

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**IVAN FERREIRA DE LIMA**

**LUCAS MATHEUS SANTOS DA SILVA**

**THIAGO GUSTAVO DE FRANÇA COSTA**

**INTOXICAÇÃO ALIMENTAR DECORRENTE DA BIOACUMULAÇÃO EM PESCADOS**

RECIFE

2021

**IVAN FERREIRA DE LIMA**  
**LUCAS MATHEUS SANTOS DA SILVA**  
**THIAGO GUSTAVO DE FRANÇA COSTA**

**INTOXICAÇÃO ALIMENTAR DECORRENTE DA BIOACUMULAÇÃO EM PESCADOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Disciplina TCC II do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do Centro Universitário Brasileiro -UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Professor Orientador: Dra. Lilian Maria Araujo de Flores

RECIFE

2021

L732i

Lima, Ivan Ferreira de

Intoxicação alimentar decorrente da bioacumulação em pescados./ Ivan Ferreira de Lima; Lucas Matheus Santos da Silva; Thiago Gustavo de França Costa. - Recife: O Autor, 2021.

35 p.

Orientador: Dr. Lilian Maria Araujo de Flores.

Trabalho De Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro – Unibra. Bacharelado em Ciências Biológicas, 2021.

1. Peixes. 2. Bioacumulação. 3. Mercúrio. 4. Intoxicação alimentar. I. Centro Universitário Brasileiro. - Unibra. II. Título.

CDU: 573

## RESUMO

Estudos sobre intoxicação alimentar decorrente do efeito bioacumulativo por mercúrio estão se tornando cada vez mais comum, portanto, torna-se ainda mais importante compreender a confiabilidade de tais estudos sobre o trabalho. Este trabalho apresenta uma análise sobre o processo de bioacumulação e biomagnificação em pescados e apontar algumas formas de contaminação e os efeitos que o mesmo causa no ser humano. A pesquisa é baseada em estudos que foram realizados por revisão bibliográfica e artigos acadêmicos. A partir desses resultados podemos concluir que, embora projetos de conscientização e manejo sejam importantes, nem sempre podemos confiar totalmente em seus resultados. Portanto, é preciso o monitoramento do ambiente, com órgãos reguladores, fiscalização com rigorosos testes das indústrias para que não polua o meio ambiente afim de se evitar contaminação, e que não ocorra crimes e incidentes graves como ocorrido no Japão e no Iraque, também mostra o que aconteceu em Minamata é um problema que está acontecendo no Brasil nas terras amazônicas devido a inadvertida ação do garimpo ilegal, com o uso do mercúrio que por sua vez contamina rios e prejudica comunidades ribeirinha e a população indígena extremamente vulnerável.

Palavras-Chave: Peixes; Bioacumulação; Mercúrio; Intoxicação alimentar.

## ABSTRACT

Studies on food poisoning due to bioaccumulative effect by mercury are becoming more and more common, therefore, it becomes even more important to understand the reliability of such studies on the work. This paper presents an analysis on the process of bioaccumulation and biomagnification in fish and point out some forms of contamination and the effects it causes in humans. The research is based on studies that were carried out by literature review and academic articles. From these results we can conclude that, although awareness and management projects are important, we cannot always fully rely on their results. Therefore, it is necessary to monitor the environment, with regulatory agencies, strict inspection and testing of industries so that they do not pollute the environment in order to avoid contamination, and so that serious crimes and incidents do not occur, as happened in Japan and Iraq, also showing what happened in Minamata is a problem that is happening in Brazil in Amazonian lands due to inadvertent action of illegal mining, with the use of mercury that in turn contaminates rivers and harms riverside communities and the extremely vulnerable indigenous population.

Key words: Fish; Bioaccumulation; Mercury; Food Intoxication.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>7</b>
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>7</b>
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>8</b>
4.1 PROCESSO DE BIOACUMULAÇÃO .....	8
<b>5. O MERCÚRIO</b> .....	<b>9</b>
5.1 O PERFIL DO METAL LÍQUIDO MERCÚRIO .....	9
5.2 METILMERCÚRIO E A CONCENTRAÇÃO NOS PEIXES .....	10
5.3 MERCÚRIO PRESENTE NOS PEIXES .....	12
<b>6. AÇÃO DA MINERAÇÃO</b> .....	<b>14</b>
6.1 GARIMPO ILEGAL E O USO DO MERCÚRIO NA AMAZÔNIA .....	14
<b>7. INTOXICAÇÃO POR MERCÚRIO</b> .....	<b>15</b>
<b>8. A DOENÇA DE MINAMATA</b> .....	<b>17</b>
8.1 A CRIAÇÃO DA CONVENÇÃO DE MINAMATA .....	19
<b>9. RESULTADO</b> .....	<b>21</b>
<b>10. DISCUSSÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>11. CONCLUSÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>23</b>

## 1.INTRODUÇÃO

A bioacumulação é definida como a transferência de metais a partir de uma fonte, como a água, os sedimentos ou os alimentos, para um organismo. Estes elementos se acumulam e as concentrações obtidas nos organismos refletem a quantidade dos elementos que foi ingerida e retida em seus tecidos. A biomagnificação ocorre quando há um aumento na concentração de metais, ao longo de ao menos duas posições tróficas em uma teia alimentar (BARWICK; MAHER, 2003; SANTANA et al., 2017). Além disso, a bioacumulação de substâncias nocivas, como os metais, por meio da cadeia trófica representa risco à biota e aos seres humanos que são os consumidores finais de organismos aquáticos, como os peixes (CORAMI et al., 2007; LAMELAS; SLAVEYKOVA, 2007; MACHADO, 2016;).

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

Dentre os contaminantes, o mercúrio (Hg) é um poluente global que, por ser extremamente tóxico e persistente nos organismos, é um dos elementos-traço mais bem estudados no ambiente (MOREL et al., 1998; HYLANDER; MEILI, 2003). É sabido também que a maior fonte de contaminação mercurial humana se dá pelo consumo de peixes e crustáceos com altos níveis de mercúrio (DEBES et al., 2006).

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Está pesquisa teve como objetivos saber como ocorre o processo de intoxicação alimentar em decorrência da bioacumulação.

### **2.2OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Esclarecer o que é bioacumulação e como ela ocorre.
- Explicar os riscos do mercúrio em bioacumulação na saúde.
- Discutir sobre o uso de metais pesado na atualidade.
- Debater sobre a bioacumulação no meio ambiente.
- Relatar o efeito bioacumulativo.

## **3. METODOLOGIA**

No presente trabalho foram selecionadas pesquisas bibliográficas que apresentam as causas e consequências da contaminação alimentar por mercúrio em peixes afetando a qualidade de vida do homem.

O estudo se deu por pesquisas bibliográficas, sendo utilizados artigos científicos e teses. Foram pesquisados estudos que apresentassem avaliações e fiscalização e a ação dos órgãos competentes a respeito da distribuição para o consumo de peixes, pois a não fiscalização de produtos inadequados para o consumo pode provocar a contaminação do homem.

Buscamos artigos utilizando o critério sobre a versatilidade do mercúrio e por ser um elemento empregado na fabricação de aparelhos: barômetros, termômetros, manômetros, interruptores, lâmpadas, válvulas eletrônicas, ampolas de raio X, e o cloreto de mercúrio (I) ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ) que é utilizado como medicamento tópico para úlceras cutâneas e como antisséptico. É empregado também na composição de agrotóxicos, tintas para cerâmica e em fogos de artifício.

Apresentamos um estudo descritivo do tipo revisão bibliográfica. Foram incluídos artigos e trabalhos acadêmicos como teses na língua portuguesa dos anos de 2003 a



2019. A pesquisa foi realizada no site Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

#### **4. REFERENCIAL TEÓRICO**

##### **4.1 PROCESSO DE BIOACUMULAÇÃO**

A Bioacumulação é o processo pelo qual substâncias (ou compostos químicos) são absorvidas pelos organismos. Pode ocorrer de forma direta, quando as substâncias são assimiladas a partir do meio ambiente (solo, sedimento, água) ou de forma indireta pela ingestão de alimentos quem contém essas substâncias. Esses processos frequentemente ocorrem de forma simultânea, em especial em ambientes aquáticos. Como consequência, a presença de poluentes nesse ambiente pode levar ao aumento das taxas de bioacumulação, perda da biodiversidade, e afetar os mecanismos fisiológicos (STARK, 1998; SCHLACHER et al., 2005; DOMINGOS et al., 2007; MONSERRAT et al., 2007).

