentrações médias de mercúrio total (HgT) em tecido muscular de quatro espécies de peixes nos três diferentes trechos (jusante, reservatório e transição).

Ao compararmos as concentrações médias de HgT entre os diferentes trechos, independente de espécie, constatou-se que essas concentrações são significativamente menores à jusante ($148,53 \pm 132,99 \text{ ng.g}^{-1}$), que no reservatório ($249,52 \pm 232,36 \text{ ng.g}^{-1}$) e transição ($292,47 \pm 240,35 \text{ ng.g}^{-1}$) ($H= 23,46$; $p=0,0000$) (Figura 3).

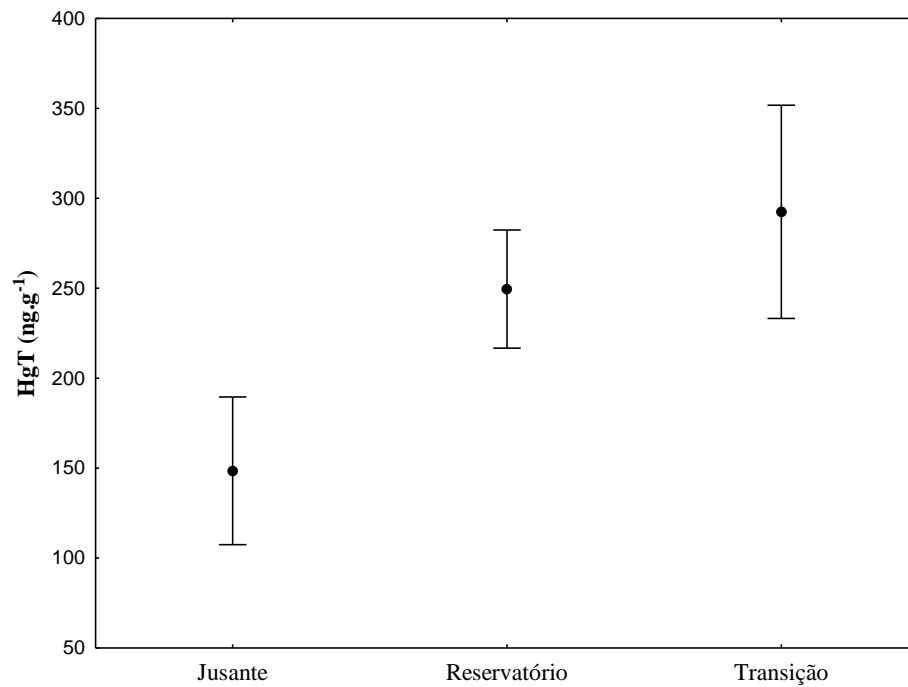


Fig. 3. Concentrações médias de mercúrio total (HgT) em tecido muscular de peixes nos diferentes trechos (Jusante, Reservatório e Transição).

No entanto, o cenário das concentrações médias de HgT por nível trófico, demonstrou significativas diferenças ($H= 136,30$; $p= 0,000$) entre as concentrações dos organismos de hábito alimentar detritívoro ($94,36 \pm 74,20 \text{ ng.g}^{-1}$) e as de hábito piscívoro ($324,97 \pm 245,61 \text{ ng.g}^{-1}$) e insetívoro ($338,26 \pm 203,04 \text{ ng.g}^{-1}$), as duas últimas com maiores concentrações (Figura 4).

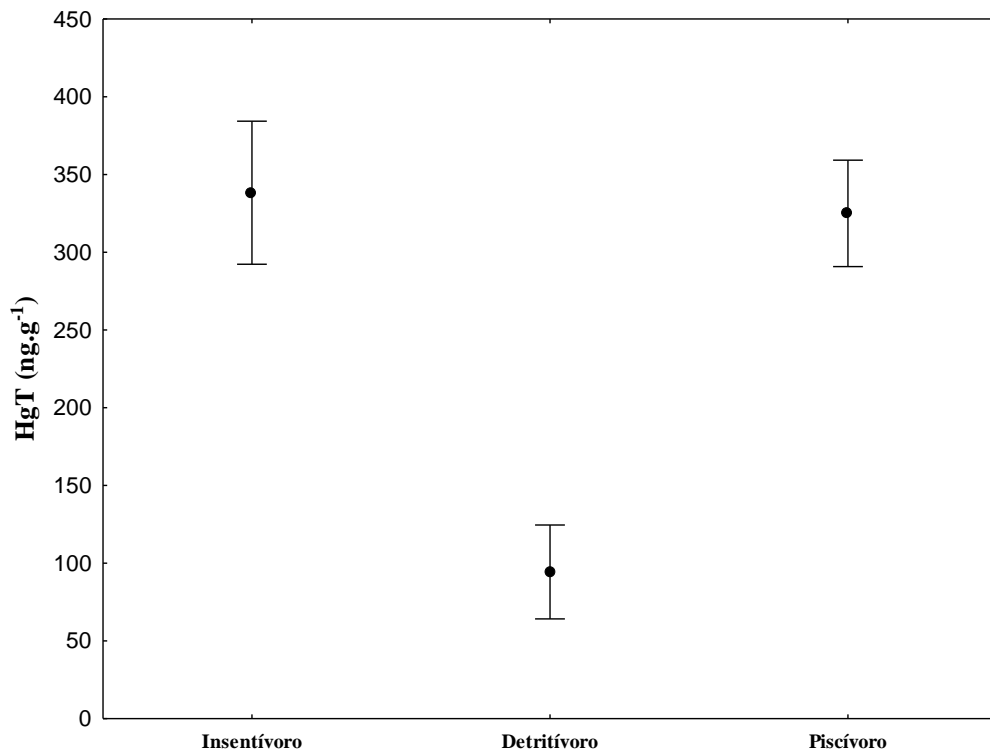


Fig. 4. Concentrações médias de mercúrio total (HgT) em tecido muscular de peixes em diferentes níveis tróficos.

Como pode se observar na tabela 1, nenhuma espécie estudada apresentou concentrações acima do permitido tanto pela Organização Mundial de Saúde (OMS), quanto pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA). No entanto *A. nuchalis* e *S. rhombeus*, apresentaram indivíduos com valores acima do limite permitido. Segundo a OMS, o limite aceitável de Hg em carne de peixe é 500 ng. g⁻¹, sendo que no presente estudo oito espécimes de *Auchenipterus nuchalis* (13,79%) e 19 espécimes de *Serrasalmus rhombeus* (18,10%) apresentaram concentrações de HgT acima desse limite. No entanto segundo a ANVISA, a partir da legislação vigente no Brasil, onde os valores aceitáveis são 500 ng. g⁻¹ para peixes não predadores e 1.000 ng. g⁻¹ para peixes predadores, oito espécimes de *Auchenipterus nuchalis* (13,79%) ultrapassaram os valores aceitáveis para peixes não predadores e três espécimes de *Serrasalmus rhombeus* (2,86%) apresentaram valores acima do permitido para peixes predadores.

Tabela 1. Valores médios das concentrações de mercúrio total (HgT) e valores mínimos e máximos das concentrações para as quatro espécies analisadas

Espécie	n	Média de HgT (ng. g ⁻¹)	Min.	Máx.
<i>Auchenipterus nuchalis</i> *	5	338,26±203,04	48,54	1366,36
	8			
<i>Curimata knerii</i>	6	62,99±37,68	10,75	212,65
	2			
<i>Hemiodus unimaculatus</i>	7	93,71±73,86	18,55	405,94
	3			
<i>Serrasalmus rhombeus</i> *	1	324,97±245,61	48,15	1310,84
	0			
	5			

* Espécies que apresentaram indivíduos com concentrações de HgT acima do permitido pela OMS (500 ng. g⁻¹) ou pela ANVISA (500 ng. g⁻¹ para peixes não predadores e 1000 ng. g⁻¹ para peixes predadores).

Levando em consideração a influência das variáveis limnológicas nas concentrações de HgT nas quatro espécies de ocorrência comum entre os três trechos, podemos observar na Figura 5, que *H. unimaculatus* e *S. rhombeus* obtiveram concentrações de HgT destacadas nos trechos reservatório e transição, respectivamente. Já *C. knerii* associada as variáveis limnológicas pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura, condutividade elétrica e totais de sólidos dissolvidos (TDS) agruparam-se no trecho jusante, indicando que neste trecho as variáveis limnológicas agrupadas diferenciaram-se dos outros dois trechos. Desta forma, os trechos estudados apresentaram distribuição diferenciada, agrupando distintamente as três espécies citadas. As concentrações de HgT de *A. nuchalis* agruparam esta espécie entre os trechos jusante e reservatório (Figura 5).

