



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO- ICED
PROGRAMA DE CIÊNCIAS NATURAIS
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LIZANDRA DE OLIVEIRA VASCONCELOS

IMPLICAÇÕES NA SAÚDE HUMANA: MERCÚRIO TOTAL
EM CAMARÃO, AVIUM, PIRACUÍ E PIRARUCU SECO
COMERCIALIZADOS EM SANTARÉM

SANTARÉM-PARÁ
2022

LIZANDRA DE OLIVEIRA VASCONCELOS

**IMPLICAÇÕES NA SAÚDE HUMANA: MERCÚRIO TOTAL
EM CAMARÃO, AVIUM, PIRACUÍ E PIRARUCU SECO
COMERCIALIZADOS EM SANTARÉM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências da Educação.
Orientador Prof. Dr. Ricardo Bezerra de Oliveira.

**SANTARÉM-PARÁ
2022**

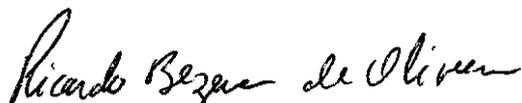
LIZANDRA DE OLIVEIRA VASCONCELOS

**IMPLICAÇÕES NA SAÚDE HUMANA: MERCÚRIO TOTAL
EM CAMARÃO, AVIUM, PIRACUÍ E PIRARUCU SECO
COMERCIALIZADOS EM SANTARÉM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Ciências Naturais para obtenção de grau no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas; Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências da Educação.

Conceito: Aprovada

Data da Aprovação: 01/07/2022



Prof. Dr. Ricardo Bezerra de Oliveira -Orientador
Universidade Federal do Oeste do Pará



Documento assinado digitalmente
HONORLY KÁTIA MESTRE CORREA
Data: 11/07/2022 09:37:41-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.^a. Dra. Honorly Kátia Mestre Corrêa
Universidade Federal do Oeste do Pará



Signer ID: VYOMQQ1GZ8...

Prof. Dr. Maxwell Barbosa de Santana
Universidade Federal do Oeste do
Pará

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da UFOPA Catalogação de Publicação na
Fonte. UFOPA - Biblioteca Unidade Rondon

Vasconcelos, Lizandra de Oliveira.

Implicações na saúde humana: Mercúrio Total em Camarão, Avium, Piracuí e Pirarucu seco comercializados em Santarém / Lizandra de Oliveira Vasconcelos. - Santarém, 2022.
34fl.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA. Instituto de Ciências da Educação - ICED. Programa de Ciências Naturais. Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador: Ricardo Bezerra de Oliveira.

1. Tapajós. 2. HgT. 3. Camarão - Macrobrachium amazonicum. 4. Avium - Acetes paraguayensis. 5. Piracuí. 6. Pirarucu - Arapaima gigas. I. Oliveira, Ricardo Bezerra de. II. Título.

UFOPACampus Rondon

CDD 574 23.ed.

Ao meu Deus que me deu força para seguir durante todo o processo e a minha família que é minha base.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro a lugar a Deus, pois até aqui me ajudou o Senhor.

Aos meus pais que estiveram sempre ao meu lado propiciando todo o apoio necessário durante a jornada, por todos os conselhos e incentivo.

Ao meu irmão Guilherme que entrou na minha vida durante a caminhada acadêmica, você é essencial em minha vida.

Ao Mateus por todo carinho e compreensão.

A equipe do LaBBEx, Thamilles, Cláudio, Deyse e Domingas que me ajudaram de forma direta durante a realização do trabalho.

Agradeço ao Professor Ricardo pela oportunidade concedida para a realização desse projeto, pela compreensão, paciência e por todo o conhecimento oferecido.

RESUMO

O rio Tapajós possui áreas de garimpo de ouro (Au) com a utilização de mercúrio (Hg), esse metal tóxico consegue provocar danos à saúde. Através da ação de microrganismos o Hg presente nos rios sofre metilação sendo alterado para metilmercúrio (MeHg), que pode contaminar a fauna aquática ali presente e conseqüentemente expor a população que consome peixes e crustáceos provenientes do rio Tapajós. Esse metal é capaz de se bioacumular no pescado, dessa forma é necessário o monitoramento da fauna aquática da região, principalmente aquela utilizada na alimentação. A cidade de Santarém é banhada pelo rio Tapajós e detém o pescado como base de sua nutrição, diante disso analisamos os níveis de Mercúrio Total (HgT) identificadas no Camarão (*Macrobrachium amazonicum*), Avium (*Acetes paraguayensis*), Piracuí (farinha de peixe) e no Pirarucu seco (*Arapaima gigas*). O Camarão e o Avium são produtos naturais, o Piracuí e Pirarucu seco são subprodutos derivados de pescados provenientes do rio Tapajós. As amostras foram coletadas em feiras da cidade de Santarém entre os meses de outubro de 2018 a março de 2019 e foram posteriormente analisadas no Analisador direto de HgT DMA 80. As concentrações (média±DVP) em mg/kg durante os 5 meses de análise foram 0,0067±0,0034 para Camarão, 0,1054±0,0324 para Avium, 0,0996±0,0841 para Piracuí e 0,3293±0,2226 para Pirarucu seco. Diante dos valores expostos, é possível concluir que apesar das amostras analisadas não terem ultrapassado o limite definido pela Anvisa (0,5 mg/kg para crustáceos, 0,5 mg/kg para peixes não carnívoros e 1,0 mg/kg para peixes carnívoros), é necessário o acompanhamento dos níveis de Hg nos pescados e avaliar a quantidade desses produtos consumidos semanalmente, pois, conforme a OMS a ingestão semanal total de MeHg/kg de peso corporal não deve ultrapassar 1,6 µg.

Palavras-chave: Tapajós, HgT, Camarão (*Macrobrachium amazonicum*), Avium (*Acetes paraguayensis*), Piracuí, Pirarucu (*Arapaima gigas*).

ABSTRACT

The Tapajós River has areas of gold mining (Au) with the use of mercury (Hg), this toxic metal can cause damage to health. Through the action of microorganisms, the Hg present in the rivers undergoes methylation, being changed to methylmercury (MeHg), which can contaminate the aquatic fauna present there and consequently expose the population that consumes fish and crustaceans from the Tapajós River. This metal is able to bioaccumulate in fish, so it is necessary to monitor the aquatic fauna of the region, especially that used in food. The city of Santarém is bathed by the Tapajós River and they hold fish as the basis of their nutrition, before that we analyzed the levels of Total Mercury (HgT) identified in Shrimp (*Macrobrachium amazonicum*), Avium (*Acetes paraguayensis*), Piracuí (fish meal) and in the dry Pirarucu (*Arapaima gigas*). Shrimp and Avium are natural products, Piracuí and dry Pirarucu are by-products derived from fish from the Tapajós River. The samples were collected at fairs in the city of Santarém between October 2018 and March 2019 and were subsequently analyzed in the Direct HgT Analyzer DMA 80. The concentrations (mean±DVP) in mg/kg during the 5 months of analysis were 0.0067±0.0034 for shrimp, 0.1054±0.0324 for Avium, 0.0996±0.0841 for Piracuí and 0.3293±0.2226 for dried Pirarucu. In view of the exposed values, it is possible to conclude that although the analyzed samples did not exceed the limit defined by Anvisa (0.5 mg/kg for crustaceans, 0.5 mg/kg for non-carnivorous fish and 1.0 mg/kg for carnivores), it is necessary to monitor the levels of Hg in fish and assess the amount of these products consumed weekly, since, according to the WHO, the total weekly intake of MeHg/kg of body weight should not exceed 1.6 µg.

