

## Metanálise da concentração de mercúrio nos peixes de rio mais consumidos pela população da região amazônica

Mariana Terra<sup>1\*</sup>

Gabriella Calleia<sup>1</sup>

Natalie Villar Freret-Meurer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Santa Úrsula. Rua Fernando Ferrari, 75 – Botafogo, CEP: 22231-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Laboratório de Comportamento Animal e Conservação, Universidade Santa Úrsula. Rua Fernando Ferrari, 75 – Botafogo, CEP: 22231-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

\*E-mail: marianatnribas@gmail.com

### RESUMO

Os rios da região amazônica oferecem uma vasta quantidade de peixes para a sua população, principalmente a ribeirinha. Entre os peixes consumidos, os preferidos são: apaiari, acari-bodó, cuiú-cuiú, curimatã, jaraqui, matrinxã, pacu, tucunaré e tambaqui. Percebe-se, nesse ecossistema, uma contaminação de mercúrio. Entre as causas desta contaminação, destaca-se a mineração aurífera, responsável por liberar altas quantidades de mercúrio no processo de extração do ouro. Após os procedimentos para a obtenção do metal precioso, o mercúrio é liberado no ambiente, sofre reações e se transforma em metilmercúrio, que acaba sendo consumido pelos animais aquáticos, contaminando toda a cadeia alimentar. A fim de analisar a concentração de mercúrio nos peixes mais consumidos na região amazônica, foi realizada uma revisão bibliográfica através de artigos científicos em português e em inglês, encontrados em plataformas digitais como: Google Scholar, Scielo, ResearchGate, Portal Embrapa e Repositórios Institucionais da UFMG e do Centro de Tecnologia Mineral (Mineralis). Entre os grupos tróficos analisados, os peixes carnívoros destacaram-se por apresentarem concentrações de mercúrio mais altas do que as dos demais grupos. Este resultado era esperado, tendo em vista que a forma orgânica do mercúrio, o metilmercúrio, tem como propriedades a bioacumulação e a biomagnificação ao longo da cadeia alimentar.

**Palavras-chave:** peixes; região amazônica; mercúrio; contaminação; metilmercúrio; bioacumulação.

### ABSTRACT

The rivers of the amazon region offer a vast amount of fish for its population, especially the riverbank. The most preferred fishes among the consumed are: acará-açu, acari-bodó, cuiú-cuiú, curimatã, jaraqui, matrinxã, pacu, tucunaré and tambaqui. In this ecosystem, mercury contamination is noted. Among several causes for this contamination, gold mining is responsible for releasing a large amount of mercury during the gold extraction process. When the mercury is released into the environment, after the procedures applied to obtain the precious metal, undergoes several reactions and becomes methylmercury, which ends up being consumed by animals and contaminating the entire food chain. In order to analyze mercury concentrations in the most consumed fish in the amazon region, a bibliographical review was conducted through scientific articles in Portuguese and English, found on digital platforms such as Google Scholar, Scielo, ResearchGate, the Embrapa Portal and the Institutional Repositories of UFMG and the Mineral Technology Center (Mineralis). Among the analyzed trophic groups, carnivores stood out for exhibiting higher mercury concentrations than the other. This result was

expected, considering that organic mercury, methylmercury, displays bioaccumulation and biomagnification properties along the food chain.

**Keywords:** fish; Amazon region; mercury; contamination; methylmercury; bioaccumulation.

## INTRODUÇÃO

A pesca extrativa é uma das principais atividades econômicas da região Norte do Brasil, em decorrência da grande disponibilidade de peixes no rio Amazonas e em seus tributários, sendo responsável pelo abastecimento das comunidades urbanas, mas principalmente das ribeirinhas (Lopes et al., 2016; Soares, 2018). Além de ser um alimento de fácil acesso (Cerdeira et al., 1997), o peixe é uma excelente fonte de proteínas e nutrientes (Silva apud. Dorea, 2018), exercendo um papel importante na prevenção de doenças e no auxílio do desenvolvimento do sistema nervoso (Silva, 2018).

Embora o consumo de pescado seja importante, de acordo com a legislação brasileira, a captura deve ocorrer em áreas livres de substâncias nocivas que possam contaminar os animais e provocar riscos à saúde humana (Silva, 2018). Entre as fontes antrópicas de emissão de contaminantes, na região amazônica, a mineração é uma das principais, devido ao uso de mercúrio (Hg) nos processos de obtenção do ouro (Au).