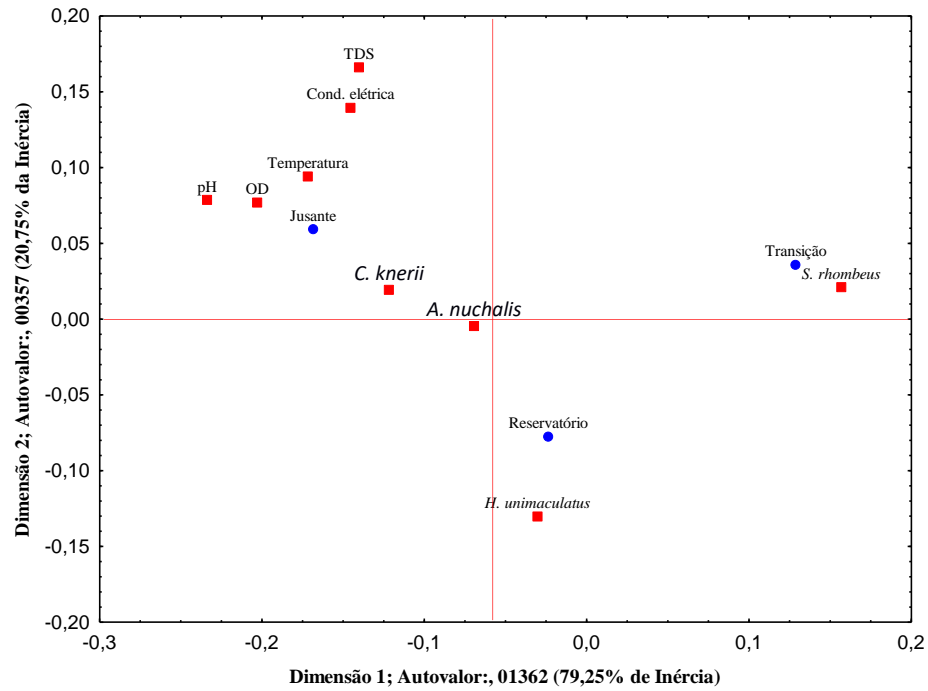


Fig. 5. Análise de Correspondência evidenciando as variáveis limnológicas que podem estar contribuindo para as concentrações de Hg total (ng.g^{-1}) nos peixes nos três diferentes trechos na UHE de Curuá- Una.

Foram observadas diferenças significativas quanto ao fator de bioconcentração entre espécies de diferentes hábitos alimentares ($H= 81,93$; $p= 0,00$). Como pode ser visto na figura 6, o fator de bioconcentração aumentou de acordo com o nível trófico de cada espécie estudada, ou seja, os detritívoros apresentaram menor fator de bioconcentração ($1,40 \pm 0,27 \text{ ng.g}^{-1}$), seguido do detritívoro/ algívoro ($1,46 \pm 0,25 \text{ ng.g}^{-1}$), insetívoro ($1,89 \pm 0,32 \text{ ng.g}^{-1}$) e piscívoro ($2,01 \pm 0,32 \text{ ng.g}^{-1}$).

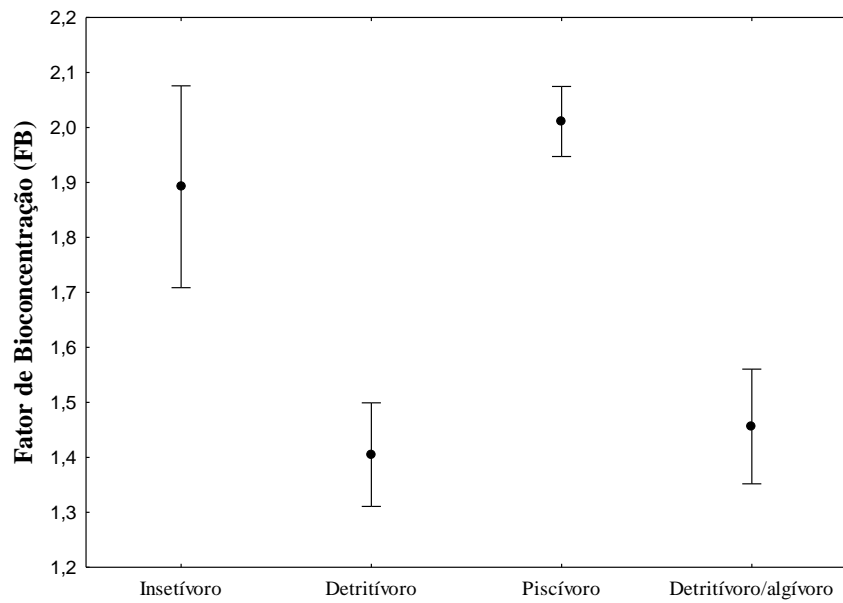


Fig. 6. Fator de bioconcentração (FB) entre níveis tróficos na UHE de Curuá- Una.

Em relação ao fator de bioconcentração quanto as concentrações de HgT em perifíton e as concentrações de HgT na água e os diferentes trechos, evidenciou-se que não foram significativamente diferentes. No entanto é notório na figura 7, que o maior fator de bioconcentração foi no trecho transição (1,87 ng. g⁻¹), seguido da jusante (1,73 ng. g⁻¹) e reservatório (1,62 ng. g⁻¹).

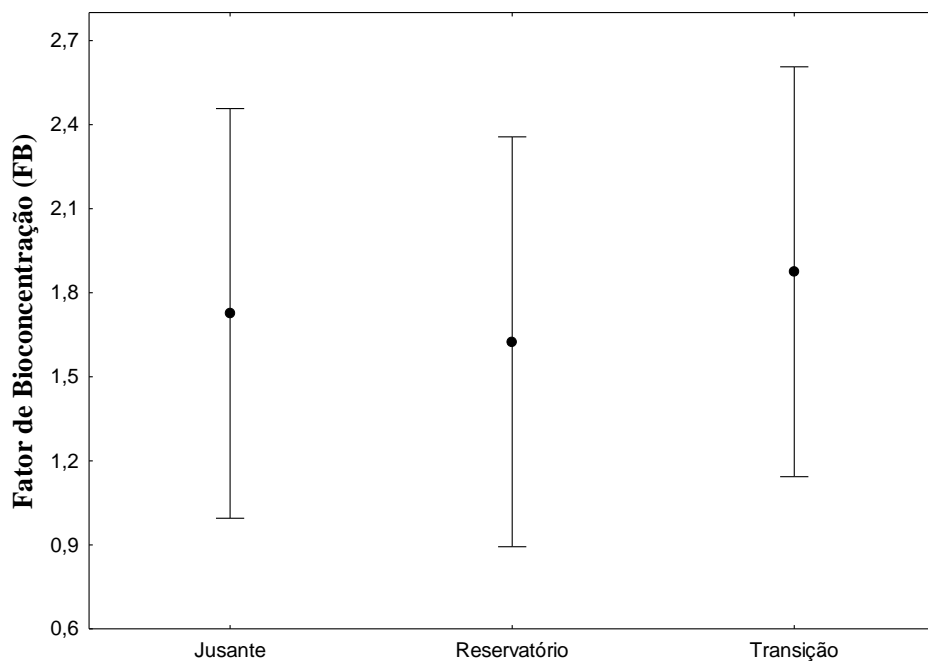


Fig. 7. Fator de Bioconcentração (FB) em perifíton nos três trechos na UHE de Curuá- Una.

DISCUSSÃO

Estudos realizados em reservatórios hidroelétricos na Amazônia, evidenciaram que as concentrações de Hg em peixes foram maiores à jusante do que à montante da barragem (Palermo *et al.*, 2004; Kasper *et al.*, 2012a, 2014b).

Palermo *et al.* (2004) ao analisarem os níveis de mercúrio em diferentes tecidos de peixes com diferentes hábitos alimentares, verificaram que as maiores concentrações em tecido muscular para todas as espécies foram encontradas à jusante da barragem do reservatório hidroelétrico de Tucuruí, PA. Kasper *et al.* (2012) avaliaram os níveis de mercúrio em peixes coletados à montante e jusante do reservatório hidroelétrico de Samuel, RO, e evidenciaram que as maiores concentrações de Hg foram encontradas à jusante da barragem em peixes herbívoros, omnívoros e carnívoros. Da mesma forma, em outro trabalho realizado por Kasper *et al.* (2014), foi constatado que os níveis de Hg em peixes do gênero *Cichla* spp., espécie piscívora e que não realiza grandes migrações, foram maiores à jusante do que à montante da barragem do reservatório hidroelétrico de Balbina, AM.

Os reservatórios hidroelétricos que apresentam estratificação térmica, demonstraram maiores concentrações de Hg na área à jusante da barragem, devido apresentar condições anóxicas, que favorece a metilação do Hg e bioacumulação de MeHg ao longo da cadeia trófica (Hylander *et al.*, 2006; Kasper *et al.*, 2012). No entanto, Junk *et al.*, (1981) não observaram estratificação térmica no reservatório de Curuá- Una, e Bacelar (2017), ao verificar a estratificação térmica em pontos próximos a este estudo, constatou que a estratificação não foi claramente observada.

