



Contaminação por mercúrio em peixes na Amazônia brasileira

Mercury contamination in fish in the Brazilian Amazon

Contaminación por mercurio en peces en la Amazonia brasileña

Elielson Paiva Sousa¹, Melissa Barbosa Martins¹, José Aglair Barbosa de Freitas Junior¹, Maria da Conceição Nascimento Pinheiro¹.

RESUMO

Objetivo: Demonstrar a distribuição da contaminação de peixes por mercúrio de acordo com as principais bacias hidrográficas da Amazônia brasileira. **Métodos:** Foi realizada uma revisão integrativa da literatura sobre a contaminação por mercúrio de peixes da Amazônia no período de 2013 a 2023, utilizando as bases de dados eletrônicas: LILACS, BDNF, SCIELO e PubMed. **Resultados:** Foram encontrados 17 artigos que estudaram a concentração de mercúrio em tecido muscular de peixes em nove rios da região amazônica. Foram encontrados nesses estudos 27 espécies de peixes não predadores e 62 espécies de peixes predadores. Três espécies de peixes não predadores e 14 espécies de predadores ultrapassaram os limites estabelecidos pela ANVISA de 0,5 mg/kg (para não predadores) e 1,0 mg/kg (para predadores). Os rios mais afetados pela contaminação por mercúrio foram Madeira, Tapajós e Xingu. **Considerações finais:** Os resultados apresentados demonstram que a contaminação por mercúrio na Amazônia brasileira afeta muitas espécies de peixes predadores, habitualmente consumidas pelas populações ribeirinhas e sua distribuição abrange principalmente, os rios Madeira, Tapajós e Xingu. A adoção de medidas educativas e o monitoramento da exposição das populações em risco são estratégias a serem implementadas pelos serviços de saúde responsáveis pelas populações mais vulneráveis dessa região.

Palavras-chave: Mercúrio, Peixes, Amazônia.

ABSTRACT

Objective: Demonstrate the distribution mercury contamination in fishes according to the main river basins from Brazilian Amazon. **Methods:** An integrative review of the literature about mercury contamination in fish muscle from Amazon was carried out from 2013 to 2023, using the electronic databases: LILACS, BDNF, SCIELO and PubMed. **Results:** Seventeen articles were found in nine rivers in the Amazon region. In these studies, 27 species of non-predatory fish and 62 predatory fish were found. Three species of non-predatory fish and 14 species of predatory fish exceeded the limits established by ANVISA of 0.5mg/Kg to non-predatory and 1.0mg/Kg to predatory species. The rivers most affected by Mercury contamination were Madeira, Tapajós and Xingu. **Final considerations:** This study demonstrated that mercury contamination in Brazilian Amazon rivers affects many species of predatory fish, usually consumed by riverside population and their distribution mainly covers the Madeira, Tapajós and Xingu rivers. The adoption of educational measures and monitoring the exposure of populations at risk are strategies to be implemented by health services responsible for the populations most vulnerable this region.

Keywords: Mercury, Fish, Amazon.

¹ Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém - PA.

RESUMEN

Objetivo: Demostrar la distribución de la contaminación por mercurio en peces según las principales cuencas hidrográficas de la Amazonía brasileña. **Métodos:** Se llevó a cabo una revisión integrativa de la literatura sobre la contaminación por mercurio en peces de la Amazonía en el período de 2013 a 2023, utilizando las bases de datos electrónicas: LILACS, BDNF, SCIELO y PubMed. **Resultados:** Se encontraron 17 artículos que estudiaron la concentración de mercurio en tejido muscular de peces en nueve ríos de la región amazónica. Estos estudios identificaron 27 especies de peces no depredadores y 62 especies de peces depredadores. Tres especies de peces no depredadores y 14 especies de depredadores superaron los límites establecidos por la ANVISA de 0,5 mg/kg (para no depredadores) y 1,0 mg/kg (para depredadores). Los ríos más afectados por la contaminación por mercurio fueron el Madeira, Tapajós y Xingu. **Consideraciones finales:** Los resultados presentados demuestran que la contaminación por mercurio en la Amazonía brasileña afecta a numerosas especies de peces depredadores, que son consumidas habitualmente por las poblaciones ribereñas, y su distribución abarca principalmente los ríos Madeira, Tapajós y Xingu. La adopción de medidas educativas y el monitoreo de la exposición de las poblaciones en riesgo son estrategias que deben implementarse por parte de los servicios de salud responsables de las poblaciones más vulnerables de esta región.

Palabras clave: Mercurio, Pescado, Amazonia.

INTRODUÇÃO

O mercúrio é um metal que está presente em diferentes formas químicas no ambiente amazônico e vem aumentando sua concentração na região por meio da garimpagem e das queimadas (FIOCRUZ, 2023). O mercúrio na forma de vapor (Hg^0) resulta do processo de volatilização para a atmosfera onde sofre oxidação e retorna em sua forma iônica (Hg^{+2}) através da chuva para o solo e rios, no meio aquático, principalmente, nos sedimentos dos rios e lagos sofre processo de metilação pela ação das bactérias, transformando-se em metilmercúrio (MeHg), forma orgânica e a mais tóxica para os seres vivos. (WARSEMAM JC, 2001)

A transformação do Hg^{+2} para a forma de metilmercúrio depende do estado trófico dos ambientes aquáticos. KEHRIG HA, et al., (2009) observaram que um ambiente oligotrófico (pobre em matéria orgânica) possui concentrações de metilmercúrio mais baixas do que um ecossistema mesotrófico (moderada matéria orgânica), também avaliaram que nesses ecossistemas a concentração de metilmercúrio foi aumentando progressivamente, conforme a ascensão na cadeia alimentar, sugerindo que o MeHg foi biomagnificado. Assim, as espécies de peixes tendem a possuir maior concentração de metilmercúrio, quanto mais próximo do topo da cadeia alimentar, for a sua posição.