Os peixes e os produtos obtidos por meio da atividade da pesca destacam-se nutricionalmente de outros alimentos de origem animal. As proteínas contêm todos os aminoácidos essenciais para o ser humano e, assim como as proteínas do leite, do ovo e de carnes de mamíferos, têm elevado valor biológico. Adicionalmente, são excelentes fontes de aminoácidos lisina, metionina e cisteína, encontrados em baixa quantidade em dietas a base de grãos de cereais (ABABOUC, 2005). Em altas concentrações no meio aquático demonstram alto poder acumulativo na biota (ATLI; CANLI, 2010). Dentre esses organismos se destacam os peixes, foco de vários estudos sobre contaminação de metais, pois absorvem tanto os metais essenciais, como não essenciais, a partir da água e pela ingestão de alimento, retendo-os em seu tecido muscular (PEREIRA et al. 2010; JABEEN et al. 2012; MERT et al. 2014). A transferência de metais pesados entre compartimentos biogeoquímicos, sua bioacumulação em organismos e biomagnificação em teias tróficas dependem da especiação dos elementos, que determinam sua biodisponibilidade em meios abióticos (habitat) e bióticos (fontes alimentares) (RAINBOW, 2002; CHOUVELLON et al., 2017). Em organismos marinhos, especialmente em predadores de topo, como os mamíferos marinhos a transferência trófica representa o principal caminho de ingestão de metais pesados e poluentes orgânicos persistentes (POPs), por exemplo (FISK et al., 2001; WANG, 2002). Além disso, a ecologia individual pode afetar as

concentrações de contaminantes medidas no organismo, devido a diferentes áreas de alimentação, níveis tróficos, fases de desenvolvimento e tipos de presa consumidas (LAHAYE et al., 2005; TEFFER et al., 2014; CHOUVELLON et al., 2017).

Metais pesados se destacam entre os poluentes químicos devido a capacidade de bioacumular nos tecidos dos organismos aquáticos e podem atingir humanos por meio da cadeia trófica causando efeitos perigosos na saúde humana (ASCHNER, 2002, SANTOS et al., 2006, MCKELVEY et al., 2007). Os elementos traços mercúrio, chumbo, arsênio e cádmio presentes na carne de pescado em baixas concentrações são considerados tóxicos e podem causar problemas sérios na saúde humana (MCKELVEY et al., 2007).

## **5. O MERCÚRIO**

### **5.1 O PERFIL DO METAL LÍQUIDO MERCÚRIO**

O mercúrio (Hg) é um metal de transição encontrado na natureza em três estados de oxidação: 0, +1 e +2, com diferentes propriedades, aspectos e toxicidades:  $Hg^0$  (mercúrio elementar ou mercúrio metálico),  $Hg^{+2}$  (mercúrio inorgânico, mais comum) e  $HgCH_3^+$  (composto orgânico de mercúrio metilmercúrio) (AZEVEDO, 2003). O metilmercúrio é particularmente tóxico, pois pode ser absorvido pela pele. Além disso, este é solúvel e pode ser concentrado na cadeia alimentar marinha, principalmente em peixes, ou ser adicionalmente metilado por microrganismos. Esta forma orgânica tem origem do Hg inorgânico (pouco bioacumulativo) através da metilação por atividade bacteriana presente no ambiente aquático (SANGA et al., 2001; CARRINGTON; BOLGER, 2002). Ocorre naturalmente no ambiente, porém seus níveis aumentaram significativamente desde o início da era industrial devido às atividades antropogênicas, como: mineração, industrialização, urbanização e agricultura. Isso resultou em séria contaminação de águas superficiais e sedimentos e um aumento da concentração de mercúrio nos sistemas aquáticos e na biota, mesmo em áreas livres da influência antrópica (MOORE, 2000; ULLRICH et al., 2001; KIDD; BATCHELAR, 2012; HURTADO-BANDA et al., 2012).

O mercúrio (Hg) é considerado um dos metais pesados de maior toxicidade presentes no meio ambiente (LOPES, 2012). Naturalmente, pode-se encontrar este elemento nas formas orgânica e inorgânica, no estado sólido, dissolvido e na fase gasosa. Os dados de intoxicação por mercúrio em humanos relatam que a principal

via é através do consumo de peixes, alimento normalmente consumido pelos homens que contém os maiores níveis desse metal (KITAHARA et al. 2000).

A contaminação por mercúrio ocorre principalmente devido ao descarte inadequado do produto, aterros sanitários ou depósitos de produtos sólidos (LACERDA, 1997; DURÃO; WINDMOOLLER, 2008). Outra grande fonte de contaminação é a ação de mineradores e garimpeiros na região Amazônica, que utilizam o metal para separar o ouro de outros elementos quando extraído do leito dos rios. Essa atividade é uma das maiores causas de contaminação de Hg no meio aquático (NEVADO et al., 2010). No ambiente aquático, o metilmercúrio é particularmente preocupante devido à sua potente neurotoxicidade (KIDD; BATCHELAR, 2012; RABELO, 2017).

## 5.2 METILMERCÚRIO E A CONCENTRAÇÃO NOS PEIXES

A avaliação do pescado no Brasil é realizada pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), de acordo com alguns programas, como o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC/Animal). O PNCR é uma ferramenta de gerenciamento de risco adotada pelo MAPA que tem o objetivo de promover segurança química dos alimentos de origem animal produzidos no Brasil. A principal base legal do programa é a Instrução Normativa da Secretaria do Desenvolvimento Agrário, SDA N.º 42, de 20 de dezembro de 1999 (BRASIL, 2017). As análises são realizadas em laboratórios da Rede Nacional de Laboratórios Agropecuários, composta pelos Laboratórios Nacionais Agropecuários (LANAGRO), laboratórios oficiais do MAPA, e outros laboratórios públicos e privados credenciados pelo MAPA. Exige-se acreditação dos laboratórios na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 (BRASIL, 2017).

A aquicultura é um dos sistemas de produção que mais cresce no mundo, dentre as suas diversas práticas, a piscicultura, é um dos principais caminhos de entrada do mercúrio em sistemas aquícolas de produção. Alimentação fornecida e dos processos que ocorrem no ambiente aquático local contribuem para o processo de contaminação. Além disso, os peixes, podem estar expostos ao mercúrio proveniente da deposição atmosférica e dos lençóis freáticos (HURLEY; BINKOWSK, 2006).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) o nível global de consumo de pescados pode variar muito de país para país.

Para as populações insulares, ribeirinhas e nos países que possuem extensas fronteiras marítimas os peixes são considerados alimentos de primeira necessidade (FAO, 2016). Nos últimos anos, o nível de consumo de pescados também tem sido influenciado pela globalização. Avanços nas áreas de transporte, comercialização, distribuição, aquicultura e na ciência trouxeram eficiência e, conseqüentemente, redução nos custos de comercialização, sendo possível aumentar a oferta de pescados, para os consumidores. O mercado que antes apresentava padrões regionais, hoje é mais homogêneo e globalizado (FAO, 2016).

Os maiores produtores de pescado do mundo são os países asiáticos: China, Indonésia, Índia e o Japão considerando dados do ano de 2014 (FAO, 2016). Já o Brasil, em 2011, se encontrava em 19º lugar com 0,75% da produção mundial de pescado, o que equivale a cerca de 1.264.765 toneladas/ano. Os principais destinos para exportação dos pescados brasileiros são os Estados Unidos da América, Tailândia, Espanha, Coreia do Sul e a China, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2014).

Entretanto, apesar de ser de grande importância econômica e nutricional os pescados possuem alta capacidade de bioacumular elementos potencialmente tóxicos tais como, mercúrio (Hg), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e arsênio (As) em seu tecido (MAULVAULT et al., 2011; CANOSANCHO et al., 2015; MATOS et al., 2015). No caso específico do Hg, os peixes são considerados a maior fonte de obtenção deste elemento pelo organismo humano (MAULVAULT et al., 2011., TORRES-ESCRIBANO et al., 2011).

O metilmercúrio (MeHg<sup>+</sup>) é produzido a partir do mercúrio inorgânico por ação de diversos microrganismos específicos no ambiente natural e se bioacumula por meio da cadeia alimentar nos peixes e em outros animais aquáticos, sendo a principal fonte de exposição ao metilmercúrio nas populações em geral por meio da dieta, em particular pelo consumo de pescados, Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013). Há um padrão encontrado em diversos estudos sobre biomagnificação onde as concentrações de Hg encontradas em peixes são maiores conforme aumenta um nível trófico. Espécies herbívoras e detritívoras são conhecidas como tendo os menores índices de Hg, e espécies piscívoras e carnívoras são aquelas com as concentrações mais elevadas (BASTOS et al., 2006; PADOVANI et al., 2006).