O mercúrio é um metal que pode se apresentar de forma inorgânica e/ou orgânica no ambiente. Na forma inorgânica, pode ser encontrado sob três estados de oxidação (Micaroni et al., 1999). No estado zero, é denominado mercúrio elementar ou metálico ( $Hg^0$ ), seu aspecto é líquido à temperatura ambiente e não é solúvel em água. Quando submetido a altas temperaturas, libera um gás monoatômico altamente tóxico, designado vapor de mercúrio (Zavariz e Glina, 1993). O mercúrio metálico é comumente utilizado por garimpeiros, a fim de separar o ouro da ganga mineral (impurezas sem valor associadas ao minério), através da amalgamação (Souza, 2016), processo de junção do mercúrio com o ouro. Posteriormente, para que o mercúrio seja separado do ouro, é feita a queima do amálgama, geralmente a céu aberto, onde significativas quantidades de vapor de mercúrio são liberadas (Lacerda, 1996).

Ao entrar em contato com a atmosfera, o vapor de mercúrio pode perder elétrons e formar os outros dois estados de oxidação do elemento: os íons mercurioso ( $Hg_2^{2+}$ ) e mercúrico ( $Hg^{+2}$ ) (Micaroni et al., 1999). Atendo-se ao íon mercúrico, uma vez depositado na água e no solo, poderá sofrer reações bióticas e/ou abióticas e se ligar a um radical metil ( $CH_3^-$ ), formando o metilmercúrio (metilHg), composto de mercúrio da mais elevada toxicidade (Bisinoti e Jardim, 2003). Estudos mostram que o metilHg corresponde a 90% da concentração de Hgtotal em peixes contaminados por mercúrio (Micaroni et al., 1999). Assim sendo, a fim de analisar o teor deste composto nos peixes, a determinação de Hgtotal é eficiente (Rodrigues e Castilhos, 2008).

Por ser de fácil penetração nas membranas biológicas, o metilHg é facilmente absorvido pelos animais, através da sua alimentação. Tem alta capacidade de bioacumulação, sendo de difícil eliminação dos tecidos após ser absorvido. Conseqüentemente, ao longo da cadeia alimentar, ocorre o processo de biomagnificação, ou seja, o aumento da concentração de metilHg, à medida que os níveis tróficos aumentam (Arrifano, 2011).

A ingestão de pescados contaminados é a principal forma de exposição humana ao metilmercúrio. Sendo assim, é considerado um contaminante grave para as populações ribeirinhas da região amazônica, já que se alimentam diariamente de peixes (Soares apud. Barbosa et al., 2018). Em 2013, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)

estabeleceu limites máximos de concentração de mercúrio em peixes, a fim de reduzir os riscos de contaminação da população consumidora. Para peixes não predadores, o limite é de  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$  e para predadores, de  $1 \text{ mg kg}^{-1}$ . Com relação à ingestão semanal segura, foi estabelecido pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations ou Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) e pela OMS (Organização Mundial da Saúde) um limite de concentração de metilHg representado pelo PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake ou Ingestão Semanal Tolerável Provisória). O valor do PTWI é de  $0,0016 \text{ mg}$  de metilHg por quilo de peso do consumidor (Alves, 2016).

A contaminação por metilHg pode provocar efeitos tóxicos, principalmente no sistema nervoso central, e doenças cardiovasculares (Soares apud. Virtaner et al., 2018). Mulheres grávidas, mesmo quando expostas a baixas doses de metilHg, podem gerar bebês com alterações no desenvolvimento neuropsicomotor (Cano, 2014).