O presente estudo evidencia que as concentrações de HgT em *Hemiodus unimaculatus* e *Serrasalmus rhombeus* foram significativamente maiores nos trechos à montante da barragem, seja analisadas separadamente ou quando realizada análise conjunta das duas espécies

Este cenário pode estar associado ainda a obstrução do rio e a inundação de extensas áreas florestais e solos, o que favorece uma maior disponibilidade de Hg nesse ambiente (Verta, 1990). As áreas à montante da barragem de Curuá- Una, apresentam diversas atividades antrópicas, como o desmatamento de áreas próximas ao leito do rio, queimadas e pecuária. Estudos demonstram que essas atividades, acabam disponibilizando o Hg natural para o sistema aquático, principalmente através dos processos de erosão e lixiviação do solo

(Roulet *et al.*, 2000). Em estudo realizado por Ramos *et al.* (2017) foi possível constatar que entre 2005 a 2015 ocorreu um aumento de 272, 61% das atividades agrícolas e um decréscimo de 2,41 % da vegetação natural, e que associado ao avançada atividade agrícola, ocorreu o crescimento de extração de madeira e de pastagem na região do município de Mojuí dos Campos, ressaltando que as áreas que apresentaram maiores concentrações de HgT neste estudo, estão próximas a este município. Na Bacia do rio Tapajós, em um estudo realizado por Sampaio da Silva *et al.* (2009), os maiores níveis de Hg em peixes foram associados à ambientes que apresentavam superfícies sem cobertura florestal. Segundo Bastos, Lacerda (2004), o desmatamento resulta na diminuição do tempo de residência do Hg na atmosfera da Amazônia, favorecendo a deposição de Hg na forma Hg^{+2} . No entanto, quando o Hg^{+2} é disponibilizado no sistema aquático através dos processos de erosão ou lixiviação, este é transformado para a forma de metilmercúrio, a forma mais tóxica para os organismos vivos (Compeau, Bartha, 1985; Hansen *et al.*, 1997).

As espécies *Auchenipterus nuchalis* e *Serrasalmus rhombeus*, apresentaram espécimes com concentrações de HgT, acima dos níveis toleráveis pela OMS e ANVISA.

Apesar da espécie *A. nuchalis*, apresentar indivíduos com altas concentrações de HgT neste estudo, foi possível observar uma redução nas suas concentrações, ao compararmos com os resultados encontrados por Parente (2018), em estudo realizado em 2011 na UHE de Curuá- Una com exemplares das mesmas espécies que foram analisadas no presente estudo, observou que as espécies *A. nuchalis* (248, 67 $ng.g^{-1}$), *C. knerii* (96,44 $ng.g^{-1}$) e *H. unimaculatus* (248,67 $ng.g^{-1}$) apresentaram concentrações médias de HgT maiores que as concentrações encontradas neste estudo. Em contrapartida as concentrações médias de *S. rhombeus* (296,58 $ng.g^{-1}$) deste trabalho apresentaram aumento significativo com relação aos dados encontrados por Parente (2018) (164,41 $ng.g^{-1}$). Ressaltando que para essa comparação foram utilizadas apenas as concentrações médias dos exemplares coletados no mês de novembro/2017, mesmo período de coleta do estudo citado.

Estudos realizados em UHEs na região Amazônica, demonstraram que peixes com diversos hábitos alimentares, apresentaram concentrações médias de Hg acima do limite permitido tanto pela OMS quanto pela ANVISA. Kasper *et al.* (2012), encontraram concentrações médias acima do estabelecido pela OMS em peixes carnívoros (545 e 1.366 $ng.g^{-1}$, respectivamente à montante e jusante) e omnívoros (534 $ng.g^{-1}$ na área à jusante) da UHE de Samuel- RO. Levando em consideração os níveis estabelecidos pela ANVISA, peixes

predadores apresentaram concentrações médias acima do permitido (1.366 ng. g^{-1}) e peixes não predadores (534 ng. g^{-1}) apresentaram concentrações acima do tolerado nas áreas à jusante. Em um estudo realizado em Tucuruí, Kehrig *et al.* (2009) também evidenciaram que a espécie *Cichla* spp. ($546,7 \pm 555,4 \text{ ng.kg}^{-1}$) apresentou níveis acima do limite aceitável pela OMS.

No presente estudo, as maiores concentrações de HgT foram encontradas em *A. nuchalis*, espécie que possui hábito alimentar insetívoro. Evidenciando desta forma que o HgT não foi biomagnificado ao longo da cadeia trófica.

Alguns estudos demonstram que espécies insetívoras, apresentaram maiores concentrações que peixes que estão em um nível trófico superior. Wong *et al.* (1997), ao investigaram a transferência de Hg de invertebrados bentônicos para peixes de dois lagos na região de Muskoka no centro-sul de Ontario, observou que os peixes do lago Mouse que possuíam altas taxas de consumo de invertebrados bentônicos, apresentaram maior consumo de HgT.

Kasper *et al.* (2009), ao investigarem as concentrações de Hg inorgânico e orgânico no reservatório de Vigário- RJ, observaram que o Hg inorgânico não foi biomagnificado ao longo da cadeia trófica, visto que as maiores concentrações foram observadas em peixes detritívoros, seguido de algívoros, carnívoros e omnívoros. Bentes (2014), ao analisar as concentrações de HgT em peixes de diferentes níveis tróficos, dos rios Amazonas e Tapajós, evidenciou que os peixes de hábito insetívoro, apresentaram maiores concentrações que os piscívoros, cenário este que indicou que as concentrações de Hg neste grupo trófico estavam mais relacionadas à alta plasticidade alimentar dos peixes amazônicos do que com o nível trófico que pertencia.

Ao analisar as concentrações de HgT em peixes de igarapé, Pimentel (2011), também observou que os organismos que possuíam hábito alimentar insetívoro, apresentaram maiores concentrações do que as espécies carnívoras, evidenciando desta forma a importância destes organismos como elo de transferência de Hg dos sedimentos para os níveis tróficos superiores como os peixes. Soares *et al.* (2016) verificaram que na Bacia do rio Negro a espécie *Hypophthalmus marginatus* com hábito alimentar planctívoro apresentou valores mais elevados de HgT do que espécies de níveis tróficos superiores.

Constatou-se que as concentrações à jusante da barragem na espécie *Curimata knerii* foram dependentes das variáveis limnológicas pH, OD, temperatura, condutividade elétrica e TDS. Estudos demonstram que a metilação do Hg é dependente das variáveis limnológicas. Coelho-Souza *et al.* (2007), constataram que a especiação do Hg, é dependente de parâmetros como por exemplo, temperatura, pH e potencial redox. Kasper *et al.* (2014) em estudo realizado na Hidroelétrica de Balbina, constaram que os níveis de metilmercúrio foram maiores que os observados a montante da barragem, sendo possivelmente influenciado pelas condições anóxicas encontradas neste ambiente, que podem favorecer o processo de metilação do Hg através da proliferação bacteriana.

Estudos ecotoxicológicos que visem compreender de que forma o processo de bioconcentração de Hg se comporta no sistema aquático, levando em consideração matrizes bióticas e abióticas são escassos para a região Amazônica.

As concentrações de MeHg na água são fator determinante quanto as concentrações de Hg na biota (Morel *et al.*, 1998). Barbosa *et al.* (2003), descreveram que a bioconcentração de Hg possui grande alcance dentro da cadeia trófica de peixes, sendo que a difusão de Hg no tecido muscular de peixe ocorre de acordo com a posição hierárquica e a estratégia de alimentação dos peixes.

O fator de bioconcentração foi progressivamente observado ao longo dos níveis tróficos (detritívoro < detritívoro/algívoro < insetívoro < piscívoro). Corroborando desta forma, com o estudo sobre o fator de bioconcentração no Lago de Manacapuru (AM), realizado por Beltran-Pedrerros *et al.* (2011), onde evidenciou que a bioconcentração iniciou-se nos omnívoros/insetívoros e em todos os consumidores terciários. Kehrig *et al.* (2011), também ao analisar o processo de bioconcentração de metilmercúrio na Bahia de Guanabara, constatou que o fator de bioconcentração aumentou sucessivamente de acordo com o nível trófico, ou seja, do microplâncton (produtor primário) para o mesoplâncton e mexilhão (consumidores primários), peixes planctívoros, peixes predadores pouco vorazes e peixe predador voraz.

O estudo demonstrou que para a comunidade perifítica, está ocorrendo maior bioconcentração de HgT no trecho Transição, indicando desta forma que neste trecho está ocorrendo uma maior transferência de HgT. O que pode estar relacionado ao aporte de Hg alóctone para o ecossistema aquático, proveniente de atividades antrópicas tais como,

desmatamento e queimadas, que ocorrem neste trecho. Coelho – Souza *et al.* (2007), demonstraram que o Hg acumulado pelo perifíton ocorre através do material particulado fino (MPF) que contém mercúrio associado à oxihidróxidos de Fe e Al, que é disponibilizado no sistema aquático através da erosão do solo de áreas desmatadas.

Bacelar (2017) em estudo das concentrações de HgT em sedimentos de fundo e sedimentos em suspensão, realizado na mesma região e em trechos próximos aos coletados neste trabalho na UHE de Curuá- Una, encontrou concentrações de sedimento em suspensão significativamente superior no trecho denominado por ele de Região Fluvial de Transição ($223,0 \pm 63,01 \text{ ng. g}^{-1}$), seguido do trecho Região Fluvial Montante ($185,4 \pm 23,7 \text{ ng. g}^{-1}$). O autor atribui estes valores a mudanças no padrão de uso e ocupação do solo que está ocorrendo principalmente nas drenagens dos rios Mojuí e Mojú, os quais desembocam no rio Curuá- Una.

Bell, Scudder (2007) ao realizarem um estudo em rios nos Estados Unidos, sobre a acumulação de Hg na comunidade perifítica, evidenciaram que esta comunidade desempenha papel importante no acúmulo de Hg na cadeia alimentar, porém essa distribuição depende de fatores como a biomassa do perifíton, o aporte de Hg para o ecossistema aquático e o uso do perifíton como fonte de alimento para níveis tróficos superiores.

