



## **Riscos Potenciais à Saúde Humana e Ambiental com o uso do Mercúrio na Atividade de Garimpo Artesanal de Ouro no Alto Rio Madeira, Amazônia Ocidental**

Potential Risks to Human Health and Environmental with the Use of Mercury in the Artisanal Gold Mining Activity in the Upper Madeira River, Western Amazon

Riesgos Potenciales para la Salud Humana y Ambiental con el Uso de Mercurio en la Actividad de Minería de Oro Artesanal en el Alto Río Madeira, Amazonía Occidental

Roberto Pinto Monte Junior<sup>1</sup>, Wanderley Rodrigues Bastos<sup>1</sup>, Isabela Esteves Cury Coutinho<sup>2</sup>, Izidro Ferreira de Sousa Filho<sup>1</sup>.

---

### **RESUMO**

**Objetivo:** Apresentar resultados recentes sobre a existência de mercúrio nos compartimentos no metabolismo humano, provocados em razão da exploração de ouro na área de proteção ambiental do Rio Madeira, e registrar as mudanças na legislação referente a atividade de garimpo de ouro. **Revisão bibliográfica:** O alto rio Madeira, especialmente na Área de Proteção Ambiental (APA), tem sido impactado em decorrência das atividades relacionadas ao exercício do garimpo de ouro artesanal, desmatamento e queimadas, esses para extração de madeira, agropecuária e projetos hidrelétricos. Todas essas atividades acabam contribuindo para a liberação e ciclagem de mercúrio (Hg) no ecossistema amazônico e, conseqüentemente, colocando em risco de exposição ao metilmercúrio (MeHg) a população tradicional ribeirinha. **Considerações finais:** Do ponto de vista da exposição humana ao MeHg deve-se adotar os procedimentos de monitoramento promovidos pela área de saúde, especialmente às comunidades ribeirinhas mais isoladas que poderia estar conectado ao programa de Saúde da Família.

**Palavras-chave:** Metilmercúrio, Amazônia Ocidental, Saúde Humana.

---

### **ABSTRACT**

**Objective:** To present recent results on the existence of mercury in compartments in human metabolism, caused by gold exploration in the environmental protection area of the Madeira River, and to record the changes in legislation regarding gold mining activity. **Bibliographic review:** The upper Madeira River, especially in the Environmental Protection Area (APA), has been impacted as a result of activities related to artisanal gold mining, deforestation and burning, these for logging, agriculture and hydroelectric projects. All these activities end up contributing to the release and cycling of mercury (Hg) in the Amazon ecosystem and, consequently, putting the traditional riverside population at risk of exposure to methylmercury (MeHg). **Final**

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho - RO.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ.

**considerations:** From the point of view of human exposure to MeHg, monitoring procedures promoted by the health area should be adopted, especially in the more isolated riverside communities that could be connected to the Family Health program.

**Keywords:** Methylmercury, Western Amazon, Human health.

## RESUMEN

**Objetivo:** Presentar resultados recientes sobre la existencia de mercurio en compartimentos del metabolismo humano, provocado por la exploración aurífera en el área de protección ambiental del río Madeira, y registrar los cambios en la legislación referente a la actividad minera aurífera. **Reseña bibliográfica:** La parte alta del río Madeira, especialmente en el Área de Protección Ambiental (APA), ha sido impactada como resultado de actividades relacionadas con la extracción artesanal de oro, deforestación y quemadas, estas para proyectos madereros, agrícolas e hidroeléctricos. Todas estas actividades terminan contribuyendo a la liberación y ciclado de mercurio (Hg) en el ecosistema amazónico y, en consecuencia, poniendo en riesgo de exposición al metilmercurio (MeHg) a la población ribereña tradicional. **Consideraciones finales:** Desde el punto de vista de la exposición humana al MeHg, se deben adoptar procedimientos de monitoreo promovidos por el área de salud, especialmente en las comunidades ribereñas más aisladas que pudieran vincularse al programa Salud de la Familia.

**Palabras clave:** Metilmercurio, Amazonía occidental, Salud humana.

## INTRODUÇÃO

Os impactos do mercúrio (Hg) liberado na Amazônia têm sido amplamente debatidos na literatura científica por diversos pesquisadores brasileiros e estrangeiros desde meados dos anos de 1980 (PFEIFFER WC e LACERDA LD, 1988; LACERDA LD e SALOMONS, 1998; LECKLER et al., 2000; LACERDA LD e MALM O, 2008; PESTANA IA, et al., 2019).