Nos peixes, a intoxicação por metais provoca uma série de distúrbios, variando entre diminuição das defesas imunológicas, baixa fertilidade e redução da taxa de crescimento, até patologias que podem levar estes organismos a morte. Especificamente o Hg, em dose elevada causa mutações genéticas, sangramento pelo corpo, distúrbios neurológicos e imunológicos, bem como alterações bioquímicas (LIMA, 2013).

### 5.3 MERCÚRIO PRESENTE NOS PEIXES

O maior risco de contaminação por mercúrio para os organismos está relacionado ao metilmercúrio, e para as pessoas, a exposição significativa ocorre através do consumo de pescado (GOCHFELD, 2003). Esse fenômeno tem sido objeto de muitos estudos que avaliam a concentração de metais pesados em ambientes aquáticos por meio de organismos utilizados como bioindicadores. No processo de bioacumulação, sempre que um organismo contaminado por Hg ocupa um nível inferior em uma cadeia trófica, seu predador absorverá aquele Hg orgânico, mas revelará concentrações comparativamente aumentadas, em consequência do processo de biomagnificação (AZEVEDO, 2003). Os peixes, principalmente predadores de topo de cadeia alimentar, são considerados bons indicadores para a avaliação da poluição por mercúrio e sua biomagnificação (KASPER et al., 2007).

Uma vez que também são recursos pesqueiros, peixes de diferentes espécies de elevado nível trófico tem sido frequentemente usado como bioindicadores de contaminação ambiental por mercúrio (KEHRIG et al., 2002; FERREIRA et al., 2004; WEIS; ASHLEY, 2007). O termo “bioindicador” está relacionado a distúrbios físicos, químicos e estruturais dos ambientes que provoca alterações em certa população, dessa forma ela sinaliza que as condições externas não estão favoráveis e seguras e que medidas corretivas devam ser implementadas para abrandar e restaurar o presente meio (SPILLER et al., 2018). Para uma espécie servir como bioindicadora de poluição ambiental, ela precisa de alguns requisitos, como: ser abundante, frequente e disponível no ambiente, ter um ciclo de vida longo, ser facilmente capturada, possuir características ecológicas bem conhecidas, dentre outros fatores (JOHNSON et al., 1993; ZHOU et al., 2008).

O Amazonas é o estado brasileiro onde se consome a maior quantidade de peixe por ano. Uma pessoa chega a ingerir aproximadamente 155 g de peixe por dia. A

ingestão de peixes e frutos do mar contaminados com mercúrio é a principal fonte de exposição humana ao metilmercúrio, sendo estabelecida em legislação, pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA), em 1998, a comercialização de peixes com valores inferiores a 0,5 mg.kg<sup>-1</sup> para espécies não predadoras e 1 mg.kg<sup>-1</sup> para carnívoras (BAEYENS et al., 2003; NAM; BASU, 2011).

O mercúrio nos sistemas aquáticos é captado por bactérias, fitoplanctons e zooplâncton nas águas e sedimentos. No caso de bactérias, o processo de captação é determinante para que ocorra a metilação e bioacumulação do metal (BECKERS; RINKLEBE, 2017). A formação do metil-mercúrio e sua subsequente bioacumulação na cadeia trófica aquática depende de uma série de fatores tais como temperatura, concentração de bactérias presentes no meio, pH, tipo de solo ou sedimento, concentração de sulfeto, condições de oxirredução do meio, além de variações sazonais (BISITONI; JARDIM, 2004). Estudos de níveis tróficos de peixes e outros organismos aquáticos são muito importantes, pois refletem os padrões de bioacumulação e biomagnificação de toxinas ou poluentes, como o metilmercúrio, em cadeias tróficas (BOISCHIO; HENSEL, 2000; BISI et al., 2012). No Brasil existe vários relatos de contaminação da água e organismos aquáticos por metais pesado que contribuem assim em avaliações de risco à exposição humana a essas toxinas e poluentes. Os processos de bioacumulação e biomagnificação são observados em organismos de diferentes ambientes aquáticos, como estuários, oceanos e rios (KEHRIG et al., 1998; PINHO et al., 2002; KEHRIG et al., 2004; WEIS; ASHLEY, 2007; KEHRIG et al., 2009; SEIXAS et al., 2009).

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

Estudos recentes do Instituto de Ciências do Mar, da Universidade Federal do Ceará (UFC), em alguns peixes do litoral cearense. Os peixes analisados foram o *Scomberomorus cavala* (cavala) e *Scomberomorus brasiliensis* (serra), mais comumente conhecidos como cavala e serra, respectivamente. As concentrações de mercúrio tiveram uma elevação de 2006 a 2009, e se mantiveram no patamar do

período seguinte, de 2009 a 2016. Estes peixes foram usados como referência por serem animais piscívoros, acumulando maior quantidade de metais pesados em seus tecidos, por biomagnificação, além de terem grande procura para consumo humano (BRAGA, 2006; LACERDA, MALM; MALM, 2008; COSTA; LACERDA, 2009).

## **6. AÇÃO DA MINERAÇÃO**

### **6.1 GARIMPO ILEGAL E O USO DO MERCÚRIO NA AMAZÔNIA**

O garimpo de ouro, além de acarretar problemas, como a descaracterização da morfologia original do terreno, a supressão da vegetação e o assoreamento dos cursos d'água, pode gerar rejeitos contendo mercúrio metálico (TANNÚS, 2001). Vale ressaltar que a atividade garimpeira oficial é apenas uma fração da real, dada a quantidade de garimpos ilegais em atividade e sua expansão no Brasil, incluindo Terras Indígenas e Unidades de Conservação na bacia do rio Xingu no estado do Pará (VILLAS-BÔAS, 2012). A política de ocupação do norte do estado do Mato Grosso e estado do Pará, região amazônica, a partir da década de 60, facilitou a instalação de diversas atividades capazes de liberar mercúrio para o meio ambiente, como a mineração e garimpagem de ouro, o desmatamento e as queimadas, o que resultou na incorporação lenta e progressiva do mercúrio em diferentes compartimentos ambientais (SANTOS et al., 2003b). Ainda hoje, estão em atividade inúmeros garimpos ilegais espalhados inclusive por Terras Indígenas e Unidades de Conservação na bacia do rio Xingu no estado do Pará, atividade muito difícil de ser mapeada diretamente (VILLAS-BÔAS, 2012).

Com a expansão descontrolada da mineração ilegal em outros países da Amazônia Legal, como no Peru, destruiu rapidamente áreas florestadas e vêm causando contaminação por Hg em níveis tão elevados que foi necessário declarar estado de emergência no país no ano de 2016 devido aos níveis recordes de contaminação mercurial em população de mineiros e indígenas na fronteira com o Brasil (TEGEL, 2016). A mineração e garimpagem de ouro ilegal é difícil de ser mapeada diretamente, pelos riscos de conflitos ou pela mobilidade dos garimpeiros. Sendo assim, estima-se que a liberação de Hg no ambiente decorrente da mineração e garimpagem de ouro seja maior do que se estima (VILLAS-BÔAS, 2012).

O uso de mercúrio pelos garimpeiros para concentração do ouro na bateia, utensílio artesanal usado pelos garimpeiros na mineração em pequena escala,

justifica a necessidade de estudos adequados sobre esse processo e para descontaminação de áreas poluídas por esse metal. Diversos métodos têm sido desenvolvidos para a remoção de mercúrio de efluentes industriais e de rejeitos do processo de amalgamação. Em geral, os tratamentos envolvem técnicas físico-químicas, como separação por decantação, precipitação química, coagulação, absorção, troca iônica e extração por solvente, eletro-oxidação e flotação. Também estão sendo avaliados métodos biológicos para o tratamento na hidrometalurgia, a biolixiviação, um ramo da bio-hidrometalurgia que utiliza micro-organismos para a obtenção de metais a partir de minérios de baixo teor e rejeitos da mineração, podendo ainda ser aplicada no pré-tratamento de sulfetos minerais para extração de ouro e prata, do concentrado mineral, e para o monitoramento, a remoção e a recuperação por bioabsorção de metais contidos em efluentes líquidos (HIMENES et al., 2005). O mau uso da terra também pode aumentar os níveis de metilação do mercúrio. A erosão pode transportar o mercúrio para corpos d'água locais e contaminar o lençol freático (HIMENES et al., 2005).