Portanto, este trabalho tem como objetivo identificar as concentrações de mercúrio nos peixes fluviais mais consumidos pela população da região amazônica, considerando a sua posição na cadeia trófica, e auxiliar na escolha dos peixes ideais para um consumo com o menor nível de contaminação possível.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a contaminação por mercúrio de peixes de rios da região amazônica para a metanálise. O levantamento bibliográfico foi realizado em plataformas digitais como: Google Scholar, Scielo, ResearchGate, Portal Embrapa e Repositórios Institucionais da UFMG e do Centro de Tecnologia Mineral (Mineralis). As palavras-chave de busca foram: “peixes mais consumidos na região amazônica”, “teor de mercúrio em peixes”, “efeitos da contaminação por mercúrio”, “peixe” + “Mercúrio” + “Amazônia”. A busca foi realizada em português e em inglês, sendo levados em consideração apenas artigos científicos. Houve um total de 20.400 trabalhos levantados, entretanto, relatórios técnicos, monografias foram descartadas. O critério de exclusão foi ausência de palavras-chave no título, identificadas através de *screening*. O *screening* foi realizado até a 15ª página de busca, entretanto partir da 10ª página de busca, não houve mais artigos com títulos abordando as palavras-chave, sendo cessada a busca. Os artigos considerados foram dos últimos 30 anos (1990 - 2020).

Os dados de grupos tróficos foram reportados a partir de média  $\pm$  desvio padrão e comparados a partir da Análise de Variância (ANOVA) seguido do teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer.

## RESULTADOS

Foram encontrados 35 trabalhos sobre consumo de pescado nos rios amazônicos, oito que caracterizavam o hábito alimentar das espécies mais consumidas e dez que abordavam as concentrações de mercúrio nos peixes mais consumidos. Com base nos dados levantados de consumo de pescado na região amazônica, houve o registro de 22 espécies (Tabela I). Dentre as espécies encontradas, as nove seguintes foram consideradas as mais consumidas na região: apaiari (*Astronotus ocellatus*), acari-bodó (*Hypostomus emarginatus*, *Liposarcus pardalis*), cuiú-cuiú (*Oxydoras niger*), curimatã (*Prochilodus nigricans*), jaraqui (*Semaprochilodus insignis*), matrinxã (*Brycon hilarii*), pacu (*Mylossoma spp.*, *Myleus spp.*, *Metynnis*), tucunaré (*Cichla ocellaris*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*). Dentre estas espécies, os hábitos alimentares predominantes

são de herbivoria e detritivoria com 33,33% das espécies cada, seguido de onivoria, com 22,22% e carnivorina, com 11,11% (Tabela II).

Tabela I - Espécies de pescado consumidas na região amazônica brasileira.

Nome vulgar	Espécie	Autores	Número de artigos que reportam a espécie
<b>Apaiari, Acará-açu</b>	<i>Astronotus ocellatus</i>	Honda et al., 1975, Cerdeira et al., 1997, Costa et al., 2013	3
<b>Acari-bodó</b>	<i>Hypostomus emarginatus, Liposarcus pardalis</i>	Cerdeira et al., 1997, Costa et al., 2013	2
<b>Apapá, Sardinhão</b>	<i>Pellona castelnaeana, P. flavipinnis</i>	Costa et al., 2013	1
<b>Aracu</b>	<i>Leporinus fasciatus</i>	Honda et al., 1975	1
<b>Aruaná, Sulamba</b>	<i>Osteoglossum bicirrhosum, O. ferreirai</i>	Costa et al., 2013	1
<b>Branquinha</b>	<i>Anodus laticeps</i>	Honda et al., 1975	1
<b>Caranha</b>	<i>Piaractus spp</i>	Flores et al., 2014	1
<b>Cuiú-cuiú</b>	<i>Oxydoras niger</i>	Cerdeira et al., 1997, Costa et al., 2013	2
<b>Curimatã</b>	<i>Prochilodus nigricans</i>	Honda et al., 1975, Cerdeira et al., 1997	2
<b>Jaraqui</b>	<i>Semaprochilodus insignis</i>	Honda et al., 1975, Costa et al., 2013	2
<b>Mapará</b>	<i>Hypophthalmus edentatus, H. marginatus, H. fimbriatus</i>	Costa et al., 2013	1
<b>Matrinxã</b>	<i>Brycon hilarii, B. falcatus</i>	Honda et al., 1975, Costa et al., 2013	2
<b>Pacu</b>	<i>Mylossoma spp., Myleus spp., Metynnis spp.</i>	Honda et al., 1975, Cerdeira et al., 1997, Costa et al., 2013	2
<b>Pescada</b>	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Honda et al., 1975, Costa et al., 2013	2
<b>Pirapitinga</b>	<i>Colossoma nigripinnis</i>	Honda et al., 1975	1
<b>Pirarucu</b>	<i>Arapaima gigas</i>	Honda et al., 1975	1
<b>Sardinha</b>	<i>Triportheus angulatus</i>	Honda et al., 1975	1
<b>Surubim</b>	<i>Pseudoplatystoma</i>	Flores et al., 2014	1
<b>Tambaqui</b>	<i>Colossoma macropomum</i>	Honda et al., 1975, Cerdeira et al., 1997, Costa et al., 2013, Flores et al., 2014	4
<b>Tucunaré</b>	<i>Cichla monoculus, C. temensis, Cichla sp.</i>	Honda et al., 1975, Cerdeira et al., 1997, Costa et al., 2013, Flores et al., 2014	4