Neste contexto, insere-se a bacia hidrográfica do rio Madeira e suas reservas de ouro de aluvião, largamente explorada pela mineração artesanal, que utiliza o Hg como agente amalgamador. Pfeiffer WC e Lacerda LD (1988) relataram que o garimpo de ouro no rio Madeira teve seu início na década de 1970. O historiador Dante Ribeiro da Fonseca confirma esse registro dizendo que “a mineração do ouro propriamente dita na bacia do rio Madeira é fenômeno do século XX” (FONSECA, DR, 2022). De lá para cá altos e baixos em intensidade ocorreram nessa atividade em toda a Amazônia legal, modulados pelo valor do grama do ouro no mercado internacional.

Diversos autores tais como Dórea JG, et al., (1998); Dórea JG e Barbosa AC (2007); Oliveira RC, et al. (2010); Vieira SM, et al. (2013); Hacon SS, et al. (2014); Bastos WR, et al. (2015); Mendes VA, et al. (2021) realizaram estudos, momento em que registraram sobre a elevada concentração de Hg na bacia do rio Madeira, tanto em algumas espécies de peixes quanto na sua população ribeirinha, que apresentam níveis de concentração deste metal acima dos valores máximos permitidos segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Agência Brasileira de Vigilância Sanitária (ANVISA), que corresponde a 7,0 mg kg<sup>-1</sup> no cabelo e 10,0 µg L<sup>-1</sup> no sangue e urina (WHO, 2008).

Em regiões de garimpo de ouro na Amazônia, o Hg atinge os ecossistemas aquáticos diretamente através do rejeito das balsas e dragas de mineração (Hg<sub>0</sub>, na fase líquida) e indiretamente, através de precipitação após a sua sublimação (Hg<sub>0</sub>, na fase gasosa) e oxidação na atmosfera (LAUTHARTTE LC, et al., 2018). Esse procedimento, até início dos anos de 1990, era rudimentar, o que acabava propiciando a realização de grandes lançamentos de Hg diretamente no rio, bem como a ocorrência de exposição ocupacional daqueles que manuseavam o citado metal. Avanços tecnológicos ocorreram na atividade exploratória, tais como, por exemplo: melhora na eficiência na obtenção do concentrado do fundo do rio, assim como na recuperação do Hg utilizado no processo por meio do uso da retorta (destilador chamado de cadinho pelos garimpeiros)

durante o processo de beneficiamento do ouro (VEIGA MM, 1997; LAUTHARTTE LC, et al., 2018). Nos ecossistemas aquáticos, o Hg<sup>0</sup> pode perder elétrons fotoquimicamente e, ainda na forma química inorgânica, passar para Hg<sup>2+</sup> e, posteriormente, e de forma gradativa, mediado por bactérias metiladoras, ser transformado para a forma orgânica metilmercúrio (MeHg), substância organo-metálica neurotóxica capaz de bioacumular e biomagnificar na cadeia trófica (BISINOTI MC e JARDIM WF, 2004; LACERDA LD e MALM O, 2008). Importante ressaltar que as queimadas e desmatamentos são fontes de re-emissões de Hg para a atmosfera e ecossistemas aquáticos, respectivamente (BASTOS WR e LACERDA LD, 2004).

Do ponto de vista da legislação brasileira, especificamente pelo Governo do Estado de Rondônia, a Área de Proteção Ambiental do Rio Madeira (APA-Rio Madeira) foi recentemente autorizada à atividade de garimpo de ouro por meio do Decreto nº 25.780, de 29 de janeiro de 2021, revogando-se o Decreto nº 5.197, de 29 de julho de 1991 que, por sua vez, proibia extração de minério ou garimpagem no rio Madeira (RONDÔNIA, 2021; MONTE-JUNIOR RP, et al., 2022). Por outro lado, em 2018 o Congresso Nacional Brasileiro sancionou passando a ser signatário da Convenção de Minamata (DOU, 2018), um tratado global promovido pelas Organizações das Nações Unidas acerca da redução/eliminação do uso antrópico do Hg, sendo que, dentre de suas intenções, também, encontra-se o objetivo de melhorar a conscientização pública sobre os impactos da exposição ao Hg (UNEP, 2013). Importante se faz salientar que o nome dado ao citado tratado nada mais é do que uma referência as diversas vítimas que acabaram morrendo após consumirem peixes que estavam contaminados por mercúrio da baía de Minamata, situada no Japão.