## **7. INTOXICAÇÃO POR MERCÚRIO**

O Metilmercúrio é lipossolúvel e a população pode se expor aos compostos do mercúrio pela inalação do ar, pelo consumo de alimentos e água ou pela exposição por contato com a pele. Também tem sido relatada a contaminação por meio de amálgamas dentários (PAVLOGEORGATOS et al., 2002). Intoxicação dos indivíduos por mercúrio apresenta várias consequências tais como danos da visão e da audição, danos à sensibilidade ao toque e a perda do controle muscular (RIBEIRO, 2013). Os efeitos desses elementos quando consumidos acima do limite estabelecido pelo Ministério da Saúde são classificados em agudos: quando provocam vômitos, diarreia, estomatite, tremores e até depressão, ou crônicos: agindo como neurotóxicos, carcinogênicos ou mutagênicos (HASHIM et al., 2014). A preocupação com a população feminina em idade reprodutiva é grande, pois o mercúrio ultrapassa a barreira placentária e podem gerar danos como: microcefalia, hiperreflexia, deficiência visual, auditiva, mental e motora, ocasionando impactos adversos sobre a inteligência e desempenho reduzido na área escolar (HIMENES et al., 2005).



Em 2006, novos estudos do Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), esclareceram que as etapas da vida embrionária e fetal são as mais sensíveis aos efeitos adversos do metilmercúrio. Nesse mesmo estudo ficou estabelecida que os adultos podem ingerir até o dobro desta mesma dieta, sem riscos de neurotoxicidade (JECFA, 2004 e 2006).

Além dessas evidências diversos estudos internacionais demonstram que o mercúrio representa uma ameaça importante para o neurodesenvolvimento infantil, uma vez que, afeta os processos cognitivos que incluem a memória, a atenção, a linguagem, as funções motoras e viso-espaciais; com consequências como a perda da inteligência e sequelas que podem persistir por toda a vida. O que transforma o mercúrio numa séria ameaça à biodiversidade, aos seres humanos e ao desenvolvimento socioeconômico de todos aqueles que tenham contato direto, ou indireto com ele. Como as diferentes formas que este metal pode se apresentar é que determinam sua toxicidade, sendo assim a sua especificação é de grande importância em estudos toxicológicos, ecotoxicológicos e de avaliação de risco. Alguns estudos também mostram os efeitos renais e cardiovasculares e complementam com indicações de que as indicações de tolerância, mesmo os mais baixos, tal como indicados pelos estudos do JECFA, podem ter implicações epidemiológicas arrasadoras para a saúde pública (JECFA, 2004 e 2006).

A literatura sugere também, que a exposição ambiental e ou ocupacional ao mercúrio e a outros metais pesados pode agir como fator desencadeante de formas de neoplasias, por modificação de proteínas, peroxidação de lipídeos e danos ao DNA (CHEN, 2001). Os metais pesados podem carregar na intoxicação de seres humanos, seja pelo contato direto, ingestão acidental ou por meio da cadeia alimentar, uma vez que tais compostos possuem a capacidade de bioacumulação o que afeta toda a cadeia mantendo concentrações maiores nos últimos níveis tróficos, que é o nível onde o ser humano se encontra. Salienta-se que as doses dessas substâncias podem ampliar-se no organismo, fornecendo assim, o risco no desenvolvimento de diversas neoplasias (SILVA, 2019). Primariamente, a pele atua como barreira entre o meio ambiente e o organismo e está exposta a uma série de agentes tóxicos, inclusive a metais pesados. Numerosos estudos têm demonstrado a atividade carcinogênica dos metais sobre a pele humana (BAUDOUIN et al., 2002).

As relações entre mercúrio e outros metais pesados com diversas formas de câncer têm-se tornado uma preocupação. Há evidências disso para neoplasias de pele, como já mencionado, pulmão, fígado, rim, baço, cavidade nasal, medula óssea, laringe, intestino e estômago (RATNAIKE, 2003). Também apresenta potencial para causar comprometimento neurológico do desenvolvimento das crianças ainda no útero ou em fase de amamentação (HOLMES et al., 2009). Acredita-se que o risco da transferência de metil-Hg é particularmente mais elevado durante a gestação, diminuindo durante a lactação (SAKAMOTO et al., 2002).

## **8. A DOENÇA DE MINAMATA**

Em 1908, a indústria de Fertilizante Shin-Nippon Chisso Hiryo K.K. (conhecida também por Nippon Nitrogen Fertilizer) instalou-se na Província de Kumamoto, região em que se localiza a Baía de Minamata. Nos anos de 1930, a fábrica produzia mais de 50% de toda a produção japonesa de acetaldeído e compostos derivados do ácido acético. Posteriormente, em 1941, ela iniciou a produção de cloreto de vinila, responsável por cerca de 90% da arrecadação dos impostos da província e pela manutenção de várias escolas e hospitais. Nesse mesmo período, adotou o nome de Chisso Corporation. A empresa utilizava sulfato de mercúrio como catalisador na produção de ácido acético e derivados, e de cloreto de mercúrio para produzir cloreto de vinila. Como no processo de metilação do acetileno, parte do mercúrio também é metilada, o metal liberado nos efluentes da empresa era despejado diretamente nas águas da Baía de Minamata (JAPAN, 2011). Nos anos de 1950, quase a totalidade da população de felinos da região apresentava sintomas da chamada “doença do gato dançante”, conhecida também como a “febre do gato suicida”. Logo em seguida, em 1952, surgiram os primeiros relatos sobre recém-nascidos, na comunidade de pescadores, com graves problemas neurológicos. Se uma mãe sofrer grande exposição ao metilmercúrio durante a gravidez, o bebê poderá sofrer da doença de Minamata fetal, apresentando, por vezes, sintomas diferentes do adulto acometido pela mesma enfermidade (JAPAN, 2011).

Em 1957, a equipe de Pesquisa Científica relatou que as causas da doença registrada no tocante à desordem cerebral grave seriam decorrentes do envenenamento por algum tipo de substância química ou metal via ingestão de peixe ou marisco capturados na Baía de Minamata. Em 1959, registraram-se os primeiros casos de origem congênita, em que os bebês já nasciam doentes, contaminados pela

placenta materna (JAPAN, 2011). Em 1959, a equipe sugeriu que a doença era causada provavelmente por um derivado orgânico do mercúrio; houve cientistas contrários a essa hipótese. No decorrer do mesmo ano, um pesquisador da Universidade de Kumamoto relatou uma suspeita de envenenamento por mercúrio orgânico, causado por determinados efluentes industriais. Ainda nesse período, a Chisso Corporation instalou um sistema de tratamento de efluentes e um sistema de sedimentação (JAPAN, 2011).

O contato com o metilmercúrio pode resultar em efeitos adversos nos vários sistemas de órgãos em todo o ciclo de vida dos seres humanos e animais. Os sintomas são irreversíveis e podem causar danos no sistema nervoso, visão turva, redução do campo visual, perda de coordenação motora, insensibilidade na pele, dores no corpo, perda auditiva, dificuldade para falar, deterioração do raciocínio, tremor muscular (COMMITTEE ON, 2000; MIRANDA et al., 2007). Ocasionalmente pela liberação do mercúrio orgânico na cadeia alimentar de peixes e frutos do mar, por meio de águas residuais de uma indústria química, a intoxicação assumiu dimensões extremamente graves ao atingir a população local, caracterizando a patologia neurológica conhecida como doença de Minamata. Além do desenvolvimento dessa disfunção congênita, a contaminação resultou em milhares de mortes (TSUDA et al., 2009).

A doença de Minamata, ou hidrargirismo, surge da intoxicação por mercúrio e resulta em graves danos neurológicos nos seres humanos. O primeiro caso, identificado em 1956, com sintomas debilitantes do sistema nervoso, apareceu na cidade de Minamata, no Japão. Por meio dos estudos a respeito, chegou-se à conclusão de que a doença era causada pelo envenenamento por mercúrio, consequência do frequente despejo de resíduos químicos, especialmente metais pesados, pela indústria química Chisso Corporation. A exposição da população local ao metilmercúrio causou paralisia em pés e mãos, distúrbios nervosos, má formação de fetos entre outros problemas. Até 1997, mais de quarenta anos após o primeiro registro, o número de vítimas fatais havia chegado a 887 e 2209 registros da doença que ficou conhecida como “Doença de Minamata” (BUENO; JARDIM, 2000; MIRANDA et al., 2007; MICARONI; BAIRD; CANN, 2011).

Outros casos de contaminação ocorreram na década de 70 no Iraque, Paquistão, Gana e Guatemala onde agricultores e familiares que utilizavam grãos tratados com fungicidas à base de metilmercúrio na fabricação de pão caseiro. Particularmente no

Iraque, 6.530 pessoas foram hospitalizadas e 459 mortes foram registradas nos hospitais do país (MIRANDA et al., 2007). O incidente decorreu indiretamente de uma iniciativa da cooperação internacional para a redução da fome, em que diversas nações desenvolvidas enviaram grãos de trigo destinados ao plantio no Iraque, a fim de auxiliar as famílias em necessidade segundo a United Nations Environmental Programme (UNEP, 2002). As sementes de trigo haviam sido tratadas com um fungicida contendo metilmercúrio para deter o crescimento de fungos e preservar as sementes antes do plantio, as quais também foram tingidas de vermelho como uma forma de aviso. Há informações no sentido de que ocorreram algumas tentativas de esclarecer a população do Iraque sobre os perigos de ingerir as sementes destinadas ao plantio. Infelizmente, as advertências nos sacos de sementes se encontravam em espanhol, pois uma parte dos grãos era proveniente do México, e o símbolo do crânio e ossos cruzados grafados na rotulagem de produtos químicos, reconhecida pelos ocidentais como símbolo de alerta sobre a presença de veneno, não possuía nenhum significado para os iraquianos à época (UNEP, 2002).