Com as evidências da contaminação dos ambientes aquáticos por mercúrio, normas foram estabelecidas para o consumo seguro de pescado. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece que o limite máximo de concentração de mercúrio em peixes não predadores seja de 0,5 mg/kg, em peixes predadores o limite máximo é de 1,0 mg/kg (WHO, 2008). No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) preconiza que a concentração máxima de mercúrio em peixes para consumo humano deve ser de 0,5 mg/kg, exceto para peixes predadores cujo limite máximo é de 1,0 mg/kg (ANVISA, 2013).

Na Amazônia existe uma variedade de espécies de peixes que são afetadas de maneira distinta pelo mercúrio. Estudo realizado por Castro, et al. (2016), demonstrou que as espécies carnívoras apresentaram o maior teor de Hg_{Total} no músculo, seguidas das piscívoras, planctófagos, onívoras e detritívoros. Nesse mesmo estudo, observaram que quarenta e quatro por cento (44%) do total de espécies coletadas no rio Purus apresentaram níveis médios de Hg_{Total} no músculo acima de 0.50 mg.kg⁻¹, com variação de 0,027 a 2.482 mg/kg⁻¹.

Estudos realizados em diferentes rios da Amazônia, onde a prática da garimpagem de ouro é comum, demonstraram elevadas concentrações de Hg_{Total} em tecido muscular de algumas espécies de peixes, principalmente, as carnívoras/piscívoras. No rio Madeira, níveis elevados de mercúrio foram registrados nos estudos de Anjos MR, et al. (2016), Bastos WR, et al. (2015), Costa ID, et al. (2022), cujos níveis variaram de 0,72 a 1,09 mg/kg. No rio Xingu, Araújo JS, et al. (2016) encontraram nove espécies com concentração de

mercúrio acima do recomendado pelas normas nacionais, variando entre 0,05 a 1,42 mg/kg. No rio Solimões foram identificadas várias espécies de peixes com concentração de mercúrio acima do recomendado, entre elas: *Hoplias malabaricus*, *Pseudoplatystoma fasciatum*, *Plagioscion squamosissimus*, *Ageneiosus inermis*, *Cichla ocellaris* com os respectivos valores médio de mercúrio em músculo: 0.781 mg/kg, 0.750 mg/kg, 0.693 mg/kg, 0.526 mg/kg, 0.514 mg/kg (SILVA SF e LIMA MO, 2020). Esses estudos confirmam a existência de contaminação de peixes na Amazônia.

Em regiões onde atividades antropogênicas como a garimpagem ainda não foram registradas, também tem se observado contaminação de espécies piscívoras. Em peixes oriundos do rio Negro, Soares JLF, et al. (2016), encontraram nas espécies *Hoplias malabaricus*, *Triporthus albus*, *Hypophthalmus marginatus*, concentrações médias respectivamente de 0,573 mg.kg-1, 0,589 mg.kg-1, 0,515 mg.kg-1. A distribuição geográfica de peixes contaminados por metais, particularmente, por mercúrio em rios da Amazônia ainda não é bem reconhecida e neste estudo se propõe mapear de forma simples essa distribuição hidrográfica, levando em consideração as espécies predadoras e as concentrações de mercúrio no tecido muscular que é habitualmente, a parte mais comestível do pescado.

MÉTODOS

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura com abordagem quantitativa, descritiva e transversal. Com a finalidade de elaborar um mapa ilustrativo da distribuição de peixes contaminados por mercúrio, não recomendados para consumo humano, com base nas recomendações das normas brasileira e internacional.

Para a distribuição hidrográfica da contaminação por mercúrio de peixes dos rios da Amazônia brasileira, considerou-se os seguintes rios com suas respectivas características: O Rio Amazonas, localizado na região norte do Brasil, é o mais extenso rio do mundo, com 6.850 km de extensão, tem sua nascente no Peru e a sua foz próxima a divisa do Pará com o Amapá. Ao nascer na cordilheira Peruana, esse rio recebe o nome de Apurimac até unir-se ao Rio Urubamba quando recebe o nome de Ucayalli, já nas florestas equatoriais, ele se une ao Marañón antes de chegar ao Brasil (IBGE, 2023)

A Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós possui uma extensão de aproximadamente 146 km, é dividida entre os estados do Amazonas (3%), Pará (38%) e Mato Grosso (59%); com 45 sedes municipais localizadas no Pará (18%) e no Mato Grosso (82%), e seus dois principais afluentes são os rios Juruena e Teles Pires ou São Manuel (SANTOS C, et al., 2015). A Bacia Hidrográfica do Rio Madeira possui sua nascente nos Andes, passando pelas corredeiras de Santo Antônio (RO) até desaguar no grande Amazonas, está localizada ao Norte do Brasil e percorre os estados do Acre, Amazonas, Mato Grosso e Rondônia, estendendo-se por parte da Bolívia (51%) e Peru (7%) (MUNIZ LS, 2013).