Keywords: Tapajós, HgT, Shrimp (*Macrobrachium amazonicum*), Avium (*Acetes paraguayensis*), Piracuí, Arapaima (*Arapaima gigas*).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo do Hg.....	12
Figura 2 - Bioacumulação e Biomagnificação do Hg.....	13
Figura 3 - Amostra de Camarão (<i>Macrobrachium amazonicum</i>)	16
Figura 4 - Amostra de Avium (<i>Acetes paraguayensis</i>)	17
Figura 5 - Amostra de Piracuí (farinha de peixe)	18
Figura 6 - Amostra de Pirarucu seco (<i>Arapaima gigas</i>)	19
Figura 7 – Localização da cidade de Santarém - Pará.....	20
Figura 8 - Feira do pescado.....	21
Figura 9 - Mercado do peixe Porto dos Milagres	21
Quadro 1 – Coleta das amostras durante o período de outubro de 2018 a fevereiro de 2019 na cidade de Santarém-Pará.....	22
Figura 10 - Analisador direto de mercúrio modelo DMA -80.....	23
Gráfico 1 - Concentração de HgT em diferentes amostras de pescado comercializados na cidade de Santarém – Pará.....	25
Tabela 1 - Média, Desvio Padrão, Mínimo e Máximo das concentrações de Camarão, Avium, Piracuí e Pirarucu seco.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Au	Ouro
C ₂ H ₆ Hg	Dimetilmercúrio
DMA	Analizador direto de mercúrio
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Hg	Mercúrio
Hg (CNO) ₂	Fulminato de mercúrio
HgT	Mercúrio Total
Hg ⁰	Mercúrio elementar
Hg ⁺¹	Íon mercuroso
Hg ⁺²	Íon mercúrico
HgCl ₂	Cloreto de mercúrio
Hg ₂ Cl ₂	Cloreto mercuroso
HgS	Sulfeto de mercúrio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LaBBEx	Laboratório de Bioprospecção e Biologia Experimental
MeHg	Metilmercúrio
O ²	Oxigênio
OMS	Organização Mundial da Saúde
SN	Sistema Nervoso
UFOPA	Universidade Federal do Oeste do Pará
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 CICLO DO MERCÚRIO.....	11
2.2 BIOACUMULAÇÃO E BIOMAGNIFICAÇÃO DO MERCÚRIO.....	12
2.3 CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO.....	13
2.4 MERCÚRIO NA AMAZÔNIA.....	15
2.5 AMOSTRAS UTILIZADAS.....	16
2.5.1 Camarão (<i>Macrobrachium amazonicum</i>)	16
2.5.2 Avium (<i>Acetes paraguayensis</i>)	16
2.5.3 Piracuí (farinha de peixe)	17
2.5.4 Pirarucu seco (<i>Arapaima gigas</i>)	18
3 OBJETIVOS.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.2 AQUISIÇÃO DAS AMOSTRAS.....	20
4.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	22
4.4 DETERMINAÇÃO DO HgT.....	22
4.5 ANÁLISES ESTÁTISTICAS	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

O Hg é um metal prateado encontrado em sua forma líquida na natureza, sendo o único metal a possuir esse aspecto, o seu número atômico é 80, sendo categorizado como um metal de transição e sua massa atômica é 200,59. (QUALI. PT, 2011). Na natureza o Hg é obtido do minério cinábrio como sulfeto de Hg (HgS) e pode também ser encontrado em outros minérios em sua forma elementar. (SANTOS; FERREIRA; LYRA, 2017). Possui variações podendo ser encontrado em seu estado elementar (Hg⁰), em sua forma iônica como íon mercurioso (Hg¹⁺) e íon mercúrico (Hg²⁺) e como composto orgânico como metilmercúrio (MeHg) ou dimetilmercúrio (C₂H₆Hg). (HOMRICH; FERNANDES; VIEIRA, 2014). O Hg também existe na configuração de sais inorgânicos que são: cloreto de Hg (HgCl₂), cloreto mercurioso (Hg₂Cl₂), fulminato de Hg, Hg (CNO)₂ e por fim o sulfeto de Hg (HgS), (CESTEB, 2012). A forma orgânica do Hg (MeHg) possui a capacidade de se bioacumular e biomagnificar nos organismos de quem o consome, por isso o Hg é determinado como o metal mais tóxico presente na natureza (SILVA; ESTANILAU, 2015).

De diversas formas o Hg pode ser utilizado como, por exemplo, nas indústrias de cloro-soda, na fabricação de pilhas, baterias e na mineração (ACOP, 2006). Esse metal foi muito utilizado na odontologia para formação de amálgamas dentárias (REZENDE; ROSSI; CLARO, 2008), essa amálgama é constituída de prata, estanho cobre, zinco, ouro e por fim o Hg formando a liga metálica (MANDARINO, 2003). O Hg é muito usado também na extração de ouro (Au) na região do rio Tapajós desde metade do século XX, essa operação é realizada com a utilização de bateias onde o garimpeiro põe o material retirado dos rios e faz a lavagem eliminando a parte bruta como pedras grandes, após essa lavagem resta apenas areia fina e o Au, nesse estágio final o Hg líquido é unido ao Au formando a amálgama (CORDANI e JULIANI, 2019).

A ocorrência mais conhecida de intoxicação pelo MeHg, ocorreu no ano de 1960 no Japão, onde uma indústria química descartou MeHg na baía de Minamata durante duas décadas, todo o ecossistema presente nessa baía foi contaminado pela presença do MeHg e devido à população se alimentar dos produtos provenientes daquele ambiente, os indivíduos sofreram a contaminação. (SILVA et al., 2017). O

derrame de MeHg na baía de Minamata trouxe variadas consequências para a população, os sintomas iniciais foram irritabilidade, dores de cabeça, fadiga, etc. Os sintomas mais graves foram danos a visão, fraqueza, e até a morte. Mais de 20.000 mil indivíduos foram atingidos com a doença de Minamata (SILVA; PEREIRA; OLIVEIRA, 2018).