Tabela II - Hábitos alimentares das espécies de peixes mais consumidas na região amazônica.

Nome vulgar	Hábito alimentar	Autores
Apaiari, Acará-açu	Onívoro, com tendência à carnivoria	Fabregat et al., 2015
Acari-bodó	Detritívoro	Sá-Oliveira & Isaac, 2013
Cuiú-cuiú	Herbívoro	De Mérona et al., 2001
Curimatã	Detritívoro	Freitas & Siqueira-Souza, 2009
Jaraqui	Detritívoro	Soares, 2018
Matrinxã	Herbívoro, frugívoro	Reys et al., 2009
Pacu	Herbívoro, invertívoro	Freitas & Siqueira-Souza, 2009
Tambaqui	Onívoro, com tendência à frugivoria	Rodrigues, 2014
Tucunaré	Carnívoro	Rabelo & Araújo-Lima, 2002

Os estudos com mercúrio em peixes foram desenvolvidos em sete diferentes rios da bacia amazônica (n=12), dos quais o mais frequentemente citado foi o Rio Madeira, representando 41,6% dos estudos levantados (Figura 1).

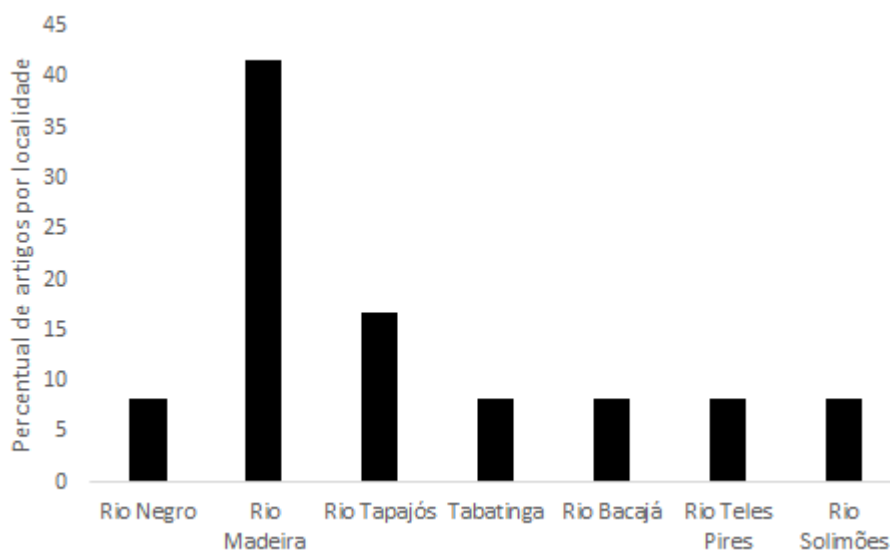


Figura 1 - Percentual de estudos realizados com mercúrio em tecidos de peixes por localidade estudada.

O metilmercúrio foi identificado em diversas concentrações nas espécies de peixes mais consumidos. Essas concentrações variaram de  $0,098 \times 10^{-7} \text{ mg kg}^{-1}$  a  $12,401 \text{ mg kg}^{-1}$  (Tabela III) e a espécie com maior concentração média de mercúrio foi o tucunaré (Figura 2). Dentre os grupos tróficos, a maior média de Hg nos tecidos foi registrada nos carnívoros com  $3,300 \pm 1,650 \text{ mg kg}^{-1}$ , seguidos dos detritívoros com  $1,118 \pm 0,259 \text{ mg kg}^{-1}$ , onívoros com  $0,745 \pm 0,391 \text{ mg kg}^{-1}$  e herbívoros com  $0,400 \pm 0,175 \text{ mg kg}^{-1}$ . Foi identificada diferença significativa entre os grupos tróficos ( $F = 5,423; p = 0,006$ ), sendo representada pelos carnívoros como distintos dos demais grupos (Tabela IV).