Diante do exposto esse estudo tem como objetivo o levantamento de dados quantitativos sobre a questão do uso do mercúrio decorrente da prática ilegal do garimpo artesanal do ouro na APA rio Madeira, considerando os potenciais impactos a saúde humana e ambiental.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Evolução da atividade garimpeira de ouro artesanal na região Norte do Brasil

A identificação das minas de ouro na região amazônica se deu através dos irmãos Fernando e Arthur Paes de Barros, mais precisamente no ano de 1734, no Guaporé nos arraiais de Santana e São Francisco Xavier, na ocasião em que as lavras de Cuiabá já estavam em declínio. As descobertas foram acompanhadas por providências do governo da Capitania de São Paulo, no sentido de eliminar, através da chamada “guerra justa”, os índios Payaguá, e também a quase dizimação dos índios Parecis, que foram utilizados como mão de obra cativa (REZENDE, TVF, 2006).

Como visto, é fácil perceber que, ao longo da história, o exercício da mineração na Amazônia talvez tenha sido o tipo de atividade econômica que mais agride o meio ambiente, superando até a atividade de agricultura. E a realidade vivenciada pela área onde são explorados os recursos minerais é a de uma população garimpeira ávida por obter riqueza de forma rápida, causando, assim, diversos impactos ao solo e na biodiversidade. Em contrapartida a isso, tem-se a geração de riquezas e a felicidade daqueles que conseguem enriquecer às custas da natureza.

E analisando todo o contexto desse tipo de exploração econômica para os dias atuais, resta claro que não mais tem força o antigo discurso de que a prática da mineração, como atividade econômica, possui o potencial ocasionar o desenvolvimento regional. Tal fato, inclusive, se confirma através do consenso geral de que a criação de áreas de preservação ambiental é uma excelente conduta a ser seguida, pois protegendo a natureza local, também se protege a população que ocupa as áreas próximas. Sendo assim, é fácil concluir que toda história que trata do desenvolvimento da atividade garimpeira de determinada região sempre vem acompanhada de diversos outros fatores negativos, tais como a depredação do meio ambiente ou disputa direta com a população indígena local. Apesar das imensas riquezas existentes na região rondoniense, o grande problema em relação às várias fases exploratórias é que elas foram realizadas, inicialmente, de forma ilegal e sem qualquer tipo de preocupação com os impactos sofridos pela população e pelo meio ambiente (MPF, 2020).

## Tecnologias utilizadas na extração de ouro

Entre os anos de 1970 e 1980 a realização da separação do minério de ouro da mistura amalgamada com mercúrio era feita com a utilização de painéis, frigideiras e até na bateia a céu aberto, tudo com o uso de um maçarico alimentado por gás de cozinha. A garimpagem de ouro, na maioria das vezes, funciona sem a realização de um planejamento, com métodos dedutivos e tecnologicamente simples; com pouca ou quase nenhuma estrutura organizacional e operacional; e, ainda, encontra-se inserida nos níveis inferiores e, por vezes, ilegais da economia (WANDERLEY LJ, 2015).

A partir de meados dos anos de 1990 o processo de exploração do minério de ouro sofre uma evolução em decorrência da utilização de destiladores, chamado pelos garimpeiros de “cadinho”. Por meio deles o mercúrio utilizado durante o processo, e após ser separado do ouro em sistema fechado, era resfriado e condensado. Após isso, ele era guardado em um reservatório com água e, dessa forma, além de não ser emitido para a atmosfera, ele poderá ser reutilizado inúmeras vezes no início do processo (COELHO TP, 2016).

Desta forma o que se constata é que o avanço da mineração do ouro, desenvolvido no início da década de 1990, passou por um momento de retração até o fim da primeira década do século XXI, momento em que houve a retomada de novos projetos minerais de médio e grande porte, em novas áreas ou mesmo em localidades com tradição mineral, sendo que tal fator trouxe a necessidade de se adotar novas tecnologias para tornar a sua exploração mais eficiente (WANDERLEY, LJ, 2015).