Lázaro *et al.* (2013), demonstraram que as taxas de produção de MeHg (metilmercúrio) em dois lagos de várzea no Pantanal apresentaram uma correlação positiva com a comunidade perifítica associada as raízes de macrófitas aquáticas, demonstrando desta forma que as condições ecológicas nessas raízes favorecem tanto o estabelecimento quanto o desenvolvimento de cianobactérias que estão associadas as maiores taxas de metilação do Hg. Já em estudo realizado no Lago La Granja (Bolívia), Ácha *et al.* (2011), observaram que as bactérias sulfato redutoras da família Desulfobacteracea, encontradas no perifíton associado às raízes de macrófitas aquáticas, podem ser definidas como a família dominante no processo de metilação de mercúrio neste ambiente.

Desta forma, a comunidade perifítica, tem um papel importante no processo de metilação de Hg, principalmente, quando associada a raízes de macrófitas aquáticas, devido a presença de bactérias sulfato- redutoras que compõe esta comunidade (Guimarães *et al.*, 2000; Mauro *et al.*, 2002; Coelho – Souza *et al.*, 2006, Achá *et al.*, 2011). Desta forma, o MeHg é

disponibilizado para a água e entra na cadeia trófica por rápida difusão, sendo acumulado nos tecidos de peixes na cadeia alimentar (Coelho- Souza *et al.*, 2007).

Os resultados deste estudo demonstram que o fator de bioconcentração foi menor em espécies que ocupam nível trófico inferior e maiores nas espécies que estão no topo da cadeia alimentar. E que a comunidade perifítica no trecho transição está absorvendo mais concentrações de Hg da água, o que sugerimos estar relacionado as extensas atividades antrópicas que ocorrem neste local, contribuindo para um aporte de material alóctone, incorporando mercúrio natural a coluna da água e conseqüentemente aos outros compartimentos do sistema, como sedimentos do reservatório e conseqüentemente a biota aquática.

Apenas *Hemiodus unimaculatus* e *Serrasalmus rhombeus*, apresentaram valores médios de HgT significativamente diferentes, com maior concentração nas áreas à montante da barragem. E de forma geral, as maiores concentrações de HgT foram evidenciadas no trecho transição e as menores à jusante. Dessa forma conclui-se que atividades antrópicas realizadas nessas áreas, podem estar disponibilizando Hg para o sistema aquático. E que neste ambiente não foi possível observar o processo de biomagnificação ao longo da cadeia trófica, visto que a espécie insetívora (*Auchenipterus nuchalis*), apresentou as maiores concentrações de HgT do que piscívoras (*Serrasalmus rhombeus*).

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Oeste do Pará. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de Pós Graduação.

REFERÊNCIA

Achá D, Hintelmann H, Yee J. Importance of sulfate reducing bacteria in mercury methylation and demethylation in periphyton from Bolivian Amazon region. *Chemosphere*. 2011; 82(6): 911–916. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.10.050>

Azevedo, Fausto Antonio de. *Toxicologia do mercúrio*. São Carlos: RiMa. São Paulo: InterTox. 2003. Capítulo 5, Toxicidade; p.97.

Barbosa AC, Souza J, Dórea JG, Jardim WF, Fadini PS. Mercury Biomagnification in a Tropical black water, rio Negro, Brazil. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2003; 45: 235-246. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00244-003-0207-1>.

Bacelar RJ. Avaliação espacial dos níveis de mercúrio total em sedimentos do reservatório da UHE de Curuá-Una, Pará, Brasil. [Dissertação de Mestrado]. Santarém, PA: Universidade Federal do Oeste do Pará; 2017

Bastos WR, Lacerda LD. A contaminação por mercúrio na Bacia do Rio Madeira: Uma breve revisão. *Geochimica Brasiliensis* 1.2004; 18(2): 099-114. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21715/gb.v18i2.215>.

Bell AH, Scudder BC. Mercury Accumulation in Periphyton of Eight River Ecosystems. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*. 2007; 43(4):957-968. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2007.00078.x>.

Beltran- Pedreros, S.; Zuanon, J., Leite, R. G. L.; Peleja, J. R. P.; Mendonça, A. B. and Fosberg B. R. 2011. Mercury bioaccumulation in fish of comercial importance from diferente trophic categories in an Amazon floodplain lake. *Neotropical Ichthyology*, 9(4): 901-908. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252011000400022>.

Bentes SS. Mercúrio total em peixes dos Rios Amazonas, Tapajós e Arapiuns- Amazônia, Brasil [Dissertação de Mestrado]. Santarém, PA: Universidade Federal do Oeste do Pará; 2014.

Canavan CM, Caldwell CA, Bloom NS. Discharge of methylmercury enriched hypolimnetic water from a stratified reservoir. *The Science of the Total Environment*. 2000; 260: 159–170. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00560-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00560-X)

Coelho-Souza SA, Guimarães JRD, Mauro JBN, Miranda MR, Azevedo SMFO. Mercury methylation and bacterial activity associated to tropical phytoplankton. *Science of the Total Environment*, 2006; 364: 188– 199. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.07.010>.

Coelho-Souza, S. A., Miranda, M. R. & Guimarães, J. R.D. A importância das macrófitas aquáticas no ciclo do mercúrio na Bacia do rio Tapajós (PA). *Oecologia Brasiliensis*, 2007; 11 (2): 252-263. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/197018>

Compeau GC, Bartha R. “Sulfate-Reducing Bacteria: Principal Methylators of Mercury in Anoxic Estuarine Sediment”. *Applied and Environmental Microbiology*. 1985; 50(2): 498 – 502. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC238649/?page=1>.

- Fearnside, P.M. Do hydroelectric dams mitigate global warming? The case of Brazil's Curuá-Una Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2005;10 (4): 675-691. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11027-005-7303-7>.
- Figueiredo DG. Dieta de quatro espécies de peixes na área de influência da Usina Hidroelétrica de Curuá-Una, Estado do Pará – Brasil. [Dissertação de Mestrado]. Santarém, PA: Universidade Federal do Oeste do Pará; 2018.
- Forsberg BR, Melack JM, Dunne T, Barthem RB, Goulding M, Paiva RCD, et al. 2017. O impacto potencial de novas barragens andinas nos ecossistemas fluviais da Amazônia. *PLoS ONE* 12 (8): e0182254. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182254>.
- Gray JS. Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. *Marine Pollution Bulletin*. 2002; 45: 46 – 52. Dissertação: [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00323-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00323-X).
- Guimarães JR, Meili M, Hylander LD, Castro e Silva E, Roulet M, Mauro J. B., and Lemos R. Mercury net methylation in five tropical flood plain regions of Brazil: high in the root zone of floating macrophyte mats but low in surface sediments and flooded soils. *Sci. Total Environ*. 2000; 261:99–107. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00628-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00628-8)
- Hansen JC, Danscher G. Organic Mercury: an environmental threat to the health of dietary-exposed societies?. *Reviews on Environmental Health*. 1997; 12(2):107-116. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/REVEH.1997.12.2.107>.
- Hylander, L.D.J.; Gröhn, M.T.; Vikström A.; Wolpher H.; Silva E.C.; Meili M. & Oliveira L.J., 2006. Fish Mercury increase in Lago Manso, a new hydroelectric reservoir in tropical Brazil. *Journal of Environmental Management*, 81:155–166. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.09.025>.
- Kasper D, Forsberg BR, Amaral JHF, Leitao RP, Py-Daniel SS, Bastos WR, Malm O. Reservoir Stratification Affects Methylmercury Levels in River Water, Plankton, and Fish Downstream from Balbina Hydroelectric Dam, Amazonas, Brazil. *Environmental Science Technology*. 2014; 48(2):1032-1040. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/es4042644>
- Kasper D, Palermo EFA, Branco CWC, Malm O. Evidence of elevated mercury levels in carnivorous and omnivorous fishes downstream from an Amazon reservoir. *Hydrobiologia*. 2012; 694(1): 87–98. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/236934992> DOI 10.1007/s10750-012-1133-x

Kasper D, Palermo EFA, Dias ACMI, Ferreira GL, Leitão RP, Branco CWC, Malm O. Mercury distribution in different tissues and trophic levels of fish from a tropical reservoir, Brazil. *Neotropical Ichthyology*; 2009. 7: 751–758. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252009000400025>.

Kehrig HA, Malm O, Palermo EFA, Seixas TG, Baêta AP, Moreira I. Bioconcentração e Biomagnificação de metilmercúrio na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. *Química Nova*. 2011; 34(3): 377-384. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422011000300003>.

Kehrig, H.A.; Fernandes, K.W.G.; Malm, O.; Seixas, T.G.; Di Benedito, A.P. M.; Souza, C.M.M. Transferência trófica de mercúrio e selênio na costa norte do Rio de Janeiro. *Química Nova*. 2009; 32(7): 1822-1828. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000700026>.

Lázaro WL, Guimarães JRD, Ignácio ARA, Silva CJ, Díez S. Cyanobacteria enhance methylmercury production: A hypothesis tested in the periphyton of two lakes in the Pantanal floodplain, Brazil. *Science of the Total Environment*. 2013; 456–457 : 231–238. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.022>.

Mauro JBN, Guimarães JRD, Hintelmann H, Watras CJ, Haack EA, Coelho-Souza SA. Mercury methylation in macrophytes, periphyton, and water – comparative studies with stable and radio-mercury additions. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2002; 374: 983-989. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00216-002-1534-1>.