Tabela III - Teores médios de Hgtotal encontrados nos tecidos de peixes de rio mais consumidos na região amazônica.

Nome vulgar	Hábito alimentar	Área de coleta	Média de Hgtotal (mg kg <sup>-1</sup> )	Autores
<b>Apaiari, Acará-açu</b>	Onívoro, com tendência à carnívora	Rio Solimões	0,92	Silva et al., 2020
<b>Acari-bodó</b>	Detritívoro	Rio Negro	0,0046	Barbosa et al., 2003
<b>Cuiú-cuiú</b>	Herbívoro	Rio Madeira	0,098 x 10 <sup>-7</sup>	Dorea et al., 1998
<b>Curimatã</b>	Detritívoro	Rio Bacajá Rio Solimões Rio Madeira Rio Madeira	0,002 0,47 1,5 1,6	Souza-Araujo et al., 2016 Silva et al., 2020 Azevedo et al., 2019 Soares, 2018
<b>Jaraqui</b>	Detritívoro	Rio Bacajá Rio Negro Rio Madeira Rio Madeira	0,005 1,118 1,3 2,0	Souza-Araujo et al., 2016 Barbosa et al., 2003 Soares, 2018 Azevedo et al., 2019
<b>Matrinxã</b>	Herbívoro, frugívoro	Rio Teles Pires Rio Tapajós Rio Tapajós	0,052 0,18 0,26	Matos et al., 2018 Vieira et al., 2011 Vieira et al., 2011
<b>Pacu</b>	Herbívoro, invertívoro	Rio Madeira Rio Madeira Rio Negro	0,4 0,6 0,941	Soares, 2018 Azevedo et al., 2019 Barbosa et al., 2003
<b>Tambaqui</b>	Onívoro, com tendência à frugivoria	Rio Madeira Rio Tapajós Rio Tapajós	0,57 1,8 2,6	Queiroz et al., 2017 Vieira et al., 2011 Vieira et al., 2011
<b>Tucunaré</b>	Carnívoro	Rio Madeira Rio Tapajós Rio Tapajós Rio Tapajós Tabatinga Rio Negro	1,05 2,5 3 3,6 5,14 12,401	Queiroz et al., 2017 Vieira et al., 2011 Castilhos et al., 2001 Vieira et al., 2011 Silva, 2018 Barbosa et al., 2003

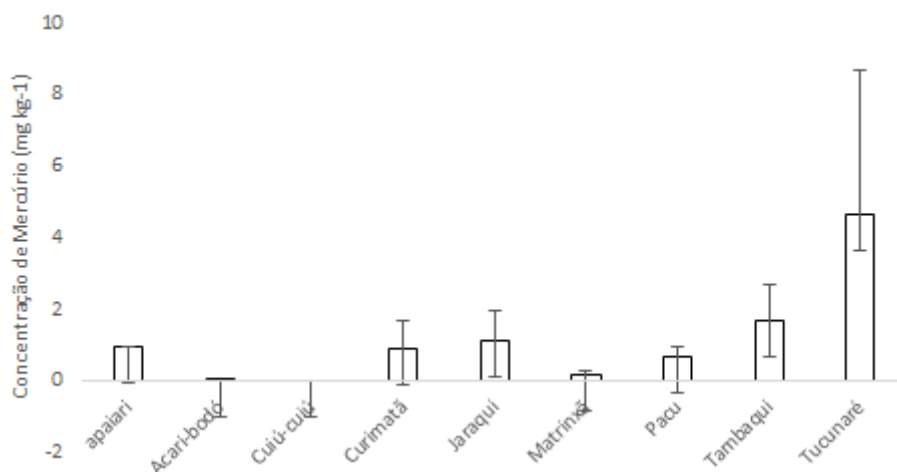


Figura 2 - Média e desvio padrão da concentração de mercúrio (mg kg<sup>-1</sup>) das espécies de peixe de rio mais consumidas na região amazônica brasileira.