A Convenção de Minamata sobre Hg, um tratado global promovido pela ONU objetivando proteger a saúde ambiental e humana adotada em 2013, foi o primeiro tratado multilateral do século 21 que visa reduzir as emissões antrópicas de Hg. O Brasil aderiu ao tratado em 2018, mas muitas tentativas de reduzir o uso de Hg ainda não tiveram sucesso (VEIGA MM e FADINA O, 2020).

## Ações conjuntas para coibir as atividades de garimpo na APA-Rio Madeira

Importante registrar que a atividade de garimpo de ouro na bacia do rio Madeira ocorre, majoritariamente, no leito do rio o que difere, por exemplo, das ocorrências na bacia do rio Tapajós (PA) que são chamadas de garimpos de baixão, ou seja, a atividade faz extrações geralmente explorando a camada subsuperficial do solo.

Com a finalidade de coibir a extração ilegal de ouro na APA do rio Madeira e desobstruir o canal de navegação, de forma que o transporte de cargas e de passageiros não seja prejudicado pelas balsas e dragas de extração de ouro, a Secretaria de Estado da Segurança, Defesa e Cidadania (SESDEC), realiza fiscalização em conjunto com diversos outros agentes, tais como Polícia Federal, Exército e IBAMA. Desta forma, as fiscalizações acabam se transformando em grandes operações no combate a mineração ilegal no local, e elas se tornam indispensáveis para prover a segurança necessária para que as demais instituições possam realizar seus trabalhos no sentido de prevenir e reprimir tal conduta, e apoiando, assim, o transporte do material apreendido. A articulação continuamente buscada entre militares das Forças Armadas e agentes de segurança pública nos níveis federal, estadual e municipal, por intermédio destas operações, permite a troca de informações que possibilitam o combate aos ilícitos (MONTE-JUNIOR RP, et al., 2022).

A apreensão de dragas no Rio Madeira é uma recorrente, razão pela qual deve ser mantida a fiscalização constante por parte dos órgãos, sob pena de a contaminação por mercúrio aumentar cada vez mais.

## Mercúrio no Alto Rio Madeira

A **tabela 1** apresenta um sumário das concentrações médias de Hg encontradas nos principais compartimentos ambientais na região do Alto rio Madeira obtidos dos estudos mais recentes. Embora as concentrações médias se apresentem dentro dos limites da legislação vigente, ressalta-se o elevado consumo de pescado da população ribeirinha do rio Madeira que consome peixes de 3 a 7 vezes por semana (HACON et al., 2014) e que atinge em média 400g de pescado por dia (OLIVEIRA et al., 2010). Algumas espécies, a exemplo, *Calophrysus macropterus* (piracatinga,  $1,40 \pm 0,36 \mu\text{g g}^{-1}$ ); *Raphiodon vulpinus* (peixe-cachorro,  $1,01 \pm 0,46 \mu\text{g g}^{-1}$ ); *Hypophthalmus marginatus* (mapará,  $0,60 \pm 0,31 \mu\text{g g}^{-1}$ ); e *Triporthus albus* (sardinha,  $0,64$

$\pm 0,25 \mu\text{g g}^{-1}$ ) apresentam concentrações médias de Hg acima das especificadas na regulamentação brasileira para consumo humano, de  $0,50 \mu\text{g g}^{-1}$  para não carnívoros e  $1,00 \mu\text{g g}^{-1}$  para carnívoros (MUSSY MH, et al., 2022).

**Tabela 1** - Sumário das concentrações de mercúrio nos principais compartimentos ambientais da região do Alto Rio Madeira, Rondônia.

Matriz Ambiental	Concentrações de Mercúrio	Referências	Limite Legislação
Água ( $\text{ng L}^{-1}$ )	6,51 (<0,17 – 46,06)	Bastos WR, et al. (2015)	200 CONAMA
MPS ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	0,057 (0,005 – 0,980)		-
Sedimento de Fundo ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	0,043 (0,013 – 0,152)	Carvalho DP (2016)	0,171 CONAMA 454/2012)
Peixes Não Carnívoros ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	0,273 (0,054 – 0,642)	Mussy MH, et al. (2022)	0,500 ANVISA
Peixes Carnívoros ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	0,637 (0,176 – 1,404)		1,00 ANVISA

**Nota:** MPS: Material Particulado em Suspensão.

**Fonte:** Monte-Junior RP, et al., 2023.

O alto consumo de peixe realizado pelas populações ribeirinhas isoladas do rio Madeira justifica os valores elevados encontrados nas matrizes humanas dessa população, e que seguem apresentados na **Tabela 2**. Desta forma, tem-se que o alto grau de concentração de mercúrio nesses tipos de peixes pode ser sim considerado um fator desencadeador de contaminação, bem como causador de doenças nas comunidades que dependem do pescado para se alimentar.