Morel FMM, Kraepiel AML, Amyot M. The chemical cycle and bioaccumulations of mercury. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 1998. 29:543-566. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/229139013>

Palermo EFA, Kasper D, Reis TS, Nogueira S, Branco CWC, Malm O. Mercury level increase in fish tissues downstream the Tucuruí Reservoir, Brazil. *RMZ Material and Geoenvironment*. 2004; 51: 1292–1294. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267979653>
DOI: 10.13140/2.1.2890.4644

Parente NPO. Ecotoxicologia do mercúrio total em peixes do hidrossistema da UHE Curuá Una, Santarém-Pará, após 35 anos de inundação do reservatório [Dissertação de Mestrado]. Santarém, PA: Universidade Federal do Oeste do Pará; 2014.

Pestana IA, Bastos WR, Almeida M, Carvalho DP, Rezende CE, Souza CMM. Spatial-temporal

dynamics and sources of total Hg in a hydroelectric reservoir in the Western Amazon, Brazil. *Environ Sci Pollut Res*, 2016; 23:9640–9648. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6185-4>.

Pichet, P. Analysis of mercury and methylmercury in environmental amples. *In*: Lucotte, M.; R. Schetagne; N. Thérien; C. Langlois; A. Tremblay. (Eds). *Mercury in thebiogeochemicalcycle*. Berlin: Springer. 1999; 41-52.

Pimentel DR. Avaliação dos níveis de mercúrio (Hg) total em peixes de igarapés da Bacia do Rio Mamuru, Pará, Brasil. Dissertação de Mestrado. Santarém: Universidade Federal do Oeste do Pará; 2011 [citado em 23 de abril de 2018] Disponível em: Banco digital de Teses e Dissertações UFOPA/PPGRNA. <http://www2.ufopa.edu.br/ufopa/academico/pos-graduacao/banco-de-teses>

Ramos ACF, Lima CJ, Miranda LC. Sensoriamento remoto aplicado à análise do Índice de Vegetação na microrregião de Santarém PA (2005 e 2015). *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*. 1ed.: INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – UNICAMP. 2017; 1: 5721-5725. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2270>

Roulet M, Lucotte M, Guimarães JRD, Rheault I. Methylmercury in water, seston, and epiphyton of na Amazonian river and its floodplain, Tapajós River, Brazil. *The Science of Total Environment* [Periódico na internet]. 2000; 261: 43- 59. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/science-of-the-total-environment/vol/261/issue/1>.

Sampaio da Silva D, Lucotte M, Paquet S, Davidson R. Influence of ecological factors ando f land use on Mercury levels in fish in the Tapajós River basin, Amazon. *Environmental Research* [Periódico na internet]. 2009; 109(4): 432-445. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2009.02.011>.

Soares JLF, Goch YGF, Peleja JRP, Fosberg BR, Lemos EJS, Sousa OP. Bioacumulação de mercúrio total (Hg_T) e hábitos alimentares de peixes da bacia do Rio Negro, Amazônia, Brasil. *Biota Amazônica Open Journal System* [periódico na internet]. 2016; 6(1): 102-106. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n1p102-106>

Verta M. Changes in ffish Mercury concentrations in an intensively fished lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1990; 47(10): 1888- 1897. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/f90-213>.

Vieira I, Darwich AJ. Sinecologia da ictiofauna de Curuá-Una, Amazônia: características hidroquímicas, climáticas, vegetação e peixes. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 1999; 11 (2): 41-64. Disponível em: <http://repositorio.inpa.gov.br/handle/123/1215>.

Vieira I. Frequência, constância, riqueza e similaridade da ictiofauna da bacia do rio Curuá-Una, Amazônia. *Revista Brasileira de Zoociências Juiz de Fora*. 2000; 2(2): 51-76. Disponível em: <https://zoociencias.ufjf.emnuvens.com.br/zoociencias/article/view/271/258>

Wetzel, R. G. Opening remarks. In: Wetzel, R.G. (Ed.). *Periphyton offreshwater ecosystems*. The Hague, Dr.W. Junk. *Developments in Hidrobiologia*, 1983; 17: 3-4.

Wong AHK, McQueen DJ, Williams DD, Demers E. Transfer of Mercury from benthic invertebrates to fishes in lakes with contrasting fish community structures. 1997, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1997; 54(6): 1320- 1330. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/f97-035>

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Neste estudo foram investigadas as concentrações de HgT em peixes e perifíton, além de observar o processo de bioconcentração de HgT, em diferentes matrizes biológicas (peixe e perifíton).
- Espécimes de *Auchenipterus nuchalis* e *Serrasalmus rhombeus* apresentaram concentrações acima dos limites aceitáveis para o consumo humano.
- A espécie insetívora (*Auchenipterus nuchalis*), apresentou concentrações mais elevadas de HgT do que a piscívora (*Serrasalmus rhombeus*).
- Apenas *Hemiodus unimaculatus* e *Serrasalmus rhombeus*, apresentaram valores médios de HgT significativamente diferentes entre os diferentes trechos, com maior concentração nas áreas à montante da barragem.
- O fator de bioconcentração mostrou uma taxa de transferência menor em espécies de peixes que ocupam nível trófico inferior na cadeia alimentar e que a espécie *Serrasalmus rhombeus*, apresentou uma taxa de transferência maior que os outros níveis tróficos.
- Por outro lado, observou-se que a comunidade perifítica no trecho à transição está absorvendo maiores taxas de concentrações da água, podendo estar relacionado as extensas atividades antrópicas que ocorrem neste local, contribuindo para um aporte de material alóctone, incorporando mercúrio natural a coluna da água e conseqüentemente aos outros compartimentos do sistema, como sedimentos do reservatório e chegando a biota aquática.
- De forma geral, as maiores concentrações de HgT foram evidenciadas à transição e as menores à jusante. Dessa forma conclui-se que atividades antrópicas realizadas nessas áreas, podem estar disponibilizando Hg para o sistema aquático, por exemplo através do processo de lixiviação.

ANEXOS



ISSN 1679-6225 *printed version*
ISSN 1982-0224 *online version*

ANEXO A Neotrop. ichthyol. - Instructions to authors

Scope and policy

Neotropical Ichthyology is the official journal of the Sociedade Brasileira de Ictiologia (SBI). It is an international peer-reviewed Open Access periodical that publishes original articles and reviews on Neotropical freshwater and marine fishes. It constitutes an International Forum to disclose and discuss results of original research on the diversity of marine, estuarine and freshwater Neotropical fishes. We give priority to articles on native species in their original basins. Articles focusing on aquaculture should be submitted to journals focusing on Animal Science. Submitted manuscripts must represent original research and provide clear theoretical foundations, describe the objectives and/or hypotheses under consideration, and employ sampling and analytical designs consistent with the proposal. Descriptive original works of high quality and relevance will be considered for publication. Casual observations, scientific notes or descriptive studies not associated with relevant theoretical issues will not be considered.

Submission of manuscripts

All **Neotropical Ichthyology** submission system is exclusively online through the portal ScholarOne. Manuscripts must be submitted as digital files at <http://mc04.manuscriptcentral.com/ni-scielo>. The Editor-in-Chief will screen each manuscript submitted to Neotropical Ichthyology verifying whether it is within the journal's scope, presents original research and follows the instructions of the journal to authors. After passing through the initial screening, articles will be assigned to a Section Editor, who will assign an Associate Editor and start the single blind review process. The journal is open for submissions to all researchers on Neotropical ichthyofauna.

With each new *manuscript* submission, *authors* must include a **cover letter** stating that the article constitutes original research and is not being submitted to other journals. Your letter should also explain to editors why your article should be published, highlight the strengths of your research and outline the recommendations that can be drawn from your work. In multi-authored papers, the author responsible for submission must declare in the cover letter that all coauthors are aware of and agree with the submission. To that end, please ensure that all your coauthors have read and approved the final version.

The mailing addresses and valid e-mail addresses for all authors must be entered in the appropriate forms during manuscript submission. We strongly encourage you to register in <http://orcid.org/>, ask your coauthors to do the same and provide ORCID numbers for all authors during submission. At least the ORCID of the corresponding author is mandatory. Do not translate Institution names. During the submission, indicate at least five possible reviewers, providing name, institution, country, and valid e-mail addresses. You may also indicate your opposition to particular reviewers or conflicts of interests, if applicable. Please, read carefully and follow all applicable rules prior to submission. Manuscripts that do not meet the journal formatting requirements, lack required files, or are written in poor English will be returned to authors without review.

Costs

Paper charges will be billed to the corresponding author upon initial distribution of page proofs with costs of R\$400 reais for articles of up to 20 printed pages, adding R\$5 reais for each page added. For authors from outside Brazil the values will be converted to US dollars based on the official quotation of the budget day.

All charges are waived when one or more authors are current SBI members (with the membership fee of the current year paid) or when the paper has been invited through the system. Contact the SBI Secretary (<http://www.sbi.bio.br/en/membership>) for membership rates and payment procedures.

Form and preparation of manuscripts

General form and preparation of manuscripts

Do not duplicate information among the text, figures and tables. Submit only figures and tables that are strictly necessary. Supplementary files such as appen videos should be uploaded already formatted, as pdf or video files. They will be available only in the online version.