### 8.1 A CRIAÇÃO DA CONVENÇÃO DE MINAMATA

As origens do debate político em torno da necessidade de instituição de um tratado versando sobre a problemática da contaminação pelo mercúrio remetem a fevereiro de 2001. Nessa ocasião, o Conselho de Administração do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (CA/PNUMA), em sua 21ª Sessão do Conselho de Administração e do Fórum Global de Ministérios de Meio Ambiente (GC/GMEF), por meio da Decisão 21/5 e com base no princípio da precaução, determinou que se realizasse uma avaliação global sobre o mercúrio e seus compostos, tendo em vista a premência de ações preventivas para a proteção da saúde humana e do meio ambiente (UNEP, 2001).

O nascimento da doença de Minamata, assim como os diversos incidentes provocados pela liberação do mercúrio no meio ambiente, configurando-se como crises de saúde pública em grande escala, chamaram a atenção para a urgência e dimensão do problema. Em 1972, os delegados da Conferência de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano conheceram os estudantes japoneses da escola secundária Shinobu Sakamoto, os quais nasceram com deficiências e doenças como resultado do envenenamento por metilmercúrio no útero materno. Assim, o PNUMA foi criado logo a seguir, em dezembro daquele ano (UNEP, 2002).

As negociações que fizeram parte da Convenção de Minamata sobre Mercúrio (CMM) resultaram em um tratado que abrange o mercúrio em todo o seu ciclo de vida. A CMM é composta por trinta e cinco artigos e cinco anexos, divididos da seguinte forma: dezessete artigos técnico-científicos, catorze artigos políticos e quatro artigos transversais, que, no total, englobam tanto questões técnico-científicas como políticas (CMM, 2013).

O preâmbulo da Convenção de Minamata reconhece que o mercúrio é uma substância química de preocupação global devido à sua propagação atmosférica de longa distância e a persistência com que permanece no meio ambiente depois de introduzido pelo homem. Trata-se de substância que apresenta a habilidade de se bioacumular nos ecossistemas, com efeitos significativamente negativos para a saúde humana e o meio ambiente. Esse relatório preliminar menciona a Decisão 25/5 do CA/PNUMA e o Artigo 221º, presente no documento “O Futuro que Queremos”, que conclamava um resultado exitoso sobre um futuro tratado regulador do uso do mercúrio que abordasse os riscos à saúde humana e ao meio ambiente (CMM, 2013).

Em decisão da Assembleia Mundial da Saúde (AMS), solicitou-se aos Ministérios de Saúde dos países membros da OMS, a constituição de medidas necessárias para assinar, ratificar e implementar a CMM. Requisitou-se também o reconhecimento das relações existentes entre o meio ambiente e a saúde pública no contexto da implementação da CMM e do desenvolvimento sustentável. Os Ministérios de Saúde dos países que fazem parte do tratado também deverão assegurar os serviços de promoção e divulgação dos aspectos relativos ao setor junto às populações expostas ao mercúrio e seus compostos, como também às vítimas que já se encontram em tratamento por conta da contaminação (AMS, 2014).

Os Ministérios de Saúde e os Ministérios de Meio Ambiente dos Estados-parte devem estabelecer uma cooperação estreita com o objetivo de implementar todos os aspectos relacionados à CMM. Outros órgãos que compõem essas nações poderão ser chamados a cooperar, tais como os Ministérios do Trabalho, da Indústria, da Economia, da Agricultura. As instituições governamentais de saúde são chamadas a facilitar o intercâmbio de informações epidemiológicas sobre impactos associados à exposição ao mercúrio e a seus compostos (AMS, 2014).

## 9. RESULTADO

Bioacumulação é o fenômeno, bem como o processo, em que certos isótopos, elementos ou ligas estão presentes nos organismos (ou são ingeridos) em concentrações mais altas que num determinado compartimento do meio ambiente, incluindo também a alimentação. Não define por qual caminho a substância entra no organismo: se diretamente do meio (água, ar, solo) através de epitélios receptores, ou seja, pelas raízes, folhas, pulmão ou pele ou no caso de animais, pelos alimentos contaminados. A bioacumulação pode ser entendida como um termo superior, que engloba a bioconcentração (absorção direta pela pele, guelra ou pulmão) e a biomagnificação (absorção por meio da ingestão de água ou alimentos) (KNIE; LOPES, 2004).

Convenção de Minamata sobre o Mercúrio (CMM) visou, por sua denominação, chamar a atenção para a problemática, sendo instituída, então, pela premência de se reduzir a liberação e a produção de mercúrio em âmbito global. O processo de negociação da CMM se deu por meio de cinco sessões do Comitê Intergovernamental Negociador, mais conhecido pela sigla em inglês INC (International Negotiation Committee), sob a égide do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), e foi reafirmado como uma prioridade durante a Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), em 2012 (ONU, 2012).

Na região Amazônica, avaliaram a contaminação pelo Hg por meio da exposição ocupacional dos garimpeiros, e revelaram que não só estes, mas também seus familiares, apresentavam taxas de Hg na urina estatisticamente distintas das observadas em população controles. Os índios da região também foram analisados e 24% deles apresentavam níveis de MeHg superior a  $10 \mu\text{gHg.g}^{-1}$ , contra 6% dos garimpeiros. Apesar de os índios não terem contato direto com o processo do garimpo, estima-se que a contaminação pelo Hg ocorreu pela ingestão de peixes contaminados pela água (GONÇALVES; GONÇALVES, 2004).

## 10. DISCUSSÃO

Analisar bioconcentrações de metais em organismos aquáticos é importante, visto que efeitos tóxicos se correlacionam mais fortemente com concentrações internas do que de exposição. A relação concentração-efeito baseada em concentrações internas é menos variável entre diferentes espécies e condições

ambientais, isso porque a assimilação de substâncias depende de sua biodisponibilidade (MCELROY et al., 2011).

Alguns outros trabalhos também mostraram que a exposição pré-natal ao metilmercúrio (MeHg) é mais danosa ao tecido cerebral que pós-natal pelo aleitamento mostraram que ocorre uma redução dos níveis desse elemento circulantes após o parto, fato que pode ser atribuído à falta de transferência de MeHg pelo sangue umbilical (SAKAMOTO et al., 2002), entretanto, a presença do mesmo no leite materno já foi constatada em estudos com leite humano, evidenciando a contaminação por esta via (PARK et al., 2018).

Em um estudo brasileiro de 1992, os trabalhadores de uma fábrica de lâmpadas em Santo Amaro, São Paulo, foram avaliados quanto a problemas neuropsicológicos. Na área de produção com lâmpadas quebradas (com conseqüente liberação de mercúrio na atmosfera), foram encontradas gotas de mercúrio no chão e em máquinas, exaustão precária, calor excessivo (favorecendo a rápida evaporação do mercúrio), falta de filtros nas saídas de exaustão, reutilização dos tubos de lâmpadas parcialmente quebradas e contaminadas por mercúrio. A produção média era de 10.000 lâmpadas por dia, com quebra de aproximadamente 10% deste total. A pesquisa encontrou 85,9% trabalhadores intoxicados (ZAVARIZ; GLINA, 1992).

As áreas costeiras onde os camarões são capturados ou cultivados podem ser alvo de contaminação por metais pesados, principalmente se forem áreas muito urbanizadas e industrializadas (KÜTTEL et al., 2009). Organismos aquáticos em geral adquirem contaminantes do ambiente pela ingestão de material particulado em suspensão ou sedimentos, ou pela troca iônica de contaminantes dissolvidos através de membranas lipofílicas como as brânquias em peixes, ou pela adsorção em tecidos e superfícies de membranas (CARNEIRO et al., 2011). Tal fenômeno é conhecido como bioacumulação e ocorre em invertebrados, peixes e mamíferos, podendo ocorrer em plantas aquáticas (WANG; RAINBOW, 2008). A característica bentônica e detritívora do camarão torna esse animal um possível acumulador de Hg e um excelente biomarcador de contaminação ambiental. O acúmulo de Hg em camarões ocorre, preferencialmente, no cefalotórax do animal, local em que está o hepatopâncreas, órgão com importante função detoxificadora. Uma vez consumido por humanos ou outros animais, o camarão passa a ser um risco de saúde pública (MORAES et al., 2000).