Tabela IV - Comparação estatística (teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer) entre a concentrações de mercúrio nos tecidos dos peixes de rios de acordo com seus grupos tróficos, em que  $q$  representa a estatística de teste e  $p$ , o nível de significância.

Comparação	q	p
<b>Herbívoro X Detritívoro</b>	0,608	$p > 0,05$
<b>Herbívoro X Onívoro</b>	0,750	$p > 0,05$
<b>Herbívoro X Carnívoro</b>	4,821	$p < 0,05$
<b>Detritívoro X Onívoro</b>	0,218	$p > 0,05$
<b>Detritívoro X Carnívoro</b>	4,895	$p < 0,05$
<b>Onívoro X Carnívoro</b>	4,269	$p < 0,05$

## DISCUSSÃO

O consumo de pescado na região amazônica, incluindo os estados de Tocantins, Pará e Amazonas, se mostrou bastante amplo, havendo o registro de 22 espécies consumidas. Os peixes amazônicos são o segundo tipo de carne preferida nessas regiões, estando atrás apenas da carne bovina (Araújo et al., 2015). Contudo, essa preferência pode variar de vilarejo para vilarejo (Ribeiro et al., 2018). Dentre as espécies mais consumidas de pescado, foram representados todos os grupos tróficos, incluindo, além dos herbívoros e carnívoros, os detritívoros e onívoros.

Esses grupos tróficos mostraram respostas de acúmulo de mercúrio na musculatura de maneira distinta. Os carnívoros apresentaram maior concentração de mercúrio que os demais grupos tróficos. Tendo em vista que o metilmercúrio é a forma orgânica do mercúrio que tem como propriedades a bioacumulação e a biomagnificação ao longo da cadeia alimentar, era esperado encontrar os organismos de maior nível trófico com maiores concentrações dessa substância. Esse mesmo padrão já foi reportado para outros estudos com peixes (Da Silva et al., 2005). Já o trabalho de Beltran-Pedrerros et al. (2011), reporta a semelhança dos níveis de concentração de mercúrio em consumidores terciários e onívoros, em discordância com a presente análise, que destaca apenas os carnívoros (consumidores terciários) como peixes com concentrações distintas dos demais grupos tróficos.

Essas diferenças em resultados de acordo com os grupos tróficos também está muito associada ao tipo de ambiente, à estrutura trófica do local e à disponibilidade de metilmercúrio. O estudo de Da Silva et al. (2013) reportou variações nas concentrações de mercúrio nos grupos tróficos de acordo com característica ambiental e à teia alimentar da área. Esses parâmetros são relevantes quando se trata de uma avaliação da qualidade das espécies próprias para o consumo em determinada área.

Com base na metanálise do presente estudo e de acordo com os limites máximos de concentração de Hg<sub>total</sub> estabelecidos pela ANVISA, nota-se que o apaiari, o acaribodó, cuiú-cuiú, o curimatã, o matrinxã e o pacu estão dentro do aceitável. No entanto, o tucunaré, o jaraqui e o tambaqui estão acima dos limites estabelecidos, em que o máximo tolerável é de 1 mg kg<sup>-1</sup>. Levando em consideração uma recomendação de acordo com os grupos tróficos, apenas os herbívoros e um peixe onívoro estão em conformidade com os parâmetros de consumo estabelecidos pela ANVISA. Ainda que a concentração de mercúrio na maioria dos peixes esteja compatível com o limite determinado, há que se

considerar o índice de Ingestão Semanal Tolerável Provisória (PTWI), que leva em conta o peso corpóreo dos seres humanos. Dessa forma, apenas um estudo individualizado pode indicar qual o patamar recomendado de ingestão semanal de peixes para cada consumidor.

## CONCLUSÃO

Os teores de mercúrio total variaram bastante entre as espécies. O teor mais baixo foi encontrado em um peixe herbívoro e o mais alto, em um peixe carnívoro. Logo, faz-se clara a influência dos níveis tróficos na concentração de metais pesados nos animais. Sendo assim, o presente estudo recomenda a preferência no consumo de peixes herbívoros e onívoros, podendo ser das seguintes espécies: *Astronotus ocellatus* (apaiari), *Hypostomus emarginatus*, *Liposarcus pardalis* (acari-bodó), *Oxydoras niger* (cuiú-cuiú), *Brycon hilarii*, *B. falcatus* (matrinxã) e *Mylossoma spp.*, *Myleus spp.*, *Metynnis spp.* (pacu).