For taxonomic papers, please also refer to: *Neotropical Ichthyology* taxonomic style below.

Licensing

Until 2015, *Neotropical Ichthyology* published under a Creative Commons BY-NC license (Attribution-Non commercial). In 2015 the journal changed to the more permissive Creative Commons BY license (Attribution). Articles accepted for publication become property of the journal.

Formatting rules

Please, be sure you have carefully read all the items below

FILE AND PAGE SETUP Manuscript files must be in the DOC, DOCX or RTF formats. Do not lock or protect the file. Formats such as XLS, XLSX or PDF will not be accepted.

The document file cannot include headers, footers, or footnotes (except page number). If your manuscript, figures or tables contain footnotes, move them into the main text, captions or the reference list, depending on the content. Do not format text in multiple columns. Although no page limit is imposed, manuscripts should always be as concise as possible.

Text should be aligned to the left (except if otherwise mentioned), not fully justified, not indented by tab or space and not underlined. Do not hyphenate word breaks (though hyphens can be used in compound constructions, such as dorsal-fin rays, as appropriate).

All text must be Times New Roman font size 12, with 1.5 line spacing. Do not number lines. The font “symbol” can be used to represent the following characters: ρ τ Ψ υ ι ο π α σ δ Φ γ η φ κ λ ∃ ω β ν ≅ Θ Ω Σ Δ Φ. Spell out numbers from one to nine, except those that refer to numerical values, scale counts, and when referring to figures and tables. Also, spell out numbers that begin a sentence.

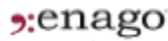
Abbreviations used in the text must be listed under Material and Methods; except for those in common use (e.g., min, km, mm, kg, m, sec, h, ml, L, g). For measurements, use the metric system. Never use n- or m-dashes anywhere in the manuscript; always use hyphens instead.

LANGUAGE Text must be submitted in English. If none of the authors are native English speakers, we recommend that you contract with a professional lan editing and copyediting services or have the manuscript read by a native English speaking colleague prior to submission. Authors are free to choose any certif service, but Neotropical Ichthyology authors receive a discount from these two companies.



AMERICAN JOURNAL EXPERTS*

<http://www.aje.com/c/SBI10> (10% discount) and



<http://www.enago.com.br/forjournal/> (CODE: PESQUISA, 20% discount)

Avoid clichés, slang, and colloquial words or expressions such as “In the present study”. Use the word “very” sparingly.

TITLE New taxa names should not appear in the title or abstract. *E.g.*, this title meets the guidelines: A new species of loricariid catfish from the rio Ribeira de basin, Brazil (Ostariophys: Siluriformes).

Center the title and present it in boldface, without quotation marks, with sentence-style capitalization, and with subordinate taxa separated by “:” *e.g.*, ...

(Siluriformes: Loricariidae). Titles must reflect the contents of the paper and use scientific names rather than vernacular names. Do not provide taxonomic

authorship in the title, but do provide it in the first appearance of the name in the text. See Nomenclature Section below for further instructions.

AUTHORS As the submitting author will be responsible for completing information at submission, it is mandatory that all authors have reviewed, discussed, a with the contents of the manuscript and the order of authorship prior to submission. All co-authors must have contributed substantially to all article steps. Co and contributors of resources and equipment without substantial intellectual involvement in the project should be mentioned in the Acknowledgments, but no as authors.

Capitalize only the initial letters of authors’ names. Do not abbreviate first name of authors and separate the names of the last two authors by “and”. We enco presenting the full middle names of the authors, except when the number of authors is more than four. In case of authors from different institutions, use supe numerals to identify each one in regular font (not italics). Superscript numerals can also be used to identify multiple addresses for each individual author. For surnames, insert a hyphen between the paternal and the maternal surname if the author wishes to be cited with both (*e.g.*, Javier Maldonado-Ocampo).

AUTHORS ADDRESSES Full mailing addresses and email of all authors must be provided, including institution name, ZIP codes, cities (no comma between Z city), states and countries. For Brazilian and American states, use standard abbreviations preceded by comma, and always present the country name in Englis Footnotes should not be used. List emails as part of the institutional address. When there is more than one author at a given institution, insert initials of each name before their respective email address. Indicate the corresponding author by adding (corresponding author) after the appropriate email address. Do not period.

E.g., Heraldo A. Britski¹, Naércio A. de Menezes¹, Javier Maldonado-Ocampo² and John Lundberg³

¹ Seção de Peixes, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Av. Nazaré, 481, Ipiranga, 04 263-000 São Paulo, SP, Brazil. (HAB) heraldo@usp.br (corresponding author), (NAM) naercio@usp.br

²Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Edf. 53, Laboratorio de Ictiología 108B, Carrera 7 No. 43-82, Bogotá, DC, Colombia. gymnopez@gmail.com

³Department of Ichthyology, The Academy of Natural Sciences of Drexel University, 1900 Benjamin Franklin Parkway, 19103-1195 Philadelphia, PA, USA lundberg@ansp.org

RUNNING HEAD Provide a suggested running head of up to 50 characters. It must concisely reflect the content of the article. Do not include vernacular na species authorship here.

ABSTRACT Abstracts must appear as a single paragraph with fewer than 200 words in English. Do not include new taxa names, authorship or references. Dindent. Remember that this is the first piece of your article that will be viewed by each potential reader. Include information showing the importance and relev your article to encourage the reader to read your entire paper.

RESUMO or RESUMEN Provide a concise (maximum 200 words) and accurate Portuguese or Spanish translation of the English abstract.

KEYWORDS Provide up to five capitalized keywords in English, in alphabetic order and separated by commas. Do not use words already contained in the Neotropical (which appears in the name of the journal). If the article provides an identification key, include that as keyword in the English and translated lists of the Palavras-chave or the Palabras clave also is arranged alphabetically, but the sequence of the words might differ from those in English.

TEXT The body of text may employ named heading and subheadings, which cannot be lettered or numbered. All sections are left justified, except the prima headings, which should appear centered in small caps and bold font. Employ the following heading, in the cited order: **Title** (do not include the word Title bef title proper); **Abstract** (in English); **Resumo or Resumen** (choose only one, in Portuguese or Spanish); **Keywords** (in English and in the same language of **Resumo or Resumen** you provided, literally translated from the English); **Running Head**; **Introduction**; **Material and Methods**; **Results**; **Discussion**; **Acknowledgments** (optional); and References. Do not unite Results and Discussion as a unique section or provide a separate Conclusion section. However, encourage highlighting conclusions as the last paragraph(s) of the Discussion. If two heading levels are used, follow this format:

Material and Methods

Sampling sites. Collect ions were carried out in...

Statistical analyses. Data were analyzed...

In case of listing Examined Material, provide a list of institutional acronyms in Material and Methods section OR a reference to a published paper with a list of in Material and Methods. Also, reference(s) for species identification and classification used must be provided.

VOUCHER SPECIMENS Voucher specimens of all species examined must be deposited in a recognized scientific research collection, even in studies focusin single well-known species. A list of catalog numbers of voucher specimen(s) must be furnished in all manuscripts.

NOMENCLATURE Species, genera, and Latin terms (*et al.*, *in vitro*, *in vivo*, *vs.*, *i.e.*, *e.g.*) must be in italics. Cite scientific names according to the ICZN (<http://iczn.org/iczn/index.jsp>).

Authorship should be given at the first reference to a species or genus. Spelling, valid names and authorship of species must be checked in the Catalog of Fish <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Latin terms presented between the generic and specific names (cf., aff., etc.) a italics (*e.g.*, *Hoplias* cf. *malabaricus*).

The genus name must always be fully spelled at its first appearance, at the beginning of a sentence and at least once in each figure and table caption(s). After mention, the first letter of the genus name followed by the full species name may be used (*e.g.*, *H. malabaricus*) as long as the abbreviation leaves no possible confusion with another generic name mentioned in the manuscript. In the case of possible confusion, the abbreviation can include more than the first letter to differentiate of genera beginning with the same letter.

ACKNOWLEDGMENTS Acknowledgments are optional but encouraged. If included, they must be concise and include both first and last names of persons. At institutions, where the full name has been provided in the Material and Methods. Names of sponsor institutions should be listed in their original spelling and not translated to English. Collections permit numbers and approvals of ethics committees can be listed here OR in the Material and Methods section.

TABLES Tables must be numbered sequentially in Arabic numerals according to the order of citation in the text and be cited in the text using the following for

Tab. 1, Tabs. 1-2, Tabs. 1, 4. Approximate locations where tables should be inserted must be indicated in upper case, along the right margin of the text, as in

TABLE 1

In table captions, the word Tab., its respective number and final period after the number should be in bold (*e.g.*, Tab. 1...). End the caption in a period. Capt be self-explanatory. If genus names appear in a caption, spell out the name at least once.

Tables must be constructed in cells using lines and columns. Do not format tables with “tab” or “space”. Tables should not contain visible vertical lines or footn [contents of footnotes must be included in the caption]. List all captions at the end of the manuscript, in the following format: *e.g.*, Tab. 1. Monthly variation of the gonadosomatic index in *Diapoma pyrropteryx* and *speculiferum*...