## 11. CONCLUSÃO

A grande conscientização dos consumidores de pescado tem elevado a profissionalização deste setor, tanto nos cenários nacional e internacional do comércio de peixes. Devido á variedade de intoxicação causadas pelo consumo de peixes contaminados por mercúrio, realizam-se muitos estudos a fim de minimizá-las e alertar o ser humano quanto a sua ocorrência. Estes estudos visam quantificar concentração de metil mercúrio, classificando o pescado como próprio ou impróprio para o consumo humano, de acordo com as concentrações máximas permitidas pelos órgãos de controle e vigilância sanitária.

O conhecimento do que será consumido é de ampla importância para o consumidor, ter conhecimento de onde foi cultivado, como foi produzido, embalado e comercializado faz toda a diferença assim como a ciência da atuação dos órgãos responsáveis. Tais detalhes são levados em consideração principalmente quando saberemos que a saúde do ser humano está sendo testada, os cumprimentos das leis resultam em produtos de qualidade que evitaram possíveis problemas de saúde, causadas por contaminação de produtos.

## REFERÊNCIAS

ABABOUCHE L. Fisheries and Aquaculture topics. Composition of fish. Topics Fact Sheets. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome: FAO; 2005 [cited 2012 Oct 20]. Available from:<http://www.fao.org/fishery/topic/12318/en>

ASCHNER, M. Neurotoxic mechanisms of fish-borne methylmercury. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, n. 12, p. 101-104, 2002.

ATLI, G.; CANLI, M. 2010. Response of antioxidant system of freshwater fish *Oreochromis niloticus* to acute and chronic metal (Cd, Cu, Cr, Zn, Fe) exposures. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73: 1884-1889.

AZEVEDO, F. A. Toxicologia do mercúrio. São Paulo: RIMA/InterTox, 2003.



BAEYENS, W.; LEERMAKERS, M.; PAPINA, T.; SAPRYKIN, A.; BRION, N.; NOYEN, J.; GIETER, M. DE; ELSKENS, M. **Bioconcentration and biomagnification of mercury and methylmercury in North Sea and Scheld Estuary Fish**. Arch. Environ. Contam. Toxicol, v.45, p. 498 – 508, 2003.

BAIRD, C.; CANN, M. Metais pesados tóxicos. In: **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Cap. 15, p. 686-734.

BARWICK, M., MAHER, W. (2003). Biotransference and biomagnification of selenium, cooper, cadmium, zinc, arsenic and lead in a temperate seagrass ecosystem from Lake Macquarie Estuary, NSW, Australia. Marine Environmental Research, Vol. 56, No. 4, p.471 – 502.

BASTOS, W.R., GOMES, J.P.O., OLIVEIRA, R.C., ALMEIDA, R., NASCIMENTO, E.L., BERNARDI, J.V.E., LACERDA, L.D., SILVEIRA, E.G.; PFEIFFER, W.C. 2006. Mercury in the environment and Riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Science of the Total Environment*, 368:344-351.

BAUDOUIIN, C. et. al.. Environmental pollutants and skin cancer. **Cell Biology and Toxicology**, Netherlands, v. 18, n. 5, p. 341-348. 2002.

BECKERS, F.; RINKLEBE, J. Cycling of mercury in the environment: Sources, fate, and human health implications: A review. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 47, n. 9, p. 693–794, 3 maio 2017.

BISI, T. L.; LEPOINT, G.; AZEVEDO, A. F.; DORNELES, P. R.; FLACH, L.; DAS, K.; MALM, O.; LAILSON-BRITO, J. **Trophic relationships and mercury biomagnification in Brazilian tropical coastal food webs**. Ecol. Indic. v. 18, p. 291 – 302, 2012.

BISINOTI, M. C.; JARDIM, W. F. 2004. O comportamento do Metilmercúrio (MetilHg) no ambiente. *Química Nova*, v. 27, n.4, p. 593-600.

BOISCHIO, A. A. P.; HENSHEL D. **Fish consumption, fish lore, and mercury pollution**: risk communication for the Madeira River people. Environ Res Sect A, v. 84, p. 108 – 26, 2000.

BRAGA, T. M. B. **Aspectos preliminares da contaminação de mercúrio em peixes comercializados na praia do mucuripe, Fortaleza e no estuário do**

rio Jaguaribe, CE. 2006. Depto. de Engenharia de Pesca, Centro de Ciências Agrária, Universidade Federal do Ceará, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano nacional de controle de resíduos e contaminantes PNCRC / animal*. [Brasília]: 2017.

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

CANO-SANCHO, G., PERELLÓ, G., MAULVAULT, A. L., MARQUES, A., NADAL, M., & DOMINGO, J. L. Oral bioaccessibility of arsenic, mercury and methylmercury in marine species commercialized in Catalonia (Spain) and health risks for the consumers. **Food and Chemical Toxicology**, v. 86, p. 34-40, 2015.

CARNEIRO, C.S.; MÁRSICO, E.T.; JESUS, E.F.O. *et al.* Trace elements in fish and oysters from Sepetiba bay (Rio de Janeiro – Brazil) determined by Total Reflection X-ray Fluorescence using synchrotron radiation. *Chemistry and Ecology*, v.27 n.1, p.1-8, 2011.

CARRINGTON, C. D.; BOLGER, M.P. An Exposure Assessment for Methylmercury from Seafood for Consumers in the United States. *Risk Analysis*, v. 22, n. 4, p. 689-699, 2002.

CHEN, F. *et. al.* Cell apoptosis induced by carcinogenic metals. **Molecular and Cellular Biochemistry**, Netherlands, v. 222, n. 1-2, p. 183-188. 2001.

CHOUVELON, T.; Brach-Papa, C.; Auger, D.; Bodin, N.; Bruzac, S.; Crochet, S.; Degroote, M.; Hollanda, S. J.; Hubert, C.; Knoery, J.; Munsch, C.; Puech, A.; Rozuel, E.; Thomas, B.; West, W.; Bourjea, J.; Nikolic, N. 2017. Chemical contaminants (trace metals, persistente organic pollutants) in albacore tuna from western Indian and south-eastern Atlantic Oceans: Trophic influence and potential as tracers of populations. *Sci. Total Environ.*, 596–597: 481–495. (doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.048).

COMMITTEE ON THE TOXICOLOGICAL EFFECTS OF METHYLMERCURY; BOARD ON ENVIRONMENTAL STUDIES AND TOXICOLOGY; NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Toxicological effects of methylmercury**. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

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

COSTA, B.G., DE LACERDA, L.D. Concentração de mercúrio total em Cavala, *Scomberomorus cavalla*, e Serra, *Scomberomorus brasiliensis*, comercializadas nas bancas de pescado do Mucuripe, Fortaleza, Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 42, n. 1, p. 22-29, 2009.

DEBES, F., BUDTZ-JØRGENSEN, E., WEIHE, P., WHITE, R.F., GRANDJEAN, P. Impact of prenatal methylmercury exposure on neurobehavioral function at age 14 years. *Neurotoxicology and Teratology*, v. 28, n. 5, p. 536–547, 2006.

DOMINGOS, F.X.V. et al. Multibiomarker assessment of three Brazilian estuaries using oysters as bioindicators. *Environmental Research*, v. 105, p. 350–363, 2007.

DURÃO JR, W.A. e WINDMOOLLER, C. C. A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. *Química Nova na Escola*, p. 15-19, n. 28, maio 2008.

FERREIRA, A. G.; FARIA, V. V.; CARVALHO, C. E. V. DE; LESSA, R. P. T. & SILVA, F. M. S. Total mercury in the night shark, *Carcharhinus signatus* in the western equatorial Atlantic Ocean. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 4, p. 629-634, 2004.

FINAL ACT OF THE CONFERENCE OF PLENIPOTENTIARIES ON THE MINAMATA CONVENTION ON MERCURY. UNEP(DTIE)/Hg/CONF/4. In: CONFERENCE OF PLENIPOTENTIARIES ON THE MINAMATA CONVENTION ON MERCURY, 2013, Kumamoto, Japan. Geneva: UNEP, 2013a.

FISK, A.T.; HOBSON, K.A.; NORSTROM, R.J. 2001. Influence of chemical and biological factors on trophic transfer of persistent organic pollutants in the North Water Polynya marine food web. *Environ. Sci. Technol.*, 35: 732–738. (doi: 10.1021/es001459w).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries dept. The state of world fisheries and aquaculture, 2016. Food & Agriculture Org, 2016. Disponível em:

<<http://www.fao.org/3/d1eaa9a1-5a71-4e42-86c0-f2111f07de16/i3720e.pdf>>

Acesso em: 02 de Abril. 2016.