A Bacia Hidrográfica do Rio Solimões é a maior sub bacia ocidental coletora da região Amazônica, estende-se desde a Colômbia (12,15%), Equador (5,87%), Peru (39,09%) até o Brasil (42,89%) com uma área total de 2.214.327 km², o rio Solimões e tributários drenam uma vasta região do Peru e muitos de seus afluentes são oriundos da cordilheira dos Andes seguindo para as planícies amazônicas (SERRÃO EAO, et al., 2015). A Bacia Hidrográfica do Rio Negro é uma das maiores do mundo, drena uma área de aproximadamente 700.000 km², por cerca de 1.700 km de extensão. Nasce na serra do Junaí, na Colômbia e, por todo seu curso, até a confluência com o rio Solimões para formar o rio Amazonas, drena áreas de baixo relevo e terrenos consolidados, o que reflete na sua velocidade e erosão (CUNHA HB, e PASCOALOTO D, 2006).

A Bacia Hidrográfica do Tocantins possui uma área de 918.822 km² e abrange os estados de Goiás (21%), Tocantins (30%), Pará (30%), Maranhão (4%), Mato Grosso (15%) e o Distrito Federal (0,1%), O rio Tocantins é formado a partir dos rios das Almas, Maranhão e Tocantinzinho, percorre uma extensão de 2.400 km até desaguar na baía de Marajó, próxima a Belém do Pará, drenando uma área de 421.250 km². (PUPIN PHF, 2017). A Bacia do Rio Branco, origina-se na confluência dos rios Tacutu e Uraricoera, com 1.300 quilômetros de extensão, é o maior rio de Roraima, e o principal afluente do rio Negro, sua bacia hidrográfica cobre 83% do Estado e abriga 90% de sua população. Politicamente este rio se inicia no encontro dos rios Tacutu e

Uraricoera, mas do ponto de vista geomorfológico, o rio Branco é uma extensão do rio Uraricoera e o Tacutu é seu afluente da margem esquerda (CAMPOS C, 2011)

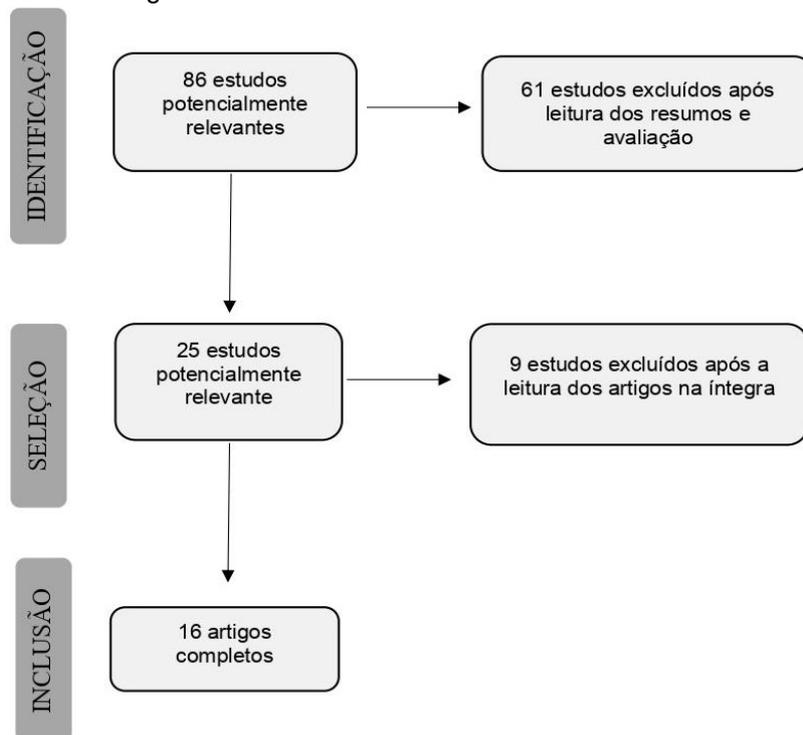
A bacia hidrográfica do rio Xingu está localizada em uma área de transição entre os biomas Floresta Amazônica e Cerrado e possui 60% de seu território ocupado por áreas protegidas. Sua nascente está localizada no estado do Mato Grosso, até sua foz, no rio Amazonas, o rio Xingu possui uma extensão de 1.640km, sendo de grande importância no contexto econômico do Brasil, principalmente por seu potencial hidráulico. (VILLAS-BÔAS A, et al., 2012)

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura sobre a contaminação por mercúrio de peixes da Amazônia, considerando o local do estudo, as espécies envolvidas (predadoras e não predadoras), usando como Descritores: mercúrio, peixes e Amazônia, utilizando as bases de dados eletrônicas: Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Banco de Dados da Enfermagem (BDENF) e Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e National Library of Medicine (PubMed).

A seleção dos artigos teve como critérios de inclusão: artigos originais que analisaram as concentrações de mercúrio total ou metilmercúrio em tecido muscular de peixes de água doce da região Amazônica, publicados em português, inglês ou espanhol, no período de 2013 a 2023. Foram excluídos, os artigos com amostragens pequenas (menos de 5 exemplares), artigos que analisaram outros tecidos que não seja o músculo dos peixes, estudos realizados fora da Amazônia brasileira e artigos não disponíveis na íntegra.