FIGURES Figures must be numbered sequentially in Arabic numerals according to their order of citation in the text. Cite figures in the text using the following Fig. 1, Figs. 1-2, Fig. 1a, Figs. 1a-b, Figs. 1a, c. Indicate the approximate locations where figures should be inserted in upper case, along the right margin of as in:

FIGURE 1

In each figure caption, the word Fig., its respective number and period are in bold (*e.g.*, Fig. 1...). End each caption with a period. Captions must be self-explanatory. If genus names appear in a caption, spell out the name at least once. Do not include symbols in the caption, but rather replace them with text (*e.g.*, black triangle include a legend in the figure itself).

Indicate figure subsections in lower case and bold letters in both in the figure and caption (*e.g.*, **Fig. 1.** Olfactory epithelium of representatives of Otophysi. **a.** *carpio*; **b.** *Brycon orbignyanus*;

c. *Pimelodus maculatus*; and **d.** *Sternopygus macrurus*. Scale bars = 1 mm). Do not use capital letters, or parentheses after 1

Cite figures from other articles using the same formats as figures published in the present article, but do not capitalize them (*e.g.*, ...according to the figs. 2b Harold (2001)...).

Figures cannot be submitted as images inserted in Word files. Figures must be submitted as high quality individual files. For b&w figures, they must be saved format, gray scale, 8.5 or 17.5 cm width, 600 dpi. Color figures must be in TIFF format, CMYK, 8.5 or 17.5 cm width and 300 dpi.

Composed figures must fit either the page (17.5 cm) or column width (8.5 cm). Text included in graphs and pictures must have a font size compatible with re to page or column width. Illustrations must include either a scale or reference to the size of the item in the figure caption.

List all captions at the end of the manuscript, in the following format: *e.g.*, **Fig. 1.** Monthly variation of the gonadosomatic index in *Diapoma pyrrhopteryx* and *speculiferum*...

SUPPLEMENTARY FILES Upload appendices, videos, datasets and other complementary materials as supplementary files. Identify these in the text by a bol **S** followed by sequential numbers in Arabic numerals. Indicate in the text that those will appear only in the online version (*e.g.* ... as shown in the video **S1**, a only in the online version,...). List all captions at the end of the manuscript, in the following format: **S1.** Video of variation of tides...

PERSONAL COMMUNICATION Personal communication should be included in the text of your document – cited in text only and not be include reference list. *It is recommended you get permission from the source/author of your personal communication.*

Personal communication in the text of your document must include: Date of communication; Type of communication – oral, written (*e.g.* , letter, written communication) or email (include email address); Affiliation (university, organization) and highest academic degree are optional. **E.g., Conversation:** In a conversation with C. A. Silva (April 2010)...

Letter: According to a letter by C. A. Silva (Assoc. Prof., Dept of Biolo gy, Universidade de São Paulo, SP) in November 2016... OR According to C. A. Silva, Ph communication, November 2016)...

E - mail: In - text: In an email from E . Anderson, PhD (e.anderson@usp.br) in August 2016...

REFERENCES References must be cited in the following formats in the text: Eigenmann (1915, 1921) or (Eigenmann, 1915, 1921; Fowler, 1945, 1948) or Eig Norris (1918) or, for more than two coauthors, Eigenmann *et al.* (1910a, 1910b), always in chronological order after alphabetical order in case of more than o cited.

Do not include undergraduate monographs, conference papers, abstracts or technical reports. Include Masters Thesis or Ph.D. dissertations only if extremely Do not format references with “tab” or “space” and present references in rigorous alphabetical order. In case of authors with surnames with prepositions, in P do not include the preposition (*e.g.*, Carlos Alberto da Silva = Silva CA). In Spanish do not include “de” (*e.g.*, María de Rueda = Rueda M), but include “Del” (Angel Del Río = Del Río A). Ignore prepositions for the purpose of alphabetization, as in the following example:

E.g. of sequence

De Carli F
Devincenzi GJ
Eigenmann CH
Maldonado-Ocampo J
De Pinna MCC
Del Río A
Rueda M
Silva CA

Note: In case of self-citations using a convention other than those exemplified, please cite using your usual convention and, in the cover letter, mention your to maintain and standardize that usage in all your self-citations in this and other journals.

Ensure that all citations in the text and the References coincide before submitting a manuscript. Use the reference style outlined by the International Committ Medical Journal Editors (ICMJE), also referred to as the “Vancouver” style. Example formats are listed below.

Book Author(s) – Family name and initials, Multiple authors separated by a comma. Title of book. Edition of book if later than 1st ed. Place of Publication: Publisher Name; Year of Publication.

One author

Bailey KD. Methods of social research. 4th ed. New York: Free Press; 1994.

Nelson JS. Fishes of the world. 4th ed. Hoboken (NJ): J. Wiley; 2006.

Two to six authors

Borcard D, Gillet F, Legendre P. Numerical ecology with R. New York: Springer; 2011.

Graça WJ, Pavanelli CS. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas ad jacentes. Maringá: Eduem; 2007.

Pillar VP, Müller SC, Castilhos ZMS, Jacques AVA. Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambient

Six or more authors

Baumgartner G, Pavanelli CS, Baumgartner D, Bifi AG, Debona T, Frana VA. Peixes do baixo rio Iguaçu. Maringá: Eduem; 2012.

Maldonado-Ocampo JA, Oviedo JSU, Villa-Navarro FA, Ortega-Lara A, Prada-Pedrerros S, Jiménez LF, Jaramillo-Villa U, Arango A, Rivas TS, Garcés GCS. Peces dulceacuícolas del Chocó biogeográfico de Colombia. Bogotá (DC): WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Universidad del Tolima, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca; 2012

OR

Mal donado-Ocampo JA, Oviedo JSU, Villa-Navarro FA, Ortega-Lara A, Prada-Pedrerros S, Jiménez LF et al. Peces dulceacuícolas del Chocó biogeográfico de Col Bogotá (DC): WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad del Tolima, Autoridad Nacional de Acuic Pesca; 2012.

Different Editions

Zar JH. Biostatistica I analysis. 5th ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall; 2010.

Edited book

Malabarba LR , Reis RE, Vari RP, Lucena ZMS, Lucena CAS, editors. Phylogeny and classification of Neotropical fishes. Porto Alegre: Edipucrs; 1998.

Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ, Jr., organizers. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: Edipucrs; 2003.

Book in a series

Fink WL, Weitzman SH. The so-called Cheirodontin fishes of Central America with descriptions of two new species (Pisces: Characidae). Washington (DC): Smithsonian Institution Press; 1974. (Smithsonian contributions to Zoology; No. 172).

Legendre P, Legendre L. Numerical ecology. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier; 1998. (Developments in environmental modeling; 20).

Meek SE. The fresh-water fishes of Mexico north of the isthmus of Tehuantepec. Chicago: Field Columbian Museum; 1904. (Field Columbian Museum. Publications Zoological series; vol 5).

Wootton RJ. Ecology of the least fishes. London: Chapman & Hall; 1990. (Fish and fisheries series; 1).

Electronic book - from a full text database

Eschmeyer WN, Fong JD. Species by family/ subfamily in the Catalog of Fishes. [Electronic version]. San Francisco (CA): California Academy of Sciences; 2017 Oct 29]. Available from: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp> (NOTE HYPERLINKS HAVE NO PERIODS) Froese R, Pauly D, editors. FishBase. [World Wide Web electronic publication]. Penang (MA), Rome: FAO; 2017 [cited 2017 Oct 29]. Available from: <http://fishbase.org> Stoddard, WO. Among the lakes. [eBook]. New York: C. Scribner's Sons; 1890 [cited 2017 Oct 29]. Available from: <https://archive.org/stream/amonglakes00stod/page/n7/mode/2up>

Translation of a book

Lowe-McConnell RH. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. Vazzoler AEAM, Agostinho AA, Cunningham PTM, tradutores. São Paulo: Edusp; (Coleção Base). Original title: Ecological studies in tropical fish communities.

Chapter in an edited book

Britto MR. Família Callichthyidae. In: Buckup PA, Menezes NA, Ghazzi MS, editores. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: M Nacional; 2007. p. 75-81. (Série Livros; 23).

Campos-da-Paz R, Albert JS. The gymnotiform "eels" of Tropical America: a history of classification and phylogeny of the South American electric knifefishes (Ostariophysi: Siluriformes). In: Malabarba LR, Reis RE, Vari RP, Lucena ZMS, Lucena CAS, editors. Phylogeny and classification of Neotropical fishes. Porto Alegre: Edipucrs; 1998. p.401-417. (NOTE ALL DIGITS ARE PROVIDED IN PAGE NUMBERS OF BOOK CHAPTERS).

Reis RE. Family Callichthyidae (Armored catfishes). In: Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ, Jr., organizers. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: Edipucrs; 2003. p.291-309.

Chapter in a book

Gerking SD. Feeding ecology of fish. London: Academic Press; 1994. Chapter 3, Feeding variability; p.41-53.

Chapter from an electronic book

Darwin C. On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favored races in the struggle for life [Internet]. London: John Murray; Chapter 5, Laws of variation. [cited 2010 Apr 22]. Available from: <http://www.talkorigins.org/faqs/origin/chapter5.html>

Journal Articles Author(s) – Family name and initials. Title of article. Title of journal. – Abbreviated Publication year, month, day (month & day available); volume(issue):pages.