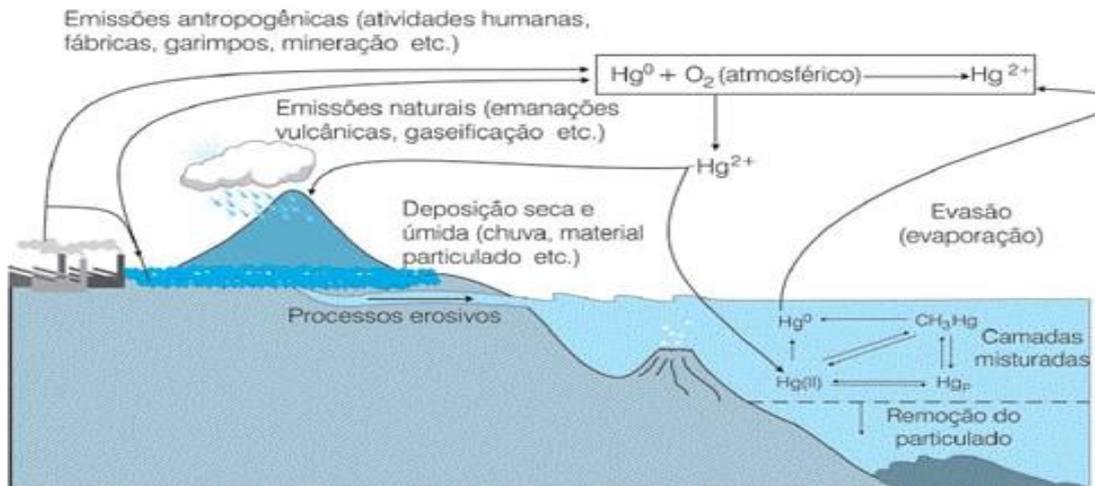
A presença de Hg deve ser monitorada continuamente nos pescados do rio Tapajós, pois áreas de garimpo estão localizadas na bacia do rio, logo o alimento proveniente desse rio pode conter índices de Hg em seu organismo, levando ao risco a população que o consome. O peixe é um ótimo bioindicador tanto para o meio ambiente quanto para os níveis de consumo humano, porém os estudos realizados direcionam sua pesquisa apenas para análises de Hg em peixes, mas na região do Tapajós que possui a cidade de Santarém como o maior município, existe a produção e consumo de Camarão, Avium, Piracuí e Pirarucu seco que são produtos originários da região e conseqüentemente estão sob influência das concentrações de Hg presente nos rios. Portanto, neste trabalho foram analisadas as concentrações de Hg em produtos consumidos pela população, mas que ainda foram pouco estudados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CICLO DO MERCÚRIO

O Hg entra na atmosfera naturalmente por intermédio da ação de vulcões e através de ações antropogênicas como, por exemplo, durante o processo de extração do Au. (SOUZA e BARBOSA, 2000). O Hg liberado para atmosfera por meio das ações naturais e antropogênicas, em seu estado elementar (Hg^0), sofre oxidação formando o Hg^{+2} , após a formação, esse íon é liberado para o solo e leitos d'água por meio das chuvas (CUNHA, 2008). A deposição líquida é o principal meio de entrada do íon mercúrico vindo da atmosfera para o solo e corpos d'água. Após a entrada do Hg^{+2} na água, ele passa por mudanças químicas e biológicas tornando-se em metilmercúrio. (NUNES, 2009). O MeHg é produzido por meio da metilação que é direcionada principalmente por microrganismos pertencentes a ambientes com baixa oxigenação. (MIRANDA et al., 2007). O MeHg é a forma mais tóxica do Hg e pode se bioacumular no organismo e pode se biomagnificar ao longo dos níveis tróficos. (SOUZA; BATISTA; BERNSTEIN, 2014)

Figura 1- Ciclo do Hg



Fonte: Souza (2000)

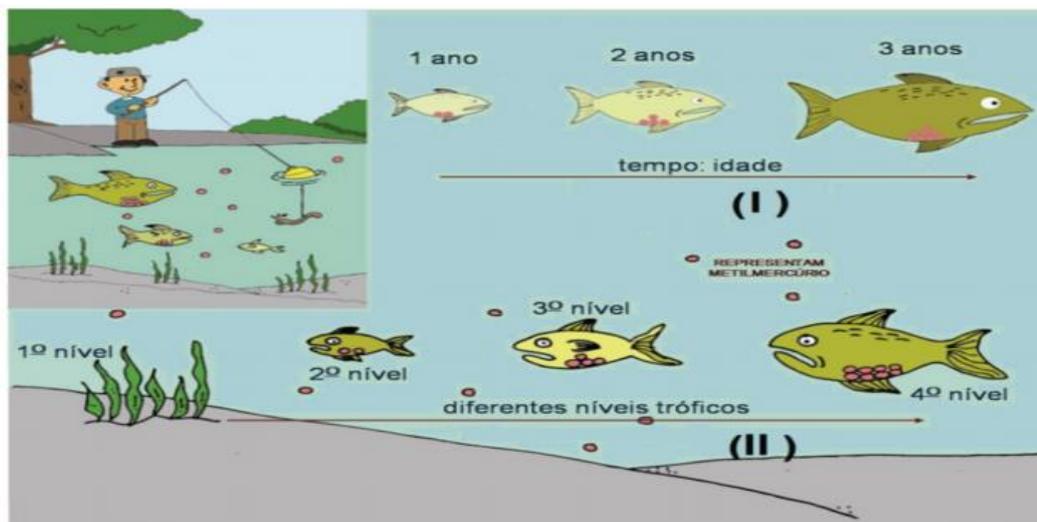
2.2 BIOACUMULAÇÃO E BIOMAGNIFICAÇÃO DO MERCÚRIO

A bioacumulação acontece quando os seres vivos entram em contato com substâncias tóxicas, e retêm essas substâncias em seu organismo. Pode acontecer com a absorção dessa substância presente no ambiente ou pode ocorrer por meio da ingestão de alimentos contaminados com esse elemento, esse processo acontece principalmente nos corpos d'água (MONTONE, 2015).

A biomagnificação acontece atingindo diretamente a cadeia alimentar. O primeiro nível da cadeia é ocupado pelo fitoplâncton que por estar exposto absorve de modo direto o Hg presente na água (LACERDA e MALM, 2008) logo distribui o Hg em sua forma orgânica (MeHg) ao longo da cadeia alimentar. O peixe que pertence ao último nível trófico terá níveis mais altos de Hg em seu tecido, enquanto os peixes menores e os mais jovens tendem a ter menos Hg. Logo, quando os indivíduos vão envelhecendo os níveis de Hg vão crescendo e quanto mais tempo vivem, mais elevadas serão as concentrações. (WASSERMAN; HACON; WASSERMAN, 2001). Grande parte das pesquisas realizadas visando monitorar as concentrações de Hg são realizadas com peixes que é um excelente biomonitor, pois em relação a ambientes aquáticos esses organismos possuem diferentes hábitos alimentares e ocupam nichos diferentes. (SOARES et al., 2016)

Estudos apontam um valor médio de $98,3 \pm 12\%$ de MeHg do total do Hg detectados em amostras de peixes (LINO et al., 2018), demonstrando a predominância da forma metilada do Hg, esse valor não se mostrou diferente em relação a peixes com hábitos alimentares distintos e independente do habitat, assim é possível entender que o MeHg pode ser acumulado pelo pescado apesar do seu habitat e do hábito alimentar. (Ibidem). O MeHg possui uma taxa de $>95\%$ de absorção intestinal (MALM et al., 1995), logo a ingestão de peixes contaminados pode acarretar danos à saúde se ingeridos em grandes quantidades e com grande frequência.