Ao realizar a busca nas bases de dados eletrônicas, foram identificados 86 estudos referentes aos descritores utilizados. A partir disso, foi realizada a leitura do resumo de todos os artigos para selecionar os trabalhos que abordassem a questão da pesquisa. Após a leitura dos resumos dos artigos, foram selecionados inicialmente, 25 artigos, os quais foram lidos na íntegra, e por fim, foram selecionados três artigos no banco de dados da LILACS, três artigos da SCIELO, três da BDENF e sete artigos na PubMed, totalizando 16 publicações que foram incluídas nesta revisão, sendo organizados em fichas nas quais constavam dados de identificação dos artigos.

Figura 1- Fluxograma do processo de seleção dos artigos para revisão integrativa.



Fonte: Sousa EP, et al., 2024.

Após a leitura dos artigos selecionados, os dados foram organizados em uma tabela de Excel, na qual foram incluídas as seguintes variáveis: local do estudo, peixe (nome científico + nome popular), hábito alimentar, concentração de HgTotal, ano do estudo e autores do estudo.

RESULTADOS

Foram encontrados 16 artigos que analisaram a concentração de mercúrio em peixes de nove (9) principais rios da Amazônia: Rio Tapajós, Rio Madeira, Rio Xingu, Rio Branco, Rio Purus, Rio Solimões, Rio Negro, Rio Amazonas e Rio Tocantins. Nesses estudos foram identificadas 27 espécies não predadoras e 62 espécies de peixes predadores.

Quanto aos peixes não predadores, a maioria dos estudos demonstrou concentrações dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA de 0,5 mg/kg. Porém, foram encontradas três espécies dessa categoria não predadora que ultrapassam o limite de segurança para consumo humano: *Curimata* sp. no Rio Tapajós com 0,9 mg/kg de HgTotal; *Hypophthalmus edentatus* (mapará) no Rio Purus com 0,56 mg/kg e *Hypophthalmus marginatus* (mapará) no Rio Negro com 0,51 mg/kg de HgTotal (**Tabela 1**).

Quanto a concentração de mercúrio em peixes predadores foram encontradas concentrações acima do estabelecido pela ANVISA de 1,0 mg/kg em 14 espécies de peixes predadoras distribuídas em diferentes rios da Amazônia brasileira: *Boulengerella cuvieri*, *Brachyplatystoma filamentosum*, *Calophysus macropterus*, *Cichla monoculus*, *Hydrolycus armatus*, *Hydrolycus scomberoides*, *Phractocephalus hemiliopterus*, *Pinirampus pirinampu*, *Plagioscion squamosissimus*, *Platynemichthys notatus*, *Pseudoplatystoma punctifer*, *Rhaphiodon vulpinus*, *Serrasalmus rhombeus*, *Serrasalmus spilopleura* (**Figura 1**).

No Rio Amazonas e Tocantins foi encontrado apenas um estudo, com apenas uma espécie de peixe carnívoro em cada estudo, as duas dentro do limite de normalidade. No Rio Solimões foi encontrado apenas um estudo, com sete (7) espécies de peixes, dessas nenhuma ultrapassou o limite de 1 mg/Kg.

No Rio Negro foi encontrado apenas um estudo, com oito (8) espécies de peixes, dessas nenhuma ultrapassou o limite de 1 mg/Kg. No Rio Tapajós foram encontrados quatro (4) estudos, com 14 espécies de peixes carnívoros estudados. Dessas, duas espécies ultrapassaram o limite de 1 mg/kg preconizado pela ANVISA para peixes carnívoros (*Serrasalmus rhombeus* e *Rhaphiodon vulpinus*).

No Rio Madeira foram encontrados quatro (4) estudos, com 17 espécies de peixes carnívoros estudadas, dessas cinco (5) espécies ultrapassaram o limite de 1 mg/kg preconizado pela ANVISA para peixes predadores (*Cichla monoculus*, *Hydrolycus scomberoides*, *Phractocephalus hemiliopterus*, *Plagioscion squamosissimus*, *Serrasalmus spilopleura*).

No Rio Purus foi encontrado um estudo, com 13 espécies de peixes predadores, dessas, três (3) ultrapassaram o limite de 1 mg/Kg preconizado pela ANVISA para peixes predadores. (*Rhaphiodon vulpinus*, *Calophysus macropterus*, *Hydrolycus scomberoides*).

No Rio Xingu foi encontrado um estudo, com 18 espécies de peixes predadores, dessas, três (3) ultrapassaram o limite de 1 mg/Kg preconizado pela ANVISA para peixes predadores. (*Boulengerella cuvieri*, *Hydrolycus armatus*, *Pseudoplatystoma punctifer*).

No Rio Branco foi encontrado um estudo, com 16 espécies de peixes, dessas, cinco (5) ultrapassaram o limite de 1 mg/Hg, preconizado pela ANVISA para peixes predadores (*Pinirampus pirinampu*, *Platynemichthys notatus*, *Brachyplatystoma filamentosum*, *Calophysus macropterus*, *Hydrolycus scomberoides*). A distribuição das espécies de peixes predadoras e não predadoras com as concentrações de HgTotal e o hábito alimentar são apresentadas na (**Tabela 1**).