Note: Journal titles may be abbreviated according to the style used in the sites: <http://cassi.cas.org/search.jsp>, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/> or http://images.webofknowledge.com/WOK46/help/WOS/A_abrvjt.html. **In case you do not find the journal name in the above links, provide the full name of the journal and highlight it in yellow.**

Standard journal article – one author

Winemiller KO. Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks. Ecol Monogr. 1990; 60(3):331-67. (NOTE YOU MUST PRESENT ONLY TWO DIGIT LAST PAGES IF THE PREVIOUS DIGITS COINCIDE WITH THE PREVIOUS DIGITS OF THE FIRST PAGE).

Standard journal article – two authors

Abudayah WH, Mathis A. Predator recognition learning in rainbow darters *Etheostoma caeruleum*: specific learning and neophobia. J Fish Biol. 2016; 89(3):16 Winemiller KO, Jepsen

DB. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *J Fish Biol.* 1998; 53(Suppl.A):267-96.

Standard journal article – three to six authors

Morris MR, Batra P, Ryan MJ. Male-male competition and access to females in the swordtail *Xiphophorus nigrensis*. *Copeia.* 1992; (4):980-86.

Vari RP, Ferraris CJ, Jr., De Pinna MCC. The Neotropical whale catfishes (Siluriformes: Cetopsidae: Cetopsinae), a revisionary study. *Neotrop Ichthyol.* 2005; 3: 238.

Journal article – more than six authors

Xavier JHA, Cordeiro CAMM, Tenório GD, Diniz AF, Paulo Júnior EPN, Rosa RS, Rosa IL. Fish assemblage of the Mamanguape Environmental Protection Area, NE abundance, composition and microhabitat availability along the mangrove-reef gradient. *Neotrop Ichthyol.* 2012; 10(1):109-22.

OR

Xavier JHA, Cordeiro CAMM, Tenório GD, Diniz AF, Paulo Júnior EPN, Rosa RS et al. Fish assemblage of the Mamanguape Environmental Protection Area, NE abundance, composition and microhabitat availability along the mangrove-reef gradient. *Neotrop Ichthyol.* 2012; 10(1):109-22.

Journal article – in press

Melo MRS, Buckup PA, Oyakawa OT. A new species of *Characidium* Reinhardt, 1867 (Characiformes: Crenuchidae) endemic to the Atlantic Forest in Paraná State southern Brazil. *Neotrop Ichthyol.* Forthcoming 2016.

Note 1: Cite only if the paper is about to be published. If your article is accepted, be sure to provide full details of the article already published proofs.

Note 2: You can include date, volume and issue number if provided.

Electronic journal article – with DOI number

Pessanha ALM, Araújo FG. Spatial and size feeding niche partitioning of the rhomboid mojarra *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) in a tropical Brazilian Bay. *Mar Res* [serial on the Internet]. 2012; 8(3):273-83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/17451000.2011.615326>

Electronic journal article – without DOI number

Koike Y, Koya Y. Viable periods of fertilizability of eggs and sperm of Japanese medaka, *Oryzias latipes*. *Japan. J. Ichthyol* [serial on the Internet]. 2014; 61(1) Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jji/61/1/61_9/_pdf

Journal article from a full text database

Fletcher D, Wagstaff CRD. Organizational psychology in elite sport: its emergence, applications and future. *Psychol Sport Exerc* [serial on the Internet]. 2009; 10(4):427-34. Available from: <http://www.sciencedirect.com/>

Reports and other Government Publications Author(s). Title of report. Place of publication: Publisher; Date of publication – year month if applicable /Organisation /Scientific /Technical report

International Commission on Zoological Nomenclature (ICZN). International Code of Zoological Nomenclature. 4th ed. London: International Trust for Zoologic Nomenclature Natural History Museum; 1999.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). Standards and Petitions Subcommittee. Guidelines for using the IUCN Red List Categories and Criteria 13 [Internet]. 2017 [updated 2017 Mar]. Available from: <http://cmsdocs.s3.amazonaws.com/RedListGuidelines.pdf>

Thesis Printed Thesis: Author. Thesis title [type of thesis]. Place of publication: Publisher; Year.

Online Thesis: Author. Thesis title [type of thesis on the internet]. Place of publication: Publisher; Year [cited date – year month day]. Availab

Name of database. web address

Thesis

Langea ni Neto F. Estudo filogenético e revisão taxonômica da família Hemiodontidae Boulenger, 1904 (sensu Roberts, 1974) (Ostariophysi, Characiformes). [P Thesis]. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo; 1996.

Thesis – retrieved from fulltext database/internet

Bifi AG. Revisão taxonômica das espécies do grupo *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Characiformes: Erythrinidae) da bacia do rio da Prata. [PhD Thesis on Internet]. Maringá: Universidade Estadual de Maringá; 2013 [cited 2010 Mar 24]. Available from: Biblioteca digital Universidade Estadual de Maringá. [HTTP://http://nou-rau.uem.br/nou-rau/document/?code=vtls000205331](http://nou-rau.uem.br/nou-rau/document/?code=vtls000205331) Vaz GDA. Estudo da ecomorfologia comparada de Pantodontidae (Teleostei: Osteoglossiformes) e Gasteropelecidade (Teleostei: Characiformes). [MSc Dissertação the Internet]. Ribeirão Preto: USP, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto; 2016 [cited 2016 Oct 29]. Available from: Biblioteca digital Univ de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59139/tde-29072016-091155/pt-br.php>

Webpages Author. Title of publication [type of medium – Internet]. Place of publication (if available): Publisher (if available); Date of publica year month day (supply year if month and day not available) [updated year month day; cited year month day]. Available from: web address

Web page – with author

Eschmeyer WN, Fricke R , van der Laan R, editors. Catalog of fishes: genera, species, references [Internet]. San Francisco: California Academy of Science; 20 [updated 2016 Sep 29; cited 2016 Oct 15]. Available from: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>

Web Article with DOI

Frota A, Deprá GC, Pete nucci LM, Graça WJ. Inventory of the fish fauna from Ivaí River basin, Paraná State, Brazil. Biota Neotropica [serial on the Internet]. 2 27 [cited 2016 Jun 06]; 16(3):e20150151. Available from: <http://www.scielo.br/pdf/bn/v16n3/1676-0611-bn-1676-0611-BN-2015-0151.pdf> DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2015-0151>

Image or map on a webpage

IBGE. Maringá-PR [Image on the internet]. 2010 [cited 2016 Sep 12]; Available from: ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_para_fins_de_levantamentos_estatisticos/censo_demografico_2010/mapas_municipais_estatisticos/pr/marin

R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing [Computer software manual - Internet]. Vienna: R Foundation for Statist Computing; 2014. Available from: <https://www.r-project.org/>

StatSoft, Inc. STATISTICA [Data Analysis Software System], v ersion 10. Available from: www.statsoft.com

ANEXO B- Autorização de Coleta



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

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 60747-1	Data da Emissão: 19/10/2017 15:33	Data para Revalidação*: 18/11/2018
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: YURYANNE CARVALHO PINTO	CPF: 016.989.372-37
Título do Projeto: BIOMAGNIFICAÇÃO E BIOCONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA HIDRELÉTRICA DE CURUÁ-UNA, SANTARÉM- PA	
Nome da Instituição : Universidade Federal do Oeste do Pará	CNPJ: 11.118.393/0001-59

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	COLETA DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS NA HIDRELÉTRICA DE CURUÁ- UNA	10/2017	10/2017

Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico www.ibama.gov.br (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES).
5	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
6	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen .
8	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Doc. Identidade	Nacionalidade
1	DEBORA GOMES FIGUEIREDO	PESQUISADORA	848.945.982-72	843126 SSP-RO	Brasileira

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1	SANTAREM	PA	Hidrelétrica de Curuá-Una	Fora de UC Federal

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxons
1	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Actinopterygii
2	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Actinopterygii (*Qtde: 3)

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

Código de autenticação: 97885777





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

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 60747-1	Data da Emissão: 19/10/2017 15:33	Data para Revalidação*: 18/11/2018
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: YURYANNE CARVALHO PINTO	CPF: 016.989.372-37
Título do Projeto: BIOMAGNIFICAÇÃO E BIOCONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA HIDRELÉTRICA DE CURUÁ-UNA, SANTARÉM- PA	
Nome da Instituição : Universidade Federal do Oeste do Pará	CNPJ: 11.118.393/0001-59

* Quantidade de indivíduos por espécie, por localidade ou unidade de conservação, a serem coletados durante um ano.

Material e métodos

1	Amostras biológicas (Peixes)	Outras amostras biológicas(Tecido Muscular)
2	Método de captura/coleta (Peixes)	Captura manual, Rede de emalhar (emalhe de deriva, de fundo, malhadeiras, caçoeiro, feiçadeiras, tresmalhos e caçoeira)

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	Universidade Federal do Oeste do Pará	

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

Código de autenticação: 97885777



Página 2/4



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

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 60747-1	Data da Emissão: 19/10/2017 15:33	Data para Revalidação*: 18/11/2018
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: YURYANNE CARVALHO PINTO	CPF: 016.989.372-37
Título do Projeto: BIOMAGNIFICAÇÃO E BIOCONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA HIDRELÉTRICA DE CURUÁ-UNA, SANTARÉM- PA	
Nome da Instituição : Universidade Federal do Oeste do Pará	CNPJ: 11.118.393/0001-59

* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

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

Código de autenticação: 97885777