Ademais, para que se possa realizar uma análise relacionada a concentração de mercúrio no corpo do homem, é necessário fazer uma coleta de materiais que estão sujeitos à acumulação do citado metal. Desta forma, tem-se que a coleta de fios de cabelo se tornou um importante indicador de contaminação de mercúrio e que tem sido muito utilizado pelos pesquisadores para fazer a análise nas populações ribeirinhas que vivem do pescado.

**Tabela 2** - Sumário das concentrações de mercúrio nos principais compartimentos humanos de populações ribeirinhas da região do Alto/Médio Rio Madeira, Rondônia.

Matriz Ambiental	Concentrações de Mercúrio	Referências	Limite Legislação
Cabelo ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	6,00 (0,90 – 19,40)	HACON et al. (2014)	7,00 WHO
	8,24 (0,72 – 20,08)	VIEIRA et al. (2013)	
	11,34 (4,58 – 22,51)	MENDES et al	
Sangue ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	45,54 (19,58 – 105,02)	MENDES et al	10,00 WHO
Urina ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	4,10 (0,46 – 15,12)	LAUTHARTTE et al	10,00 WHO
Leite Materno ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	2,30 (0,12 – 6,48)	VIEIRA et al	2,00 ANVISA
Fezes ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	0,52 (0,26 – 1,72)	MENDES et al	-

**Fonte:** Monte-Junior RP, et al., 2023.

A realidade local tem demonstrado que o lançamento de mercúrio está intimamente relacionado com a prática do garimpo ilegal de ouro, e também já há algum tempo vem apresentando registros do aumento dos índices de criminalidade em razão da exploração mineral no interior da Área de Proteção Ambiental do rio Madeira (AYRES GA, 2004). Vários órgãos fiscalizadores têm adotado medidas, inclusive em conjunto, para fiscalizar a região onde se encontra a área de Proteção Ambiental do rio Madeira.

Também é relevante destacar que a exploração de ouro no rio Madeira só veio a ser proibida após a criação da área de proteção ambiental (APA), objeto do Decreto nº 5.124, de 06 de junho de 1991, com área total aproximada de 6.741 hectares, cujo objeto principal é o de proteger o meio ambiente. O artigo. 4º do citado Decreto previa que estavam expressamente proibidas as atividades minerais e/ou garimpeiras de qualquer natureza, no trecho do rio Madeira e suas margens, objeto de proteção do Decreto, estando sujeitos os infratores às penas da Lei.

Por sua vez, o Decreto nº 5.197 de 29 de julho de 1991, quanto a proibição das atividades minerárias no local onde situada a APA, previa no seu artigo primeiro disposição dando conta de que estavam suspensas todas e quaisquer atividades de extração de minério ou garimpagem no segmento do rio Madeira, compreendido pela Cachoeira Santo Antônio e a divisa interestadual de Rondônia com o Estado do Amazonas”

Ocorre que, recentemente, a atividade exploratória do minério de ouro na região está autorizada por força do Decreto nº 25.780 do Governo do Estado de Rondônia, de 29 de janeiro de 2021. É previsto no documento que o licenciamento ambiental para realizar a exploração mineral no rio ocorrerá por meio das respectivas licenças prévias, de instalação e de operação, sendo que cada draga ou balsa autorizada a operar nas áreas objeto da licença, devem possuir uma certidão ambiental de regularidade emitida pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM).

Ademais, importante se faz salientar que o decreto que sofreu revogação considerava que a prática do garimpo do ouro se tratava de uma atividade que causava degradação ao rio, sendo ela irremediável, e que, inclusive, tinha potencial de alterar a variação da qualidade das águas, poluir as águas por óleo combustível, degradar o solo nas margens e ilhas, além de comprometer a navegação fluvial e/ou atividades portuárias responsáveis pelo abastecimento de combustíveis das usinas termo elétricas, dentre outras consequências.