Figura 2 – Bioacumulação e Biomagnificação do Hg



Fonte: Rocha (2009)

2.3 CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO

O mercúrio é um elemento que não tem benefício para o organismo dos seres vivos e causa diversos problemas à saúde, pois ele afeta o sistema nervoso central agressivamente. Esses problemas estão relacionados tanto aos compostos inorgânicos quanto aos compostos orgânicos do Hg (GONÇALVES e GONÇALVES, 2004). As formas de exposição ao Hg acontecem pela inalação do Hg metálico, pela absorção pela pele e pelo consumo de produtos contaminados com MeHg. Quando ocorre a absorção, o vapor de Hg consegue alcançar uma eficácia de 80% no sangue, já absorção do MeHg quando ingerido pode chegar a 95% no organismo e pode ocorrer intoxicação pelo contato direto com o Hg através de produtos contendo esse

metal, porém, não tem uma relevância na exposição comparada a absorção pela pele. (RAMÍREZ, 2008).

Quando absorvido, o vapor de Hg entra no organismo e se concentra principalmente nos rins, no sistema nervoso central, fígado, sistema cardiovascular e também na placenta. O principal meio de retirar o Hg presente no organismo é através dos rins. (ZAVARIZ e GLINA, 1993).

O MeHg é responsável por gerar danos aos tecidos do corpo como, por exemplo, aos rins, fígado e órgãos de reprodução, porém o Sistema Nervoso é o mais prejudicado quando ocorre a contaminação pelo MeHg. Ao atingir o SN pode causar a eliminação neural, problemas na audição e visão, paralisia cerebral e até mesmo levar a morte. (FAO/ WHO, 2004). O consumo de peixes contaminados pelo MeHg é a principal forma de expor os indivíduos, pois essa forma orgânica está presente no tecido do pescado que foi contaminado pelo MeHg presente nos rios, e ao entrar no organismo de quem o ingeriu, ocasiona a absorção pelo trato gastrointestinal e permeia a barreira hematoencefálica chegando assim até o cérebro, podendo causar problemas no sistema cardiovascular. (OPAS/OMS, 2011).

Estudo realizado através de análises de HgT em níveis sanguíneos, indicam que os indivíduos da região urbana e da região de várzea da cidade de Santarém estão expostos à contaminação por Hg através do consumo com frequência de pescado. (MENEZES et al., 2016) Logo, é importante a monitoração contínua desse metal na fauna aquática, pois a população está exposta ao Hg derivado dos produtos provenientes do rio Tapajós. A contaminação dos indivíduos é proveniente dos peixes, sendo a proteína mais contaminada por Hg que os indivíduos ingerem. (KASPER et al., 2007), no entanto, não são apenas os peixes que podem estar contaminados com o Hg, mas sim toda a fauna aquática seguindo pela cadeia alimentar onde o organismo vivo presente na base da cadeia alimentar é responsável por distribuir o mercúrio para os demais organismos, e também incluindo os produtos apresentados no presente estudo, que são consumidos pela população humana da região.

2.4 MERCÚRIO NA AMAZÔNIA

A consolidação da extração de Au na região do Tapajós ocorreu no ano de 1958 com a exploração de um local próximo ao rio Tapajós denominado grota rica, foi nessa localidade que ocorreu o primeiro caso relevante de extração de Au na região (RODRIGUES et al., 1994). O rio Tapajós possui a mais extensa reserva de Mineração artesanal da América Latina possuindo uma área de 28.945 km², além disso, já foram extraídas cerca de 500 toneladas de ouro nesse local (VEIGA, 1997).

Um estudo realizado indica que da área total de garimpo efetuado no Brasil, 93% está localizado na Amazônia e o estado do Pará ocupa a primeira posição de área explorada com 110.209 ha. (MAPBIOMAS, 2021). A atividade mineradora no Brasil no ano de 2016 foi responsável pela liberação de 161 toneladas de Hg provenientes tanto da mineração legal quanto da mineração ilegal. (CASTILHOS, 2018). Durante a extração de ouro o mercúrio líquido é usado para a formação da amálgama, no decorrer da produção dessa liga metálica é utilizado cerca de 2 kg de Hg para cada 1 Kg de Au extraído. (BEZERRA; VERÍSSIMO; UHL, 1998). (PINHEIRO et al., 2000).

Anualmente são emitidos no ar, solo e rios, 12 toneladas de Hg na bacia do Tapajós por meio do garimpo. (Ibid., p. 5), portanto o Hg perdido para o ambiente decorrente da extração de Au, põe em exposição a fauna aquática presente na região e conseqüentemente a população humana. (NEVADO, 2010). Porém, a extração de Au não é a única maneira de liberar Hg para o ambiente, pode ocorrer também por intermédio de queimadas, desmatamento, e práticas na agricultura que se tornam responsáveis pela liberação desse metal. (ALMEIDA et al., 2009).

2.5 AMOSTRAS UTILIZADAS

2.5.1 Camarão (*Macrobrachium amazonicum*)

O Camarão, (*Macrobrachium amazonicum*) é uma espécie que possui uma faceta longa, com 10 dentes localizados na margem superior e possui de 8 a 11 dentes na margem inferior da face, sua carapaça e o seu abdômen são lisos, no seu abdômen é onde fica localizado o telso, estrutura essa que tem internamente espinhos curtos (SANTOS, 2016) e pode alcançar 15cm de comprimento (HOLTHUS, 1951). Essa espécie é identificada em água doce nos rios da América do Sul, e é amplamente conhecida no Norte da Amazônia e no rio Paraguai. (Ibidem.). O Camarão em sua fase larval, costuma se alimentar de zooplâncton, ovos e vermes, na vida adulta, esse crustáceo possui o hábito de se abrigar entre rochas ou vegetações, o hábito alimentar deles contém algas, restos de vegetação e animais mortos. (LOBÃO, 1996). No estudo em questão, foi realizada a coleta do Camarão fresco.

Figura 3 – Amostra de Camarão (*Macrobrachium amazonicum*)



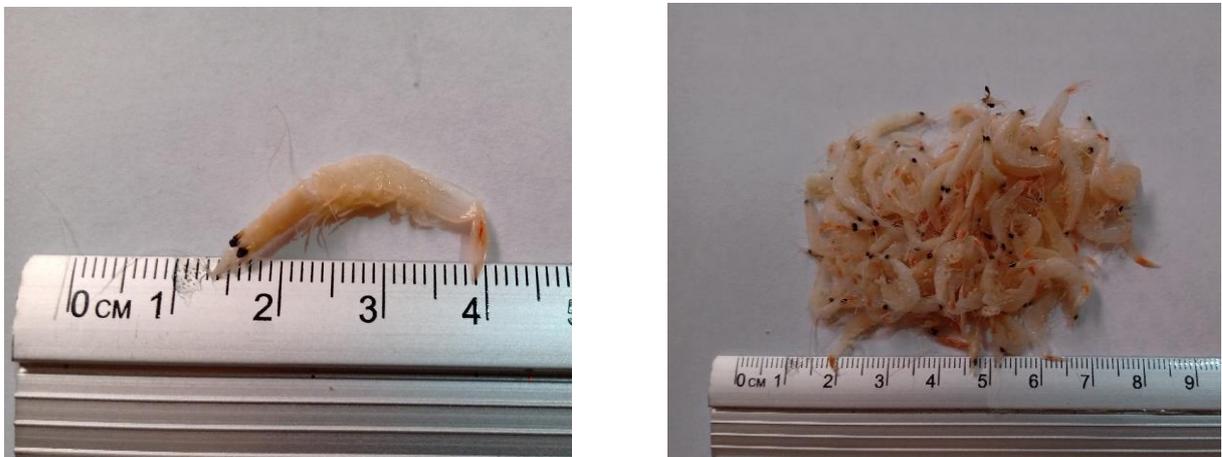
Fonte: Autora do trabalho (2022)