GOCHFELD, M. Cases of mercury exposure, bioavailability, and absorption. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 56, n. 1, p. 174–179, 2003.

GONÇALVES, A.; GONÇALVES, N.N.S. Exposição humana ao mercúrio na Amazônia brasileira: uma perspectiva histórica. *Rev. Panam. Salud Publica/Pan Am J. Public Health*, v. 15, p. 415-419, 2004.

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

HIMENES, G. F.; TUTUNJI, V. L. ***Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* resistentes ao mercúrio: bioindicadores de contaminação mercurial em ambientes aquáticos**. Monografia (graduação) Curso de Biologia: Centro Universitário de Brasília, 2005.

HOLMES, P.; JAMES, K. A. F. & LEVY, L. S. Is low-level environmental mercury exposure of concern to human health? **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 2, p. 171–182, 2009.

HURLEY, J. & BINKOWSKI, F. 2006. Fish, mercury, and aquaculture. University of Wisconsin Sea Grant Institute.

HURTADO-BANDA, R.; GOMEZ-ALVAREZ, A.; MÁRQUEZ-FARÍAS, J. F.; CORDOBA-FIGUEROA, M.; NAVARRO-GARCÍA, G. & MEDINA-JUÁREZ, L. Á. Total mercury in liver and muscle tissue of two coastal sharks from the northwest of Mexico. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 88, n. 6, p. 971-975, 2012.

HYLANDER, L. D.; MEILI, M. 2003. 500 years of mercury production: global annual inventory by region until 2000 and associated emissions. *The Science of the Total Environment*, 304: 13-27.

JABEEN, G.; JAVED, M.; AZMAT, H. 2012. Assessment of heavy metals in the fish collected from the river Ravi, Pakistan. *Pakistan Veterinary Journal*, 32: 107-111.

JECFA (2004) Methylmercury. In: Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Report of the 61st Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. WHO Technical Report Series 922 pp 132-139. [http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_922.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_922.pdf)

JECFA (2006) Methylmercury. Summary and conclusions of the 67th Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. WHO Technical Report Series 940 (in press). [www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/summary67.pdf](http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/summary67.pdf)

JOHNSON, R. K.; WIEDERHOLM, T. & ROSENBERG, D. M. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**, p. 40-158, 1993.

KASPER, D.; BOTARO, D.; PALERMO, E. F. A. & MALM, O. Mercúrio em peixes fontes e contaminação. **A ecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 2, p. 228-239, 2007.

KEHRIG, H. A.; BRITO Jr., J. L, MALM, O; MOREIRA, I. **Methyl and total mercury in the food chain of a tropical estuary-Brazil**. *RMZ - Materials and Geoenvironment*, v. 51, p.1099-1102, 2004.

KEHRIG, H. A.; COSTA, M.; MALM, O. & MOREIRA, I. Total and methylmercury in a Brazilian estuary, Rio de Janeiro. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, n. 10, p. 1018-1023, 2002.

KEHRIG, H. A.; MALM, O.; MOREIRA, I. **Mercury in a widely consumed fish *Micropogonias furnieri* (Demarest, 1823) from four main Brazilian estuaries**. *Science of the Total Environment*, v. 213, p. 263 – 271, 1998.

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

KEHRIG, H.A.; FERNANDES, K.W.G.; MALM, O.; SEIXAS, T.G.; DE BENEDITO, A.P.M.; SOUZA, C.M.M. **Transferência trófica de mercúrio e selênio na costa norte do Rio de Janeiro**. *Química Nova*, v. 32, p. 1822 – 1828, 2009.

KIDD, K. A. e BATCHELAR, K. Mercury. In: Wood CM, Farrell AP, Brauner CJ, editors. **Homeostasis and toxicology of non-essential metals** (Fish Physiology Volume 31b). Amsterdam: Elsevier Press; 2012. p. 238–95.

KITAHARA, S.E.; OKADA, I.A.; SAKUMA, A.M.; ZENEBO, O.; JESUS, R.S. & TENUTA FILHO, A. 2000. Mercúrio total em pescado de água-doce. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 20: 267-273.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações. Florianópolis: FATMA / GTZ, p. 289, 2004.

KÜTTER, V.T.; MIRLEAN, N.; BAISCH, P.R.M. *et al.* Mercury in freshwater, estuarine and marine fishes from Southern Brazil and its ecological implication. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.159, n.1-4, p.35-42, 2009.

LACERDA, L. D. de; MALM, O.; MALM, O. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 173–190, 2008.

LACERDA, L.D. Contaminação por mercúrio no Brasil: fontes industriais vs garimpo de ouro. *Química Nova*, v. 20, n. 2, p. 196-199, 1997

LAHAYE, V.; BUSTAMANTE, P.; SPITZ, J.; DABIN, W.; DAS, K.; PIERCE, G.J.; CAURANT, F. 2005. Longterm dietary segregation of short-beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) in the Bay of Biscay determined using cadmium as an ecological tracer. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 305: 275–285. (doi: 10.3354/meps305275).

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

LESSONS FROM MINAMATA DISEASE AND MERCURY MANAGEMENT IN JAPAN. Tokyo: Environmental Health Department, 2011. 51p.

LIMA, D. P. Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Amazônia, Brasil. *Amazonas*, 147. p, 2013.

LOPES, D. N. M. Mercúrio total em peixes do rio Jaguaribe – Jusante do dique de Itaiçaba/CE. Fortaleza, p. 12-38. 2012.

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

MAULVAULT, A. L., MACHADO, R., AFONSO, C., LOURENÇO, H. M., NUNES, M. L., COELHO, I., ... & MARQUES, A. Bioaccessibility of Hg, Cd and as in cooked black scabbard fish and edible crab. *Food and Chemical Toxicology*, v. 49, n. 11, p. 2808-2815, 2011.

MCELROY, A.E.; BARRON, M.G.; BECKVAR, N.; KANE DRISCOLL, S.B.; MEADOR, J.P.; PARKERTON, T.F.; PREUSS, T.G.; STEEVENS, J. A. A review of the tissue residue approach for organic and organometallic compounds in aquatic organisms. *Integr. Environ. Assess. Manag.* v. 7, n. 1, p. 50–74, 2011.

MCKELVEY, P. et al. A biomonitoring study of lead, cadmium, and mercury in the blood of New York city adults. *Environmental Health Perspectives*, n. 115, p. 1435-41, 2007.

MERT, R.; ALAS, A.; BULUT, S.; ÖZCAN, M.M. 2014. Determination of heavy metal contents in some freshwater Fishes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186: 8017–8022.

MICARONI, R. C. C. M.; BUENO, M. I. M. S.; JARDIM, W. F. Compostos de Mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. *Química Nova*, n. 23, v. 4, p. 487-495, 2000.

MIRANDA, M. R.; COELHO-SOUZA, S. A.; GUIMARÃES, J. R. D.; CORREIA R. R. S.; OLIVEIRA D. Mercúrio em sistemas aquáticos: fatores ambientais que afetam a metilação. *O ecologia Brasiliensis*, v. 11, n. 2, p. 240-251, 2007.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. Página Eletrônica, <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biosseguranca/organismos-geneticamente-modificados/item/7512> Acessada em junho de 2013.

MONSERRAT J. M. et al. Pollution biomarkers in estuarine animals: critical review and new perspectives. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology Pharmacology*, v.146, p. 221-234, 2007.

MOORE, J. C. A review of mercury in the environment (its occurrence in marine fish). Office of Environmental Management. Marine Resources Division, **South Carolina Department of Natural Resources**. 2000.

MORAES, R.B.C.; PFEIFFER, W.C.; GUIMARÃES, J.R.D. *et al.* Development of sediment toxicity test with tropical penaeid shrimps. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.19, n.7, p.1881-1884, 2000.

NAM, D.; BASU, N. **Rapid methods to detect organic mercury and total selenium in biological samples**. Chemistry Central Journal, v. 5(1), 3 p., 2011.

NEVADO, J. B., MARTÍN-DOIMEADIOS, R. R., BERNARDO, F. G., MORENO, M. J., HERCULANO, A. M., DO NASCIMENTO, J. L. M., & CRESPO-LOPEZ, M. E. Mercury in the Tapajós River basin, Brazilian Amazon: a review. *Environment International*, v. 36, n. 6, p. 593-608, 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **O futuro que queremos**. In: RIO+20. CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2012, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: ONU, 2012.

PADOVANI, C.R., FORSBERG, B.R.; PIMENTEL, T.P. 2006. Contaminação mercurial em peixes do rio Madeira: Resultados e recomendações para consumo humano. *Acta Amazônica*, 25:127-136.