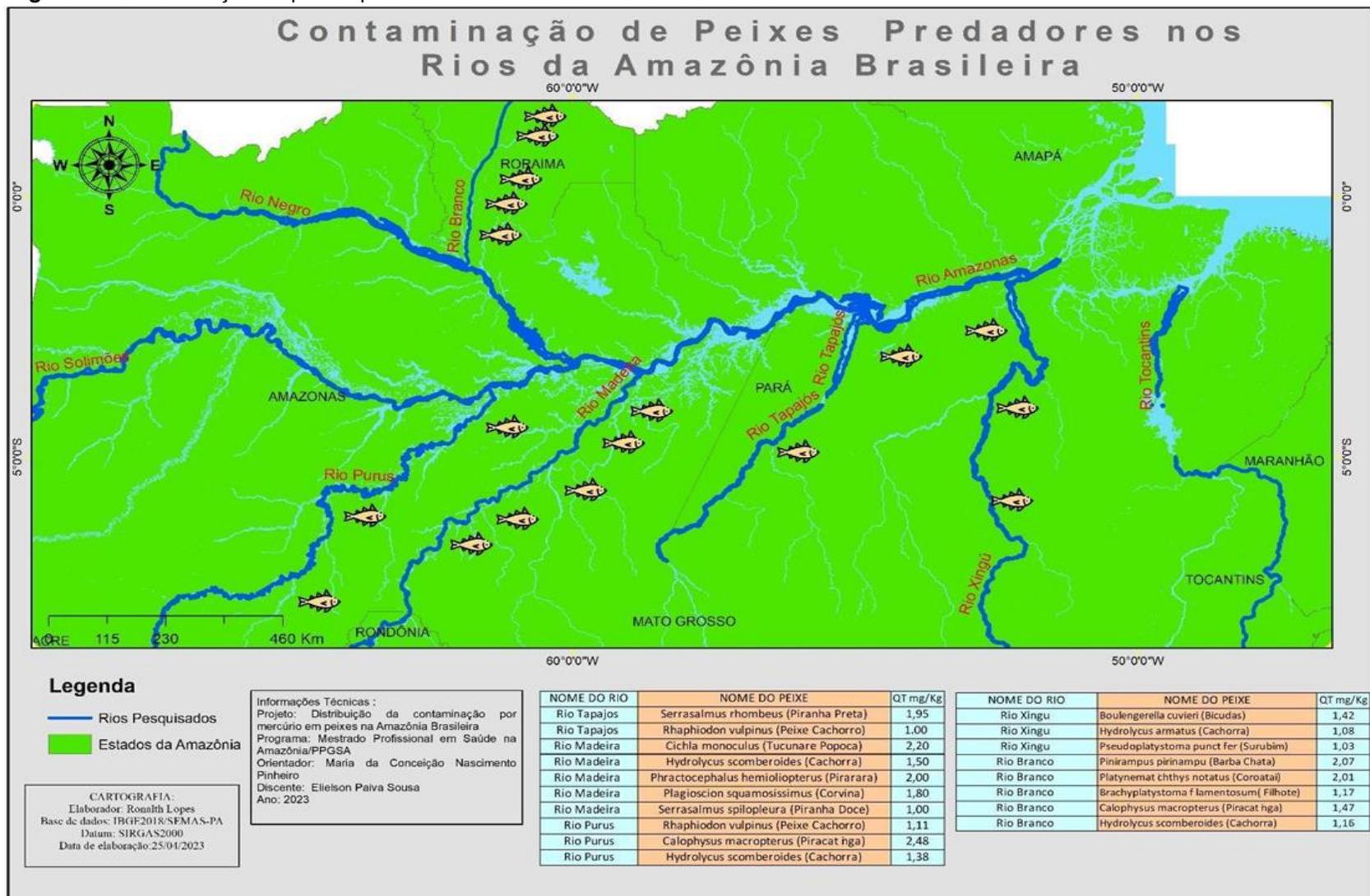
Tabela 1 - Concentrações de HgTotal impróprias para consumo humano (ANVISA, 2013), em diferentes espécies de peixes de rios da Amazônia brasileira.

Rio	Peixes	Hábito alimentar	HgTotal	Ano	Autores
Rio Tapajos	Curimata sp. (Branquinha)	Não predador	0,9 mg/kg	2019	Vasconcelos et al., 2021
Rio Purus	Hypophthalmus edentates (Mapará)	Não predador	0,56 mg/kg	2013	Castro et al., 2016
Rio Negro	Hypophthalmus marginatus (Mapará)	Não predador	0,51 mg.kg	2011	Soares et al., 2016
Rio Tapajos	Serrasalmus rhombeus (Piranha Preta)	Predador	1.95 mg/kg	2019	Vasconcelos et al., 2021
Rio Tapajos	Rhaphiodon vulpinus (Cachorra Falcão)	Predador	1.00 mg/kg	2019	Vasconcelos et al., 2021
Rio Madeira	Cichla monoculus (Tucunare Popoca)	Predador	2,2 mg/kg	*	Anjos et al., 2016
Rio Madeira	Hydrolycus scomberoides (Cachorra)	Predador	1,5 mg/kg	*	Anjos et al., 2016
Rio Madeira	Phractocephalus hemiliopterus (Pirarara)	Predador	2,0 mg/kg	*	Anjos et al., 2016
Rio Madeira	Plagioscion squamosissimus (Corvina)	Predador	1.8 mg/kg	*	Anjos et al., 2016
Rio Madeira	Serrasalmus spilopleura (Piranha Doce)	Predador	1,0 mg/kg	*	Anjos et al., 2016
Rio Purus	Rhaphiodon vulpinus (Cachorra Falcão)	Predador	1,109 mg/kg	2013	Castro et al., 2016
Rio Purus	Calophysus macropterus (Zamurito)	Predador	2,482 mg/kg	2013	Castro et al., 2016
Rio Purus	Hydrolycus scomberoides (Cachorra)	Predador	1,386 mg/kg	2013	Castro et al., 2016
Rio Xingu	Boulengerella cuvieri (Bicudas)	Predador	1,42 mg/kg	2011	Araujo et al., 2016
Rio Xingu	Hydrolycus armatus (Cachorra)	Predador	1,08 mg/kg	2011	Araujo et al., 2016
Rio Xingu	Pseudoplatystoma punctifer (Surubim)	Predador	1,03 mg/kg	2011	Araujo et al., 2016
Rio Branco	Pinirampus pirinampu (Barbado)	Predador	2,07 mg/kg	2021	Vasconcelos et al., 2022
Rio Branco	Platynemichthys notatus (Coroatai)	Predador	2,01 mg/kg	2021	Vasconcelos et al., 2022
Rio Branco	Brachyplatystoma filamentosum (Filhote)	Predador	1,17 mg/kg	2021	Vasconcelos et al., 2022
Rio Branco	Calophysus macropterus (Piracatinga)	Predador	1,47 mg/kg	2021	Vasconcelos et al., 2022
Rio Branco	Hydrolycus scomberoides (Cachorra)	Predador	1,06 mg/kg	2021	Vasconcelos et al., 2022