2.3.2 Avium (*Acetes paraguayensis*)

O Avium (*Acetes paraguayensis*) é uma espécie que possui a faceta curta, podendo ter de 1 a 2 dentes na região proximal, o telso está localizado no abdômen,

os machos podem alcançar 2,2 cm de comprimento e as fêmeas a 2,25 cm. (PIMENTEL, 2003). Possui um hábito alimentar onívoro, consomem organismo bentônicos, algas, rotíferos e crustáceos copépodes e cladóceros. (COLLINS e WILLINER, 2003). O Avium é um crustáceo que tem como hábitat a água doce e que tem uma grande importância na cultura da região Norte (FEITOSA et al.,2018). Pode ser identificado na América do Sul, no rio Paraguay, no rio Amazonas e rio Paraná na Argentina. (OMORI, 1975). No estudo foram obtidas amostras de Avium seco.

Figura 4 – Amostra de Avium (*Acetes paraguayensis*)



Fonte: Autora do trabalho (2022)

2.3.3 Piracuí (farinha de peixe)

A farinha de peixe que é popularmente conhecida como Piracuí é composta por diferentes espécies de peixes. Os pescados utilizados passam por um processo de desidratação onde se torna seco e após isso é triturado, assim virando uma farinha de peixe. Os peixes mais utilizados são o Acari ou Cascudo que é um peixe encontrado no Brasil principalmente no rio São Francisco e na Bacia do rio Amazonas, o hábitat desse peixe é no fundo dos rios e possui um hábito alimentar detritívoro onde se alimenta de algas e lodos, o seu corpo é coberto por placas ósseas e não possui

escamas em seu abdômen e pode atingir por volta de 30 cm de comprimento. (ALVES; FERREIRA; LIMA, 2019). O outro peixe que é usado de forma comum na produção da farinha de Piracuí é o Tamoatá que é um peixe pequeno amplamente conhecido na Amazonia brasileira, a pesca desse peixe é sazonal, acontecendo na estação seca. O hábitat do tamoatá é em locais com grande quantidade de matéria orgânica e possui hábito alimentar onívoro. (ALBURQUERQUE e BARTHEM, 2008). Essas espécies de siluriformes geralmente compõe a farinha de peixe.

É feito de forma artesanal por ribeirinhos que herdaram de suas famílias os procedimentos para a produção, é um produto muito comercializado no Estado do Pará e Amazonas. (ALMEIDA, 2009).

Figura 5 – Amostra de Piracuí (farinha de peixe)



Fonte: Autora do Trabalho (2022)

2.3.4 Pirarucu (*Arapaima gigas*)

Essa espécie possui um corpo alongado, é revestido por longas escamas, possui nadadeiras peitorais distantes das ventrais, sua nadadeira dorsal e anal é próxima, sua cor no início da vida é castanha e durante a desova os machos apresentam a cor vermelho. (BARD e IMBIRIBA, 1886). O pirarucu é um peixe grande, onde os adultos chegam a medir 2 m ou até mais, o seu peso geralmente é de 50 a 80 kg, dando como rendimento de carne até 40 kg. (VERRÍSIMO, 1895), é um peixe

proveniente das águas do rio Amazonas e dos rios que emanam do Amazonas, pode ser encontrado também em áreas de igapó e várzeas ligadas a Bacia Amazônica. (IMBIRIBA, 2001), ele é carnívoro e o seu intestino é curto, atributo esse sendo incomum a todos os carnívoros. (RODRIGUES; MORO; SANTOS, 2015). Na pesquisa, foi trabalhado em sua forma seca após a salga e desidratação do Pirarucu.

Figura 6 – Amostra de Pirarucu seco (*Arapaima gigas*)



Fonte: Autora do trabalho (2022)

3 OBJETIVOS

- Avaliar as concentrações de HgT presentes no Camarão, Avium, Piracuí e Pirarucu seco provenientes da fauna do rio Tapajós.
- Comparar os níveis de concentração de mercúrio com os níveis aceitáveis daqueles esperados em itens do consumo humano.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A verificação das concentrações de Hg em Camarão, Avium, Piracuí e Pirarucu seco foram realizadas na cidade de Santarém pertencente ao estado do Pará, o município é situado na confluência de dois grandes rios que são o Tapajós e o Amazonas, possui uma população estimada em 308.309 habitantes, possui uma área de 17.898,389 km². Latitude: 2°26'22" Sul, Longitude: 54°41'55" oeste. (IBGE, 2017).

Figura 7- Localização da cidade de Santarém-Pará



Fonte: Secretária Municipal de Turismo em Santarém (2011)

4.2 AQUISIÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras foram coletadas no período de outubro de 2018 a março de 2019 na Feira do pescado situada na Travessa Rio Tapajós no bairro de Fátima, Latitude: -

2.4187150970421047, Longitude: -54.72936947451266 e o outro ponto de aquisição foi no Mercado do peixe Porto dos Milagres localizado na rua Felipe Camarão, no bairro do Uruará, Latitude: -2.435549, Longitude: -54.688632. (Fig. 8 e Fig.9)

Figura 8: Feira do pescado



Fonte: Expedição Pará (2015)

Figura 9: Mercado do peixe Porto dos Milagres



Fonte: Autora do trabalho (2022)

Quadro 1 – Coleta das amostras durante o período de outubro de 2018 a fevereiro de 2019 na cidade de Santarém-Pará

Amostras	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Camarão	Feira do Pescado	Porto dos Milagres	Porto dos Milagres	Feira do Pescado	Porto dos Milagres
Avium	Feira do Pescado	Porto dos Milagres	Porto dos Milagres	Feira do Pescado	Porto dos Milagres
Piracuí	Feira do Pescado	Porto dos Milagres	Porto dos Milagres	Feira do Pescado	Porto dos Milagres
Pirarucu	Feira do Pescado	Porto dos Milagres	Porto dos Milagres	Feira do Pescado	Porto dos Milagres

Fonte: Autora do trabalho (2022)

Durante os meses foi realizada a aquisição de 100 g por mês de Camarão, Avium, Piracuí e Pirarucu seco em cada coleta.

4.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

A preparação das amostras foi realizada no LaBBEx (Laboratório de Bioprospecção e Biologia Experimental) localizado na UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará), onde as amostras de Camarão e Avium foram congeladas e as amostras de Piracuí e Pirarucu seco foram armazenadas dentro de um recipiente plástico.