PARK, Y., LEE, A., CHOI, K., KIM, H.J., LEE, J.J., CHOI, G., KIM, S., KIM, S.Y., CHO, G.J., SUH, E., KIM, S.K., EUN, S.H., EOM, S., KIM, S., KIM, G.H., MOON, H.B., KIM, S., CHOI, S., KIM, Y.D., KIM, J., PARK, J.. Exposure to lead and mercury through breastfeeding during the first month of life: A CHECK cohort study. *The Science of the total environment*, v. 612, p. 876–883, 2018.

PAVLOGEORGATOS, G.; KIKILIAS, V. The Importance of Mercury Determination and Speciation to the Health of the General Population. *Global Nest: The International Journal*, Greece, v. 4, n. 2-3, p. 107-125. 2002.

PEREIRA, P.; PABLO, H.; PACHECO, M. 2010. Vale The relevance of temporal and organ specific factors on metals accumulation and biochemical effects in feral fish (*Liza aurata*) under a moderate contamination scenario. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73: 805-816.



PINHO, A. P.; GUIMARÃES, J. R. D.; MARTINS, A. S.; COSTA, P. A. S.; OLAVO, G.; VALENTIN, J. **Total mercury in muscle tissue of five shark species: effects of feeding habits, sex, and length.** *Environmental Research*, v. 89, p. 250-258, 2002.

RABELO, J. N. Concentração de mercúrio total nas raias *Hypanus americanus* e *Hypanus guttatus* e avaliação de risco pelo seu consumo. Dissertação - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

RAINBOW, P.S. 2002. Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? *Environ. Pollut.*, 120: 497–507. (doi: 10.1016/S0269-7491(02)00238-5).

RATNAIKE, R. N. Acute and chronic arsenic toxicity. **Postgraduate Medical Journal**, United Kingdom, v. 79, p. 391-396. 2003.

RIBEIRO, MARCOS. **Contaminação do solo por metais pesados.** Universidade de Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Faculdade de Engenharia. Engenharia do Ambiente. Portugal. Lisboa, 2013.

ROCHA, C.H. B.; AZEVEDO, L. P. de. Avaliação da presença de metais pesados nas águas superficiais da Bacia do Córrego São Mateus, Juiz de Fora (MG), Brasil. *Revista Espinhaço*, v. 4, n. 2, p. 33-44, 2015.

SAKAMOTO, M.; KAKITA, A.; WAKABAYASHI, K.; TAKAHASHI, H.; NAKANO, A. & AKAGI, H.. Evaluation of changes in methylmercury accumulation in the developing rat brain and its effects: A study with consecutive and moderate dose exposure throughout gestation and lactation periods. **Brain Researchn.** v. 949, n.1–2, p. 51–59, 2002.

SANGA, R. N.; BARTELL, S. M.; PONCE, R. A.; BOISCHIO, A. A. P.; JOIRIS, C. R.; PIERCE, C. H.; FAUSTMAN, E. M. Effects of Uncertainties on Exposure Estimates to Methylmercury: A Monte Carlo Analysis of Exposure Biomarkers versus Dietary Recall Estimation. *Risk Analysis*, v. 21, n. 5, p. 859-868, 2001.

SANTOS, E.C.O., JESUS, I.M., BRABO, E.S., FAYAL, K.F., SÁ-FILHO, G.C., LIMA, M.O., MIRANDA, A.M.M., MASCARENHAS, A.S., SÁ, L.L.C., SILVA, A.P., CÂMARA, V.M., 2003b. Exposição ao mercúrio e ao arsênio em Estados da Amazônia: síntese dos estudos do Instituto Evandro Chagas/FUNASA. *Revista Brasileira de Epidemiologia* 6(2), 171-185.

SANTOS, I. R. et al. Baseline mercury and zinc concentrations in terrestrial and coastal organisms of Admiralty Bay, Antarctica. *Environmental Pollution*, n. 140, p. 304-311, 2006.

SCHLACHER T. A. et al. Fish track wastewater pollution to estuaries. *Oecologia*, v. 144, p. 570-584, 2005.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO AS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE) **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura – Brasil 2014.**

SILVA, G. R. R., RUDY, J. T., MATOS, K. F. R., SILVA, E. L., & GURGEL, H. D. C. (2019). Análise dos possíveis efeitos na incidência de neoplasias referentes a intoxicação por metais pesados após o desastre ambiental da Samarco em Mariana-MG. In: Simpósio Nacional de Geografia da Saúde, 9, Blumenau - SC.

SPILLER, MÁRCIA SOARES; SPILLER, CLAITON; GARLET, JULIANA. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Revista Agroambiente On-line**, v. 12, n. 1, p. 41-57, 2018.

STARK, J. S. Heavy metal pollution and macrobenthic assemblages in soft sediments in two Sydney estuaries, Australia. *Australian Journal MarineFreshwater Reseach*, v.49, p. 533-540, 1998.

SUMMARY OF THE DIPLOMATIC CONFERENCE OF PLENIPOTENTIARIES ON THE MINAMATA CONVENTION ON MERCURY AND ITS PREPARATORY MEETING: 7-11 october 2013b. *Earth Negotiations Bulletin*, v. 28, n. 27, oct. 2013b. 16 p. Disponível em: Acesso em: 20 mar. 2015.

TANNÚS, M. B. et al. Projeto Paracatu: concepção e resultados preliminares. **Jornada Internacional sobre el Impacto Ambiental del Mercurio Utilizado por la Minería Aurífera Artesanal em Iberoamérica**. Setembro de 2001. Lima, Peru: CYTED, 2001.

TEFFER, A.K.; STAUDINGER, M.D.; TAYLOR, D.L.; JUANES, F. 2014. Trophic influences on Mercury accumulation in top pelagic predators from offshore New England waters of the northwest Atlantic Ocean. *Mar. Environ. Res.*, 101: 124–134. (doi: 10.1016/j.marenvres.2014.09.008).

TEGEL, S. 2016. Peru Declares State of Emergency in Its Jungles Due to Rampant Mercury Poisoning. (<https://news.vice.com/article/peru-declares-state-of-emergency-in-its-jungles-dueto-rampant-mercury-poisoning>). Acesso em 14/02/2016.

TORRES-ESCRIBANO, S., RUIZ, A., BARRIOS, L., VÉLEZ, D., & MONTORO, R. Influence of mercury bioaccessibility on exposure assessment associated with consumption of cooked predatory fish in Spain. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 6, p. 981-986, 2011.

TSUDA, T., YORIFUJI, T., TAKAO, S., SUZUKI, E., & HARADA, M. (2009). Conteúdo total de mercúrio no cabelo e sinais neurológicos: dados históricos de minamata *Epidemiology* , 20 (2), 188-193. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318190e73f>

ULLRICH, S.; TANTON, T. e SVETLANA, A. Mercury in the aquatic environment: a review of factors affecting methylation. **Critical reviews in environmental science and technology**, v. 31, n. 3, p. 241-293, 2001.

UNEP Chemicals, Global mercury assessment. Geneva 2002. 270 p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. UNEP. **Mercury decision**. **Nairobi**: UNEP, [s.d.]. filme (2 min), son., color. Disponível em: <<http://www.unep.org/flvPlayer/videoplayer.asp?id=445&l=en>>. Acesso em: 20 mar. 2015. Decision 21/5, *Governing Council, Nairobi*, 2001.

VILLAS-BÔAS, A. (Org.), 2012. De Olho na Bacia do Xingu (Série Cartô Brasil Socioambiental, n. 5). Instituto Socioambiental, São Paulo, 61p.

WANG, W.X.; RAINBOW, P.S. Comparative approaches to understand metal bioaccumulation in aquatic animals. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v.148, n.4, p.315-323, 2008.

WANG, W-X. 2002. Interaction of trace metal and different marine food chains. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 243: 295-309. (doi:10.1016/0045-6535(89)90501-8).

WEIS, P. & ASHLEY, J. T. F. Contaminants in fish of the Hackensack Meadowlands, New Jersey: size, sex, and seasonal relationships as related to health risks. **Archives of environmental contamination and toxicology**, v. 52, n. 1, p. 80-89, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Draft global strategy and targets for tuberculosis prevention, care and control after 2015. Decisão WHA67.11. In: ASSEMBLEIA MUNDIAL DA SAÚDE, 67., 2014, Geneva.

ZAVARIZ C, GLINA DMR. Avaliação clíniconeuro-psicológica de trabalhadores expostos a mercúrio metálico em indústria de lâmpadas elétricas. Rev Saude Publica 1992;26(5):356-65.

ZHOU, Q.; ZHANG, J.; FU, J., SHI, J. & JIANG, G. Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. **Analytica chimica acta**, v. 606, n. 2, p.135-150, 2008.