Legenda: * Artigo sem ano de estudo. **Fonte:** Sousa EP, et al., 2024.

A distribuição dos peixes contaminados por mercúrio nos rios da Amazônia brasileira está apresentada na (Figura 2).

Figura 2 - Contaminação de peixes predadores nos rios da Amazônia brasileira.



Fonte: Sousa EP, et al., 2024.

DISCUSSÃO

Os rios da Amazônia brasileira possuem uma grande biodiversidade, sendo utilizados como fonte de nutrientes para as populações rurais e urbanas. Porém, em seus principais rios como: Rio Tapajós, Rio Madeira, Rio Xingu, Rio Branco e Rio Purus há espécies de peixes com elevadas concentrações de mercúrio no tecido muscular (VASCONCELOS ACS, et al., 2021; ANJOS MR, et al., 2016; ARAÚJO JS, et al., 2016; COSTA ID, et al., 2022; CASTRO NSS, et al., 2016; VASCONCELOS ACS et al., 2022), as quais podem trazer efeitos nocivos à saúde dessas populações.

Os rios da Amazônia são afetados de maneira distintas pela contaminação do mercúrio. Existem rios onde o principal fator de contaminação é a atividade garimpeira, entre eles estão o Rio Madeira, Rio Branco e Rio Tapajós (HERRAIS AD, e DA SILVA MNS, 2015; FIOCRUZ, 2023).

Entretanto, mesmo rios com poucas atividades garimpeiras podem ser contaminados por meio de outros processos como: construção de barragens e hidrelétricas, expansão do agronegócio que comprovadamente promovem acúmulo de mercúrio; além das queimadas que emitem mercúrio para atmosfera (FIOCRUZ, 2023).

Essa contaminação dos ambientes aquáticos afeta diretamente os seres vivos que se alimentam de peixes na região, principalmente as populações ribeirinhas que possuem por hábito o consumo frequente de peixes (PINHEIRO MCN, et al., 2021; D'OREA JG, et al., 2016; MILHOMEN EO, et al., 2016). O mercúrio entra no organismo humano por meio da ingestão de alimentos contaminados e na região amazônica o consumo de pescado é a principal forma de exposição humana ao mercúrio (DONNA M, et al, 2007).

Estudos envolvendo populações ribeirinhas da Amazônia demonstraram uma elevada frequência de ingestão de peixes da região. Mendes et. al., (2020) observaram que a população do rio Madeira possuía o consumo de peixe mais de duas vezes por semana (87,4%), sendo maior ou igual a três refeições diárias (70,5%). Outro estudo na região do Rio Tapajós apresentou que mais de 70% de todos os participantes consumiam duas ou mais refeições semanais de peixe na dieta, destes, 50% consumiam mais de quatro refeições por semana (PINHEIRO MCN, et al., 2021)

No corrente estudo, as 62 espécies peixes predadores encontradas nos rios da Amazônia brasileira, quatorze (22,5%) delas (*Boulengerella cuvieri*, *Brachyplatystoma filamentosum*, *Calophysus macropterus*, *Cichla monoculus*, *Hydrolycus armatus*, *Hydrolycus scomberoides*, *Phractocephalus hemiliopterus*, *Pinirampus pirinampu*, *Plagioscion squamosissimus*, *Platynemichthys notatus*, *Pseudoplatystoma punctifer*, *Rhaphiodon vulpinus*, *Serrasalmus rhombeus*, *Serrasalmus spilopleura*) possuíam concentração de mercúrio no tecido muscular acima do limite de 1,0 mg/kg estabelecido pela ANVISA (ANVISA, 2013).

O conhecimento da contaminação por mercúrio dessas espécies é muito importante para as populações que têm por hábito o consumo frequente de peixes capturados nesses rios. Elas devem ser orientadas pelos serviços de saúde das áreas poluídas para o consumo menos frequente dessas espécies e serem estimuladas ao consumo de espécies não predadoras que apresentam baixas concentrações de mercúrio, além de acrescentar frutos e verduras e legumes da região na alimentação, os quais possuem minerais e vitaminas antioxidantes que podem contrapor os efeitos do mercúrio sobre a saúde humana.