Com as amostras de Camarão e Avium foi utilizado um tubo e um bastão para manualmente realizar a homogeneização do material para que não houvesse a retirada do tecido de somente um indivíduo de cada amostra, com as amostras de Piracuí e Pirarucu seco não houve essa homogeneização.

4.4 DETERMINAÇÃO DO HgT

Para realizar as análises de HgT foi utilizado um valor médio de 0,05 g de cada amostra, a análise foi efetuada em duplicata. O peso de cada alíquota foi determinado

utilizando a balança analítica. Nesta etapa foi realizada uma análise de cada amostra mensal no analisador direto de Hg.

O aparelho DMA 80 tri cell (Milestone, Itália) efetua uma análise direta de Hg em amostras biológicas, utilizando-se da decomposição térmica da amostra com elevação da temperatura a 650°C, os átomos de Hg então são concentrados em um coletor contendo ouro, o qual é posteriormente aquecido liberando todo o Hg, o qual é conduzido pelo oxigênio (95% de pureza) para uma célula fotoelétrica, onde a concentração de Hg gera um pulso elétrico convertendo então em valores de Hg. Este procedimento possui como único reagente utilizado o gás de oxigênio e esse processo dura por volta de 6 minutos para cada barquinha. (Figura 1)

Figura 10- Analisador direto de mercúrio modelo DMA -80.



Fonte: Autora do trabalho (2022)

Para assegurar a confiança do equipamento manuseado, foi utilizado o material certificado de referência BCR 463 fornecido pelo Instituto para materiais de referência e medições (IRMM) da Comissão Europeia com valor de referência de $2,85 \pm 0,16$ mgHg/Kg, onde foi obtido o valor de $2,75 \pm 0,07$ demonstrando assim ótimas condições para o uso.

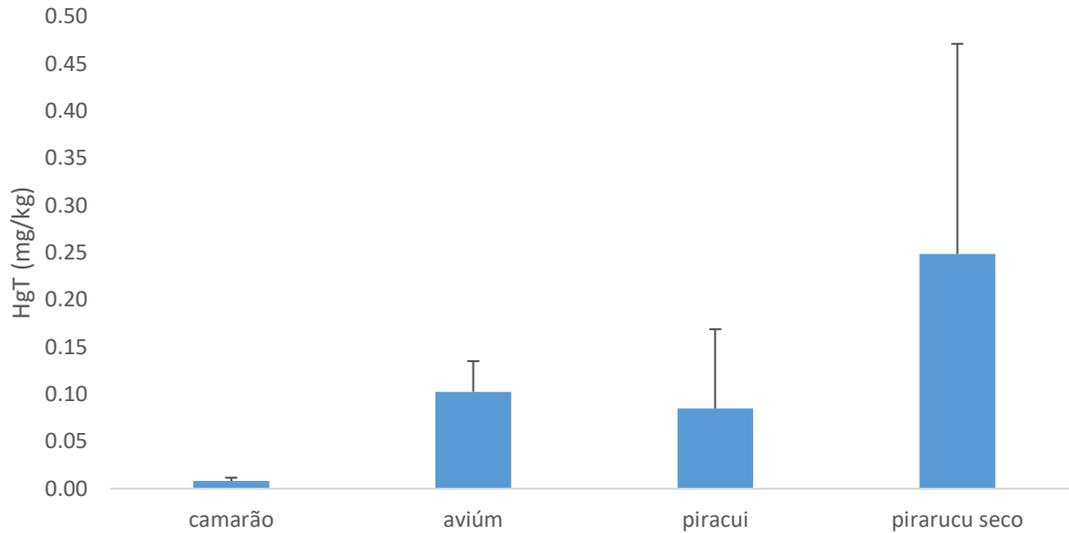
4.5 ANÁLISES ESTÁTISTICAS

As médias e desvio padrão das amostras foram determinadas pelo programa de estatística Excel, o programa também foi usado para elaboração do gráfico apresentado. Para realizar a verificação de normalidade dos valores foi aplicado o teste estatístico de Shapiro-Wilk, os dados apresentaram distribuição normal, então foi utilizado o teste t de student para observar se ocorrem diferenças significativas entre as espécies analisadas. Foi utilizado o valor de $p \leq 0,05$ para ocorrência de diferença estatisticamente significativa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises de HgT foram realizadas em amostras de Camarão, Avium, Piracuí e Pirarucu seco comercializados na cidade de Santarém. As análises de Hg foram efetuadas em amostras coletadas entre outubro de 2018 até fevereiro de 2019. Pelo fato de os rios da região sofrerem impactos da mineração artesanal de ouro, envolvendo o Hg, a fauna desses rios está exposta à contaminação por Hg. Nossos resultados mostram a média de concentração de HgT em todas as amostras abaixo dos limites permissíveis pela legislação, sendo 0,5 mgHg/Kg para crustáceos, 0,5 mgHg/kg para peixes não predadores e 1,0 mgHg/kg para peixes predadores. (BRASIL, 2013). A legislação adota valores determinando por nichos, porém o Piracuí não possui um nicho específico dentro da legislação e então os valores a serem comparados com as concentrações obtidas no Piracuí são os determinados para peixes não carnívoros já que o Piracuí em sua maioria é produzido com o Acari e Tamuatá que são peixes não carnívoros.

Gráfico 1- Concentração de HgT em diferentes amostras de pescado comercializados na cidade de Santarém-Pará.



Elaborado: Autora do trabalho

Diante dos valores obtidos, é possível observar que Camarão apresentou as concentrações médias mais baixas e o Pirarucu seco apresentou as concentrações mais elevadas comparadas as demais amostras. O Camarão por possuir um hábito alimentar onívoro, ou seja, se alimentar de algas e restos de animais, não possui excesso de Hg em seu organismo, em contrapartida, com o Pirarucu que é um peixe de hábito alimentar carnívoro.

Tabela 1 – Média, Desvio- padrão, Mínimo e Máximo das concentrações de Camarão, Avium, Piracuí e Pirarucu seco

	N	Média (mgHg/kg)	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Camarão	5	0.0067	0.0034	0.0027	0.0105
Avium	5	0.1054	0.0324	0.0727	0.1563
Piracuí	5	0.0996	0.0841	0.0225	0.2209
Pirarucu seco	5	0.3293	0.2226	0.2029	0.7246

Fonte: Autora do trabalho (2022)

Entre as concentrações de HgT presentes no Pirarucu seco analisadas durante o período de outubro de 2018 a março de 2019 ocorreu diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) em relação com as concentrações de HgT presentes no Camarão, analisadas durante o mesmo período, ocorrendo assim uma variação das concentrações de HgT durante os meses analisados, houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as concentrações de Avium e as concentrações de Camarão durante os meses analisado.

Os valores mínimos e máximos das concentrações de Camarão, Avium e Piracuí variam bastante durante os meses analisados, isso pode ter ocorrido devido a origem do alimento que durante os meses pode ter sido pescado em diferentes pontos do rio Tapajós o que pode levar a essa variação nos níveis das concentrações de HgT ou da sazonalidade que está relacionado ao período de pesca desses alimentos, visto que os 3 possuem períodos de pesca iguais, ou seja, durante o período de seca, isso pode ter afetado na variação dos valores mínimos e máximos de HgT encontrados nas amostras de Camarão, Avium e o Piracuí.