E considerando toda essa questão ambiental em discussão, é relevante registrar que o Procurador-Geral de Justiça do Ministério Público do Estado de Rondônia ingressou com uma Ação Direta de Inconstitucionalidade, medida judicial esta que tem por finalidade retirar de vigor o atual decreto autoriza a exploração mineral no local. Na citada demanda, o Ministério Público descreve que o decreto foi instituído sem a realização de estudos relevantes dando conta do impacto ambiental que será causado tanto à saúde humana como também o que poderá ser causado ao meio ambiente. Outro argumento utilizado aponta que o rio Madeira se trata de um rio interestadual e navegável, sendo, então, um bem pertencente à União, não podendo, então, o Estado de Rondônia, por meio de um decreto, dispor sobre o tema.

### **Exposição Humana ao Mercúrio**

Uma das principais preocupações existentes com os metais pesados é possibilidade da ocorrência da bioacumulação desses pela flora e fauna aquáticas, que por meio da cadeia alimentar acaba afetando a saúde humana, ocasionando, desta forma, diversos efeitos devido a disfunções metabólicas. O mercúrio, dentre os metais pesados, é o que representa o maior risco à saúde do homem, principalmente quando inalado sob a forma de vapor ou o ingerido sob a forma de metil-mercúrio (MeHg). Sua intoxicação, em razão dos acidentes ocorridos no Japão e Iraque, entre as décadas de 1950 e de 1970, respectivamente, é muito bem conhecida. Dentre os problemas causados, especialmente na sua forma química MeHg, tem-se os danos irreversíveis no sistema nervoso central, chegando a comprometer áreas do cerebelo, que são associadas a funções sensoriais e auditivas. Outros sintomas incluem a perda de visão periférica, comprometimento da coordenação motora, fraqueza muscular e deficiência de fala (WHO, 1990). A absorção do vapor de mercúrio metálico ocorre principalmente por meio da via pulmonar, mais precisamente através da inalação (ZAVARIZ C e GLINA DMR, 1992). Por meio dos pulmões o mercúrio segue pelo sangue e se distribui no organismo

humano, se acumulando no sistema nervoso central, rins, medula óssea, fígado, nas vias aéreas superiores, na parede intestinal, pele, glândulas salivares, coração, músculos e na placenta com ampla variedade de efeitos. Desta forma, e tendo em vista que na maioria das vezes a exploração mineral de ouro se dá de forma não regulamentada, e sem as precauções devidas, tais como o uso de equipamentos de proteção individual (máscaras, luvas, etc), podemos chegar a conclusão de que o agente que mais sofre risco de sofrer contaminação é justamente a pessoa que está executando a exploração mineral.

Na região do rio Madeira, as populações em risco de sofrerem intoxicação por mercúrio (vapor de Hg<sup>0</sup>) através das vias respiratórias está diretamente ligada a atividade de garimpo, sobretudo jovens ribeirinhos que abandonaram a tradição da pesca e da agricultura familiar para se transformarem em garimpeiros. E a fatia mais importante da sociedade regional que necessita de investigação é a exposta ao MeHg, sobretudo os ribeirinhos mais isolados, pois esses encontram no pescado a sua principal fonte de subsistência, há mais de 20 anos já relatavam essa situação (BISINOTI MC e JARDIM WF, 1993). Hoje sabemos que entre 60 e 100% do Hg total encontrado no pescado Amazônico está na forma química MeHg e, recentemente, Mussy MH, et al. (2022) registrou média de 79% de MeHg no pescado do Alto/Médio rio Madeira.

A questão é que essa realidade necessita de acompanhamento, considerando que, atualmente, a exploração de ouro na região do Alto rio Madeira está autorizada, embora desde que atendidas uma série de requisitos por parte dos garimpeiros, conforme critérios contidos no Decreto em vigor desde o início do ano de 2021.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade do garimpo artesanal de ouro no rio Madeira oscilou e nos últimos 25 anos vem sendo regulada por 3 eventos independentes, são eles: crise econômica; valor do grama do ouro no mercado internacional e sazonalidade. Medidas de controle sobre as emissões atmosféricas e a regulamentação brasileira e internacional do setor informal para mineração artesanal de ouro em pequena escala necessitam entrar em curso. Os danos causados pela exposição ao mercúrio na região chamam a atenção para a necessidade de vigilância continuada e permanente por parte dos órgãos fiscalizadores. Desta forma, é recomendável que o garimpo artesanal de ouro seja realizado junto a uma rígida fiscalização, mediante outras alternativas para substituição do mercúrio no processo, considerando toda a potencialidade lesiva que ele apresenta.

## REFERÊNCIAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Ministério da Saúde (BR). Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. Aprova o regulamento técnico: princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos: limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos. Diário Oficial da União, Brasília, 1998; 28.
2. AYRES GA. Distribuição do mercúrio em águas superficiais do Rio Madeira. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal Fluminense. Niterói – Rio de Janeiro. 2004. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/3329/O%20RIO%20MADEIRA%209%20-%20vers%c3%a3o%20final.doc%202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
3. BASTOS WR, et al. Mercury in fish of the Madeira River (temporal and spatial assessment), Brazilian Amazon. *Environmental Research*, 2015; 140: 191–197.
4. BASTOS WR, et al. Dynamics of Hg and MeHg in the Madeira River Basin (Western Amazon) before and after impoundment of a run-of-river hydroelectric dam. *Environmental Research*, 2020; 140: 191-197.
5. BASTOS WR e LACERDA LD. A contaminação por mercúrio na Bacia do Rio Madeira: uma breve revisão. *Geochemica Brasiliensis*. 2004; 18: 99-114.
6. BOISCHIO AAP e BARBOSA A. Exposição ao Mercúrio orgânico em populações ribeirinhas do Alto Madeira, Rondônia 1991: Resultados Preliminares. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 1993; 9(2): 155-160.
7. BISINOTI MC e JARDIM WF. Behavior of methylmercury in the environment. *Química Nova*, 2004; 27(4): 593-600.
8. CARVALHO DP. Dinâmica e especiação de mercúrio em compartimentos abióticos na formação do reservatório da hidrelétrica Santo Antônio do rio Madeira, RO / Dario Pires de Carvalho – Tese de doutorado UFRJ/IBCCF, 2016; 87p.