Em algumas poucas espécies não predadoras foram encontradas concentrações acima do recomendável. É admitido que mercúrio tende a se bioacumular em maiores quantidades no topo da cadeia alimentar, porém com o aumento da contaminação dos ambientes aquáticos os peixes na base da cadeia alimentar se tornam cada vez mais afetados, contribuindo a contaminação de peixes não predadores com concentração de mercúrio em tecido muscular acima do permitido pelos órgãos regulatórios (CASTRO NSS, et al., 2016; SOARES JLF, et al., 2016; VASCONCELOS ACS, et al., 2021).

O mercúrio em altas concentrações no organismo humano pode causar alterações emocionais tais como: depressão, insônia e ansiedade, e doenças motoras: parestesias em membros, fraqueza muscular, desequilíbrio ao andar e tremor (COSTA JMS, et. al. 2017). Para mulheres em idade fértil pode causar: infertilidade, aborto espontâneo e natimorto, e ao nascer, a criança pode apresentar um quadro neurológico

irreversível caracterizado por paralisia cerebral acompanhado de estreitamento do campo visual aferente, distúrbio do movimento, distúrbio sensorial, distúrbio auditivo, ataxia cerebelar e comprometimento sensorial das extremidades devido à lesão sensorial periférica, quadro esse caracterizado como Doença de Minamata Congênita (SAKAMOTO M, ITAI T, MURATA K, 2017).

Na região da Amazônia brasileira vários estudos demonstraram a contaminação por mercúrio em ribeirinhos cuja dieta predominante incluía a ingestão de peixes capturados na região (PINHEIRO MCN, et al, 2021; KHOURY EDT, et. al., 2013; MENEZES HMN, et. al., 2022). Por outro lado, estudos envolvendo a exposição pré-natal em ribeirinhas e indígenas mostraram concentrações de mercúrio em grávidas e recém-nascidos que podem trazer danos ao crescimento e desenvolvimento infantil (KEMPTON JW, et al, 2021).

O desenvolvimento de estratégias e programas para identificar e proteger as populações expostas ao mercúrio, em situação de risco, principalmente os grupos mais vulneráveis, tais como gestantes e crianças, são necessários e devem incluir ações que busquem diminuir a exposição ao mercúrio, principalmente, ao metilmercúrio contido nos peixes consumidos por essas populações, e estabelecer metas para a redução dessa forma de exposição ao mercúrio, na Amazônia brasileira (BRASIL, 2018).

O Brasil promulgou por meio do decreto nº 9.470, de 14 de agosto de 2018, a convenção de Minamata sobre o mercúrio, a qual tem como objetivo proteger a saúde humana e o meio ambiente das emissões e liberações antropogênicas de mercúrio e de compostos de mercúrio. Porém, pouco é visto sobre a implementação deste decreto, por isso, é necessário que as orientações presentes nesse decreto sejam colocadas em prática para que seu objetivo seja atingido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contaminação por mercúrio de peixes na Amazônia é ampla, atinge a maioria das bacias hidrográficas, sendo mais importantes no rio Madeira, Tapajós e Xingu. A distribuição das espécies de peixes contaminadas sugere que as populações ribeirinhas e indígenas das regiões afetadas necessitam modificar o hábito do consumo frequente na dieta, dando preferência para às espécies menos contaminadas, visando reduzir o risco da exposição e prevenir os danos à saúde causadas pelo mercúrio. A adoção de medidas educativas e o monitoramento da exposição das populações sob risco são estratégias a serem implementadas pelos serviços de saúde responsáveis pelas populações mais vulneráveis à esta exposição. Outras medidas governamentais também são necessárias e incluem: esforços mais contundentes para a diminuição das queimadas, diminuição ou extinção dos garimpos nos rios e a eliminação de construção de barragens os quais podem contribuir para a redução da contaminação do pescado na região.

REFERÊNCIAS

1. ANJOS MR, et al. Bioaccumulation of methylmercury in fish tissue from the Roosevelt River, Southwestern Amazon basin. *Revista Ambiente & Água*, 2016; 11 (3): 508–518.
2. ANVISA. RDC Nº 42, DE 29 DE AGOSTO DE 2013 Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. 2013. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html. Acessado em: 02 de novembro de 2023.
3. ARAÚJO JS, et al. Mercury and methyl mercury in fishes from Bacajá River (Brazilian Amazon): evidence for bioaccumulation and biomagnification. *Journal of Fish Biology*, 2016.
4. BASTOS WR, et al. Mercury in fish of the Madeira river (temporal and spatial assessment), Brazilian Amazon. *Environmental Research*, 2015; 140: 191–197.
5. BRASIL. Decreto nº 9.470, de 14 de agosto de 2018. Promulga a Convenção de Minamata sobre Mercúrio. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9470.htm. Acessado em: 02 de novembro de 2023.
6. CAMPOS, C. DIVERSIDADE SOCIOAMBIENTAL DE RORAIMA: Subsídios para debater o futuro sustentável da região. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011.
7. CASTRO NSS, et al. Mercury in fish and sediment of Purus River, Acre State, Amazon. *Cadernos Saúde Coletiva*, 2016; 24(3): 294-300.