O Piracuí apresentou concentrações de HgT mais elevadas em relação ao Camarão, mas não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$), o Pirarucu seco apresentou níveis mais elevados de HgT em relação ao Avium e Piracuí, mas não houve diferenças significativas entre essas amostras. A diferença entre as concentrações de HgT entre as espécies pode ser relacionada com o hábito alimentar, visto que o mesmo varia de uma espécie para outra.

Apesar das amostras apresentarem concentrações de HgT dentro dos níveis considerados seguros para o consumo, precisamos também considerar, a quantidade máxima de MeHg ($1,6 \mu\text{g}$) (WHO, 2008), que pode ser ingerido por semana e por quilo de peso corporal. A literatura mostra que para peixes, cerca de 90% do HgT é MeHg (LINO, et al., 2019). Assim, em nosso estudo, considerando somente a média encontrada para Pirarucu ($0,25 \text{ mg de HgT/kg de peixe}$ ou $250 \mu\text{g de HgT/kg de peixe}$), uma pessoa de 60 quilos poderá ingerir por semana, no máximo 384 g desse peixe. Para o Camarão, esse consumo poderia ser de até 9,6 kg por semana, sendo o Camarão então, a melhor escolha em relação ao Avium, Piracuí ou Pirarucu. Dessa

forma, apesar das concentrações encontradas sugerirem não haver risco o consumo desses produtos, a quantidade ingerida deve ser também considerada.

6 CONCLUSÃO

As concentrações de HgT encontradas nas amostras estão abaixo do estabelecido, porém o consumo das amostras analisadas pode pôr em risco a saúde dos indivíduos quem as consome, pois possui um potencial bioacumulativo, a frequência de ingestão e a quantidade ingerida podem também impactar a saúde dos indivíduos.

A única maneira para um consumo seguro é através da informação sobre as concentrações de Hg em produtos extraídos dos rios com impacto de mineração de ouro. Enquanto não existe informação disponível sobre as concentrações de Hg, a população deve escolher peixes não carnívoros, peixes menores, o Camarão como apresentado no estudo e devem evitar o consumo diário.

A divulgação dos resultados para população a fim de expor as causas e consequências da contaminação pelo mercúrio, indicando que o consumo de forma frequente e em quantidades elevadas podem gerar danos à saúde dos indivíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACPO- Associação de Combate a Poluentes. Relatório Mercado de mercúrio no Brasil. São Paulo, 2006.
- ALBURQUERQUE, Adna; BARTHEM, Ronaldo. A pesca do tamoatá *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) (Siluriformes: Callichthyidae) na ilha de Marajó. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas**, v.3, n.3, p. 359-372, 2008.
- ALMEIDA, José Carlos de. **Avaliação econômica da produção de concentrado proteico de peixe da Amazônia (piracui)** 2009. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências Biológicas, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2009.
- ALMEIDA, Marcelo et al. Variações nas concentrações de mercúrio em solos da reserva garimpeira do alto rio Madeira. **Geochimica Brasiliensis**, v. 23, n.1, p.139-150, 2009.
- ALVES, Amanda; FERREIRA, Camila; LIMA, Kamilla. Relatório de Produção e Comercialização do peixe Cascudo. Disponível em: < https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2019/12/Relatorio_de_Comercializacao-2.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2022.
- BARD, Jacques; IMBIRIBA, Emir, Palmeira. Piscicultura do Pirarucu, **Arapaima gigas**. **EMBRAPA - CPATU**, Belém, n 52. p. 1-18, 1886.
- BEZERRA, Oswaldo, VERÍSSIMO, Adalberto, UHL, Christopher. Impactos da garimpagem de ouro na Amazônia Oriental. **Série Amazônia. Imazon**, Belém, n. 2, p. 1-27, 1998.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC N° 42, de 29 de agosto de 2013. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2013. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html>. Acesso em: 17 maio 2021.
- CASTILHOS, Zuleica; Inventário Nacional de emissões e liberações de mercúrio no âmbito da mineração artesanal e de pequena escala no Brasil. **Ministério do Meio Ambiente**, v.1, p.1-56, 2018.
- CESTEB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Mercúrio e seus compostos. **CESTEB**, São Paulo, p. 1-4, jul. 2012.
- COLLINS, Pablo; WILLINER, Veronica. Feeding of *Acetes paraguayensis* (Nobili) (Decapoda: Sergestidae) from the Paraná River, Argentina. **Hydrobiologia**, v.493, n.1, p.1-6, 2003.
- CORDANI, Umberto; JULIANI, Caetano. **Potencial mineral da Amazônia: problemas e desafios**. **Revista de estudos brasilenos**, Salamanca, v.6, n.11, p.91 – 108, 25 jan. 2019.

CUNHA, Mónica Elisabete, Silva da. *Interação entre Mercúrio e Sistemas Biológicos*. 2008. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências Biomédicas, Universidade do Porto, Porto, 2008.

FAO/WHO. **Evaluation of certain food additives and contaminants**: sixty – first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Rome, Italy: World Health Organization, 2004.

FEITOSA, Bruna et al. Umidade, cinzas e atividades de água em Avião comercializado em Santarém, Pará. **Revista Agroecossistemas**, Belém, v.10, n.1, p.115-130, 2018.

GONÇALVES, Aguinaldo; GONÇALVES, Neusa. **Exposição humana ao mercúrio na Amazônia brasileira**: uma perspectiva histórica. **Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health**, Washigton, v.16, n.6, p.415 – 419, 2004.

HOLTHUIS, Lipke. *A General Revision of the Palaemonidae (Crustacea Decapoda Natantia) of the Americas*. University of the Southern California Press; 1951.

HOMRICH, Bianca; FERNANDEZ, Carolina; VIEIRA, Janine. O potencial tóxico do mercúrio e os impactos da gestão inadequada de seus resíduos ao meio ambiente à saúde. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2., 2014, Belo Horizonte. **Anais**, Belo Horizonte: Centro Universitário Izabela Hendrix, 2014, p. 1-7.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Panorama de Santarém*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santarem/panorama>>. Acesso em: 24 fev. 2022.

IMBIRIBA, Emir. Potencial de criação de Pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazônica**, v.31, n.2, p.299 – 316, 2001.

KASPER, Daniele et al. **Mercúrio em peixes** – Fontes e contaminação. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.11, n.2, p.228 – 239, 2007

LACERDA, Luiz; MALM, Olaf. **Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos**: uma análise das áreas críticas. **Estudos avançados**, São Paulo, v.22, n.63, 2008.

LINO, Adan et al. **Mercury and selenium in fishes from the Tapajós River in the Brazilian Amazon**: An evaluation of human exposure. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, Stuttgart, v.48, p.196-201, 2018.

LINO, Adan et al. Total and methyl Mercury distribution in water, sediment, plankton and fish along the Tapajós River basin in the Brazilian Amazon. **Chemosphere**, v.235, p.690-700, nov.2019.