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à Michelle Azevedo pelas suas contribuições ao trabalho e à Universidade Santa Úrsula, pela disciplina que possibilitou o desenvolvimento deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves JC. Estimativa do risco à saúde humana segundo o teor de mercúrio presente em sushi e sashimi. Dissertação [Mestrado em Saúde e Nutrição] – Escola de Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto; 2016.
- Araújo DM, Lins JLF, Tavares AS, Silva J, Bordinhon AM, Quintero Pinto LG. Aspectos de aquisição e consumo de peixes na feira livre da cidade de Penedo - Alagoas. Bol Inst Pesca 2015; 41: 429-440.
- Azevedo LS, Pestana IA, Nery AFC, Bastos WR, Souza CMM. Influence of the flood pulse on mercury accumulation in detritivorous, herbivorous and omnivorous fish in Brazilian Amazonia. Ecotoxicology 2019; 28: 478-485.
- Barbosa AC, Souza J, Dórea JG, Jardim WF, Fadini PS. Mercury Biomagnification in a Tropical Black Water, Rio Negro, Brazil. Arch. Environ. Contam Toxicol 2003; 45: 235-246.
- Beltran-Pedrerros S, Zuanon J, Leite RG, Peleja JRP, Mendonça AB, Forsberg BR. Mercury bioaccumulation in fish of commercial importance from different trophic categories in an Amazon floodplain lake. Neotrop Ichthyol 2011; 9 (4): 901-908.
- Bisinoti MC, Jardim WF. O Comportamento do Metilmercúrio no Ambiente. Quim Nova 2004; 27 (4): 1-3.
- Brasil. RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2013 [acesso em 16 de junho de 2020]. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042\\_29\\_08\\_2013.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html)
- Cano TM. Efeitos deletérios e teratogênicos da exposição ao mercúrio – Revisão da literatura. Rev Med Saúde Bras 2014; p. 296.
- Castilhos Z, Bidone E, Hartz S. Bioaccumulation of mercury by tucunaré (*Cichla ocellaris*) from Tapajós River region, Brazilian amazon: a field dose-response approach. Bull. Environ. Contam Toxicol 2001; 66: 631-637.