8. COSTA ID, et al. Mercury in muscle and liver of *Plagioscion squamosissimus* (Acanthuriformes: Sciaenidae) from the Machado River, Brazilian Amazon. *Acta Amazonica*, 2022; 52(1): 60–68.
9. COSTA JMF, et al. Manifestações emocionais e motoras de ribeirinhos expostos ao mercúrio na Amazônia. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 2017; 20(2).
10. CUNHA HB, PASCOALOTO D. Hidroquímica dos rios da Amazônia. 2006.
11. DONNA M, et al. metilmercúrio exposição e efeitos para a saúde em humanos: A Worldwide Concern, *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 2007; 36: 3-11.
12. DÓREA JG, Marques RC. Mercury levels and human health in the Amazon Basin. *Annals of human biology*, 2016; 43.
13. FIOCRUZ. Análise regional dos níveis de mercúrio em peixes consumidos pela população da Amazônia brasileira um alerta em saúde pública e uma ameaça à segurança alimentar. 2023. Disponível em: <https://informe.ensp.fiocruz.br/assets/anexos/2441a041be660fb7575f8fe0bf6f8f34.PDF>. Acesso em 02 de novembro de 2023.
14. HERRAIZ AD, DA SILVA MNS. Diagnóstico socioambiental do extrativismo mineral familiar (garimpo) na calha do Rio Madeira, em Humaitá, Amazonas. *PEGADA-A Revista da Geografia do Trabalho*, 2015; 16(2).
15. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Catálogos do Rio Amazônia. 2023. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=440452&view=detalhes>. Acesso em 02 de maio de 2023.
16. KEHRIG HA et al. Methyl and total mercury found in two man-made Amazonian Reservoirs. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2009; 20(6): 1142–1152.
17. KEMPTON JW, et al. Avaliação dos Desfechos de Saúde e da Exposição ao Metilmercúrio em Mulheres Indígenas Munduruku em Idade Fértil e Seus Filhos Menores de 2 Anos. *Int J Environ Res Saúde Pública*, 2021; 18.
18. KHOURY EDT, et al. Manifestações neurológicas em ribeirinhos de áreas expostas ao mercúrio na Amazônia brasileira. *Cadernos de Saúde Pública*, 2013; 29: 2307-2318.
19. MENDES VA, et al. Prevalência e fatores associados à exposição ao mercúrio em comunidades ribeirinhas da Amazônia Ocidental brasileira. *Rev. Bras. Enferm*, 2020; 73(5).
20. MENESES HNM, et al. Contaminação por mercúrio: uma ameaça crescente para comunidades ribeirinhas e urbanas na Amazônia brasileira. *Int J Environ Res Saúde Pública*, 2022; 19.
21. MILHOMEM EO, et al. A ingestão de pescado e as concentrações de mercúrio em famílias de pescadores de Imperatriz (MA). *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 2016; 19(1): 14-25.
22. MUNIZ LS. Análise dos padrões fluviométricos da bacia do rio Madeira – Brasil. 2013. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013. 146p.
23. PINHEIRO MCN, et al. Tecidos do cordão umbilical como matrizes para prever a exposição pré-natal ao mercúrio - revisão. *Ann Pediatr ChildSaúde*. 2021; 8.
24. PUPIM P HF. Modelos de propagação de vazão aplicados ao rio Tocantins-comparação entre HEC-RAS e Muskingum-Cunge-Todini. 2017.
25. SAKAMOTO M, et al. Efeitos da exposição pré-natal ao metilmercúrio: da doença de Minamata aos estudos de saúde ambiental. *Nihon Eiseigaku Zasshi*, 2017; 72: 140-148.
26. SANTOS C, et al. Regionalização hidroclimatológica da bacia hidrográfica do Rio Tapajós. *Revista Geográfica Acadêmica*, 2015; 9(1): 32-51.
27. SERRÃO EAO, et al. Avaliação da seca de 2005 e 2010 na Amazônia: análise da bacia hidrográfica do rio Solimões. *Revista Geográfica Acadêmica*, 2015; 9(2): 5-20.
28. SILVA SF, LIMA, MO. Mercury in fish marketed in the Amazon Triple Frontier and Health Risk Assessment. *Chemosphere*, 2020; 248.
29. SOARES JLF, et al. Bioacumulação de Mercúrio Total (Hg) e hábitos alimentares de peixes da bacia do Rio Negro, Amazônia, Brasil. *Biota Amazônia*, 2016; 6(1): 102-106.
30. VASCONCELLOS ACS, et al. Avaliação de Risco à Saúde da Exposição ao Mercúrio pelo Consumo de Peixes em Comunidades Indígenas Munduruku na Amazônia Brasileira. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022; 18(15): e7940.
31. VASCONCELLOS ACS, et al. Avaliação de Riscos Sanitários Atribuídos ao Consumo de Peixes Contaminados com Mercúrio na Bacia do Rio Branco, Roraima, Amazônia, Brasil. *Toxics*, 2021; 10(9): e516.
32. VILLAS-BÔAS A. De olho na bacia do Xingu. São Paulo, Instituto Socioambiental. 2012.
33. WASSERMAN JC, et al. O ciclo do mercúrio no ambiente amazônico. *Mundo & vida*, 2001; 2(1/2): 46-53.
34. WHO. Department of Food Safety Z and FD. Guidance for Identifying Populations At Risk From Mercury Exposure. 2008. Disponível em: <https://www.who.int/publications/m/item/guidance-for-identifying-populations-at-risk-from-mercury-exposure>. Acesso em: 02 de novembro 2023.