LOBÃO, Vera Lucia. **Camarão-da-malásia**: cultivo. **EMBRAPA-SPI**, Brasília, v.3, p.1-102, 1996.

MALM, Olaf. Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós river basin. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v.175, n.2, p.141-150, 1995.

MANDARINO, Fernando. 4 ligas para restaurações de Amálgama. FORP – USP, São Paulo, v .1, p. 1- 13, 2003.

MAPBIOMAS, Área ocupada pela mineração no Brasil cresce mais de 6 vezes entre 1985 e 2020. **MAPBIOMAS**. Disponível em:< <https://mapbiomas.org/area-ocupada-pela-mineracao-no-brasil-cresce-mais-de-6-vezes-entre-1985-e-2020>>. Acesso em: 31 maio 2022.

MENESES, Heloisa et al. Mercury Levels and Glutathione SM Journal of Public Health and S-Transferase Polymorphisms Evaluation in a Population of the Low Epidemiology. **SM Journal of Public Health and Epidemiology**, v.2, n.2, p.1-5, mar/maio. 2016.

MIRANDA, Rodrigues et al. **Mercúrio em sistemas aquáticos**: fatores ambientais que afetam a metilação. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.11, n.2, p. 240-251, 2007.

MONTONE, Rosalinda. Bioacumulação e Biomagnificação. **Instituto Oceanógrafo**, São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://www.io.usp.br/index.php/oceanos/textos/antartida/31portugues/publicacoesseries-divulgacao/poluicao/811-bioacumulacao-e-biomagnificacao.html>>. Acesso em: 19 abr. 2022.

NEVADO. J. **Mercury in the Tapajós River basin, Brazilian Amazon**: A review. **Environment International**, v. 36, n.6, p. 593- 608, 2010.

NUNES, Bruno Luís. Quantificação de emissões de mercúrio provenientes de fontes naturais. 2009. Dissertação (Mestrado), Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade de Aveiro, 2009.

OMORI, Makoto. The systematics, biogeography, and fishery of epilagic shrimps of the genus *Acetes* (Crustacea, Decapoda, Sergestidae). **BULLETIN OF THE OCEAN RESEARCH INSTITUTE UNIVERSITY OF TOKYO**, n. 7, p. 1-94, 1975.

OPAS, Organização Pan-Americana da Saúde. Cooperação Técnica entre Brasil, Bolívia e Colômbia: teoria e prática para o fortalecimento da vigilância em saúde de populações expostas a mercúrio. **Organização Pan- Americana da Saúde**, Brasília, p. 1- 105, 2011.

PIMENTEL, Fabiana. Taxonomia dos camarões de água doce (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae, Euryrhyndidae, Sergestidae) da Amazônia Oriental: Estados do Amapá e Pará. 2003. Dissertação (Mestrado), Curso de Ciências Biológicas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2003.

PINHEIRO, Maria da Conceição et al. Avaliação da contaminação mercurial mediante análise do teor de Hg total em amostras de cabelo em comunidades ribeirinhas do Tapajós, Pará, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Minas Gerais, v. 33, n. 2, p. 181-184, mar-abr, 2000.

- QUALI.PT. Mercúrio (Hg), 2018. Disponível em: <<https://www.quali.pt/contaminantes/1558-mercúrio-hg>>. Acesso em: 28 abri. 2022.
- RAMÍREZ, Augusto. Intoxicação ocupacional por mercúrio. **Anais da Faculdade de Medicina**, Lima, v.69, n.1, jan./mar. 2008.
- REZENDE, Maria Cristina; ROSSI, Ana Claudia; CLARO, Ana Paula. **Amálgama dentário: controle dos fatores de risco à exposição mercurial**. **Revista Odontológica de Araçatuba**, Araçatuba, v. 29, n.2, p.09-13, jul./dez. 2008.
- RODRIGUES, Ana Paula; MORO, Giovani; SANTOS, Viviane. Alimentação e nutrição do Pirarucu (*Arapaima gigas*). **Embrapa**, Brasília, p.1-26, 2015.
- RODRIGUES, Rita Maria et al. **Estudo dos impactos ambientais decorrentes do extrativismo mineral e poluição mercurial no Tapajós – pré-diagnóstico**. **CETEM/CNPq**, Rio de Janeiro, p. 1-217, 1994.
- SANTOS, Maria Aparecida. Composição e distribuição da fauna de camarões de água doce (Crustacea: Decapoda) no estado de Roraima, Brasil. 2016. Dissertação (Mestrado), Curso de Ciências Biológicas, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2016.
- SANTOS, Moana; FERREIRA, Heloisa; LYRA, Gustavo. Exposição ao mercúrio e os impactos a saúde humana. In: 6° SIMPÓSIO DE GESTÃO AMBIENTAL E BIODIVERSIDADE, 5., 2017, Três Rios. **Anais...Três Rios/ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, 2017. P. 556-565.
- SILVA, Amanda Cristina; PEREIRA, Sarah; OLIVEIRA, Isadora. **Doença de Minamata – 1954- Japão**. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, p. 1-10, 2018. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/69295/doenca-de-minamata-1954-japao>>. Acesso em: 05 maio 2022.
- SILVA, Marlon; ESTANILAU, César Augusto. Concentração de mercúrio em peixes da Amazônia. **Associação Brasileira de Limnologia**, Rio Claro, v.41, n.1, p.8-14, março 2015.
- SILVA, Rafaela et al. **Convenção de Minamata: análise dos impactos socioambientais de uma solução em longo prazo**. **Saúde em debate**, Rio de Janeiro, v. 41, n.2, p. 50-62, 2017.
- SOARES, Jean et al. Bioacumulação de mercúrio total (HgT) e hábitos alimentares de peixes da bacia do rio Negro, Amazônia, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v.6, n.1, p. 102-106, 2016.
- SOUZA, Jurandir; BARBOSA, Antonio. Contaminação por Mercúrio e o Caso da Amazônia. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.12, p.3-7, nov. 2000.
- SOUZA, Julian; BATISTA, Gabriela; BERNSTEIN, Any. **Mercúrio na Amazônia: a bomba relógio bioquímica**. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 14, ed.5, p.1-8, fev. 2014.
- VEIGA, Marcello. Introducing New Technologies for Abatement of Global Mercury Pollution in Latin America. **UNIDO/UBC/CETEM/CNPq**, Rio de Janeiro, p. 1-63, 1997.

VERRÍSIMO, J. A pesca do Pirarucu. In: Livraria Clássica de Alves. **A Pesca na Amazônia**. Rio de Janeiro, 1895. Cap. 3, p.28-29.

WASSERMAN, Júlio Cesar; HACON, Sandra; WASSERMAN, Maria Angélica. O Ciclo do Mercúrio no Ambiente Amazônico. **Mundo e vida**, v. 2, p.46-52, 2001.

WHO. World Health Organization, 2008. Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure. Geneva, Switzerland, 2008.

ZAVARIZ, Cecília; GLINA, Débora. Efeitos da exposição ocupacional ao mercúrio em trabalhadores de uma indústria de lâmpadas elétricas localizada em Santo Amaro, São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.9, n.2, p.117-129,1993.