- Castilhos ZC, Rodrigues APC. Avaliação da potencial acumulação de mercúrio em peixes dos reservatórios (previstos) de Jirau e de Santo Antônio, Rio Madeira, RO. Série Estudos e Documentos (CETEM/MCT) 2008; 76: 16.
- Cerdeira RGP., Ruffino ML, Isaac VJ. Consumo de pescado e outros alimentos pela população ribeirinha do lago grande de Monte Alegre, PA – Brasil. Acta Amaz 1997; 27 (3): 219-222.
- Costa TV, Silva RRS, Souza JL, Batalha OS, Hoshiba M,A. Aspectos do consumo e comércio de pescado em Parintins. Bol Inst Pesca 2013; 39 (1): 1-75.
- Da Silva DS, Lucotte M, Paquet S, Brux G, Lemire M. Inverse mercury and selenium concentration patterns between herbivorous and piscivorous fish in the Tapajos River, Brazilian Amazon. Ecotox Environ Safe 2003; 97: 17-25.
- Da Silva DS, Lucotte M, Roulet M., Poirier H, Mergler D,Oliveira Santos E, Crossa M. Trophic Structure and Bioaccumulation of Mercury in Fish of Three Natural Lakes of the Brazilian Amazon. Water Air Soil Pollut 2005; 165: 77-94.
- De Mérona B, Santos GM, Almeida RG. Short term effects of Tucuruí Dam (Amazonia, Brazil) on the trophic organization of fish communities. Environ Biol Fishes 2001; 60: 375-392.
- Dorea JG, Moreira MB, East G, Barbosa AC. Selenium and Mercury Concentrations in Some Fish Species of the Madeira River, Amazon Basin, Brazil. Biol. Trace Elem Res 1998; 65: 211-220.
- Fabregat TEHP, Do Nascimento TMT, Pereira TS, Barbosa AS. Caracterização das proporções anatômicas e tempo de trânsito gastrointestinal do apaiari e do acará-bandeira. Bol Inst Pesca 2015; 41 (3): 671-676.
- Flores RMV, Chiclara PM, Soares SS. Avaliação das preferências dos consumidores de pescado do estado do Tocantins através de pesquisa de campo realizada no seminário Caiu na Rede é Lucro. Braz J Aquat Sci Technol 2014; 18 (1): 121-129.
- Freitas CEC, Siqueira-Souza FK. O uso de peixes como bioindicador ambiental em áreas de várzea da bacia Amazônica. Rev Agrogeoambiental 2009; 1 (2): 39-44.
- Honda EMS, Correa CM, Castelo FP, Zapelini EA. Aspectos gerais do pescado no Amazonas. Acta Amaz 1975; 5 (1): 87-94.
- Lacerda LD. Contaminação por mercúrio no Brasil: Fontes Industriais vs Garimpo de Ouro. Quim Nova 1996; 20 (2): 1-3.
- Matos LS, Silva JOS, Kasper D, Carvalho LN. Assessment of mercury contamination in *Brycon falcatus* (Characiformes: Bryconidae) and human health risk by consumption of this fish from the Teles Pires River, Southern Amazonia. Neotrop Ichthyol 2018; 16 (1): 1-11.
- Micaroni RCCM, Bueno MIMS, Jardim WF. Compostos de Mercúrio, Revisão de Métodos de determinação, tratamento e descarte. Quim Nova 2000; 23 (4): 1-3.
- Ministério da Saúde [homepage na internet]. Mercúrio – Efeitos à Saúde Humana [acesso em 9 de junho de 2020]. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigipeq/contaminantes-quimicos/mercurio/efeitos-a-saude-humana>
- Queiroz JV, Vieira JCS, Bataglioli IC, Bittarello AC, Braga CP, Oliveira G, Padilha CCF, Padilha, P. Total mercury determination in muscle and liver tissue samples from Brazilian amazon fish using slurry sampling. Biol. Trace Elem Res 2017; 184 (1-3): 1-6.
- Rabelo H, Araújo-Lima CARM. A dieta e o consumo diário de alimento de *Cichla monoculus* na Amazônia Central. Acta Amaz 2002; 32 (4): 707-724.

- Ribeiro RC, Barros LA, Pires CRF, Kato HCA, Sousa DN. Avaliação do consumo de peixes no município de Palmas-TO. Bol Ind Anim 2018; 75: 1-11.
- Reys P, Sabino J, Galetti M. 2009. Frugivory by the fish *Brycon hilarii* (Characidae) in western Brazil. Acta Oecol 2008; 35 (1): 136-141.
- Rodrigues APO. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Collossoma macropomum*). Bol Inst Pesca 2014; 40 (1): 135-145.
- Sá-Oliveira J, Isaac V. Diet Breadth and Niche Overlap Between *Hypostomus plecostomus* (Linnaeus, 1758) and *Hypostomus emarginatus* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes) in the Coaracy Nunes Hydroelectric Reservoir, Ferreira Gomes, Amapá-Brazil. Biota Amaz 2013; 3 (2): 116-125.
- Silva SF, Pereira JPG, Oliveira DC, Lima MO. Methylmercury in Predatory and Non-predatory Fish Species Marketed in the Amazon Triple Frontier. Bull Environ Contam Toxicol 2020; 104 (6): 733-737.
- Soares JM. Qualidade nutricional e teores de mercúrio e aminos, bioativas em peixes comercializados no município de Humaitá, AM. Tese [Doutorado Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos] – Universidade Federal de Minas; 2018.
- Souza-Araujo J, Giarrizzo T, Lima MO, Souza MBG. Mercury and methylmercury in fishes from Bacajá River (Brazilian Amazon): evidence for bioaccumulation and biomagnification. J Fish Biol 2016; 89 (1): 249-263.
- Souza JN. Avaliação das perdas de mercúrio durante a decomposição térmica de amálgama de prata com uso de retorta. Jornada de Iniciação Científica (CETEM/MCT) 2016; p. 2.
- Vieira JLF, Gomes ALS, Santos JPN, Lima TCD, Freitas JA, Pinheiro MCN. Mercury Distribution in Organs of Two Species of Fish from Amazon Region. Bull Environ Contam Toxicol 2011; 87: 377.