9. COELHO TP. Noventa por cento de ferro nas calçadas: mineração e (sub)desenvolvimentos em municípios minerados pela Vale S.A./Tádzio Peters Coelho. Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Ciências Sociais. 2016; 333p.
10. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 357, de 15 de junho de 2005. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre>.
11. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 484, de 22 de março de 2018. <http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=138205>.
12. DÓREA JG e BARBOSA AC. Anthropogenic impact of mercury accumulation in fish from the Rio Madeira and Rio Negro rivers (Amazônia). *Biological Trace Element Research*, 2007; 115: 243-254.
13. DÓREA JG, et al. Selenium and mercury concentrations in some fish species of the Madeira river, Amazon basin, Brazil. *Biological Trace Element Research*. 1998; 65: 211–220.
14. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO - DOU. Promulga a Convenção de Minamata sobre Mercúrio, firmada pela República Federativa do Brasil, em Kumamoto, em 10 de outubro de 2013. Publicado em: 15/08/2018 | Edição: 157 | Seção: 1 | Página: 65. Órgão: atos do Poder Executivo. Decreto Nº 9.470, de 14 de agosto de 2018.
15. FONSECA DR. O Garimpo de Ouro no Rio Madeira durante a Década de 1980 Segundo a Percepção de um Garimpeiro. *Afros & Amazônicos*. 2021;2(4):36-48. <https://doi.org/10.47209/2675-6862>
16. HACON SS, et al. The Influence of Changes in Lifestyle and Mercury Exposure in Riverine Populations of the Madeira River (Amazon Basin) near a Hydroelectric Project. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2014; 11(2): 2437–2455.
17. LACERDA LD e SALOMONS W. Mercury from Gold and Silver Mining: A Chemical Time Bomb? 1998. Springer, Berlin, Heidelberg. 147 p.
18. LACERDA LD e MALM O. Mercury contamination in aquatic ecosystems: an analysis of the critical areas. *Estudos Avançados*, 2008; 22(63).
19. LAUTHARTTE LC, et al. Potencial exposição ao mercúrio atmosférico no ambiente ocupacional de comércios de ouro de Porto Velho. Rondônia. *Química Nova*, 2018; 41(9): 1055-1060.
20. LECKLER PJ, et al. Elevated mercury concentrations in soils, sediments, water and fish of the Madeira River basin, Brazilian Amazon: A function of natural enrichments? *Sci. Tot. Environ.*, 2000; 260: 87-96.
21. MENDES VA, et al. Mercury in blood, hair, and feces from subsistence fish-eating riverines of the Madeira River Basin (Western Amazon). *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2021.
22. MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL - MPF. Brasil. Câmara de Coordenação e Revisão, 4. Mineração ilegal de ouro na Amazônia: marcos jurídicos e questões controversas – Brasília: MPF, 2020. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/publicacoes/roteiros-da-4a-ccr/ManualMineraoIlegaldoOuronaAmazniaVF.pdf>. Acessado em: 10 de janeiro de 2021.
23. MONTE-JUNIOR RP, et al. A exploração de ouro na Área de Proteção Ambiental do Rio Madeira em Porto Velho (RO): Aspectos jurídicos e ambientais. *Cognitio Juris*. 2022: P.1-24. Disponível em: <https://cognitiojuris.com.br/a-exploracao-de-ouro-na-area-de-protecao-ambiental-do-rio-madeira-em-porto-velho-ro-aspectos-juridicos-e-ambient>.
24. MUSSY MH, et al. Evaluating total mercury and methylmercury biomagnification using stable isotopes of carbon and nitrogen in fish from the Madeira River basin, Brazilian Amazon. *Environmental Science Pollutant Research International*. 2022.
25. OLIVEIRA RC, et al. Fish consumption by traditional subsistence villagers of the Rio Madeira (Amazon): impact on hair mercury. *Annals Human Biology*, 2010; 37(5): 629–642.
26. PESTANA IA, et al. Total Hg and methylmercury dynamics in a river-floodplain system in the Western Amazon: influence of seasonality, organic matter and physical and chemical parameters. *Sci. Total Environ.*, 2019; 656: 388–399.
27. PESTANA IA, et al. Let's talk about mercury contamination in the Amazon (again): The case of the floating gold miners' village on the Madeira River. *The Extractive Industries and Society*, 2022; 11: 101122.
28. PFEIFFER WC e LACERDA LD. Mercury inputs to the Amazon region, Brazil. *Environ. Technol. Lett.*, 1988; 9: 325–330.
29. REZENDE TVF. A conquista e a ocupação da Amazônia brasileira no período colonial: a definição das fronteiras. Tese de Doutorado na Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e ciências Humanas. São Paulo, 2006. 353p.
30. RONDÔNIA. Decreto nº 25.780 do Governo do Estado de Rondônia, de 29 de janeiro de 2021. Dispõe sobre o licenciamento ambiental da atividade de lavra de ouro em corpo hídrico no Estado de Rondônia e revoga o Decreto nº 5.197, de 29 de julho de 1991. 2021.
31. VEIGA MM. Introducing New Technologies for Abatement of Global Mercury Pollution in Latin America, UNIDO/UBC/CETEM/CNPq: Rio de Janeiro, 1997.

32. VEIGA MM e FADINA O. A review of the failed attempts to curb mercury use at artisanal gold mines and a proposed solution. *Extractive Industries and Society*, 2020; 7(3): 1135–1146.
33. VIEIRA SM, et al. Total and methyl-mercury in hair and milk of mothers living in the city of Porto Velho and in villages along the Rio Madeira, Amazon, Brazil, *Int J. Environ. Health*. 2013; 216(6): 682–689.
34. UNEP. United nations environment program Minamata convention agreed by nations. <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/minamata-convention-agreed-nations>. 2013.
35. WANDERLEY LJ. Geografia do Ouro na Amazônia brasileira: uma análise a partir da porção meridional /Luiz Jardim de Moraes Wanderley. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, 2015. UFRJ/PPGG. 302p.
36. WOLD HEALT ORGANIZATION – WHO. Methylmercury. *Environmental Health Criteria* 101. Geneva, WHO. 1990. Available: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc101.htm> [accessed 15 May 2022].
37. WOLD HEALT ORGANIZATION – WHO. UNEP. *Guidance for Identifying Population at Risk from Mercury Exposure*. Geneva, 2008. 176 p.
38. WOLD HEALT ORGANIZATION - WHO. *Exposure to mercury: a major public health concern*. 2017. Geneva: WHO <https://www.who.int/publications/i/item/9789240023567>. [accessed 3 July 2022].
39. ZAVARIZ C e GLINA DMR. Avaliação clínico – neuro – psicológica de trabalhadores expostos a mercúrio metálico em indústria de lâmpadas elétricas. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo. 1992; 26(5): 356-365.