



© 123RF/ salaJean

CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NA AMAZÔNIA

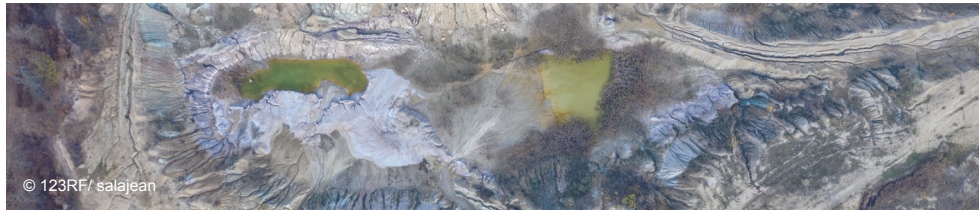
Em dezembro de 1989, o ex-presidente da Associação de Universidades Amazônicas-UNAMAZ, José Seixas Lourenço, fez um alerta sobre a “grave situação” de contaminação amazônica por mercúrio (Hg). De acordo com a reportagem, publicada há 33 anos, já naquela época era possível detectar a existência de um teor de mercúrio acima do tolerável nas análises realizadas na água, nos peixes e em seres humanos (através de amostras de sangue, urina e cabelo). Desde então, a situação piorou.

A mineração ilegal é um fenômeno presente em todos os países da bacia Amazônica e que gera graves impactos ambientais, mas também econômicos e sociais na região. Isso configura um cenário de violação dos direitos das populações que dependem diretamente deste ecossistema para sua subsistência.

Desde 1994, 2.300 toneladas de Hg foram despejadas na Amazônia brasileira. Porém, este número, que já era alto, tem crescido cada vez mais e, hoje, de acordo com uma série de estudos analisados, acredita-se que estejam sendo despejados 150 toneladas de Hg por ano na região. Cada km² de área escavada nos rios por mineração de ouro de pequeno porte de caráter ilegal libera, em média, 24 kg de Hg (de acordo com os mesmos estudos) e, de acordo com dados recentemente publicados pelo Observatório Regional Amazônico (ORA) da Secretaria Permanente da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (SP/OTCA) há 4.114 locais de mineração ilegal em toda a região¹ — tais dados foram sistematizados na Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (RAISG, 2020) a partir de dados oficiais².

¹ (https://oraotca.org/recursos_hidricos/filter/?indicatorSelectionTerritory=5&indicatorSelection=10).

² Servicio Nacional de Geología y Técnico de Minas (SERGETECMIN, 2013); DNPM, 2020; Catastro minero digital de la república de Colombia (Agencia Nacional de Minería, 2019); Agencia de Regulación y Control Minero, (ARCOM, 2019); Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 2019); Ministerio de Energía y Minas, 2017.



© 123RF/ salajeau

CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NA AMAZÔNIA

OS IMPACTOS DO MERCÚRIO NA SAÚDE

A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou o mercúrio como uma das seis substâncias mais perigosas para a saúde humana devido à sua alta toxicidade e aos riscos que apresenta à saúde humana e ao meio ambiente.

Seus efeitos são sérios e, por vezes, irreversíveis. A contaminação por mercúrio em humanos tem impactos no sistema nervoso, trato digestivo, sistema imunológico, pulmões e rins. Mulheres grávidas contaminadas podem gerar bebês com danos cerebrais irreversíveis, paralisia motora e problemas de audição e visão (Rice et al., 2014).

FORMAS DE CONTAMINAÇÃO

O mercúrio é um elemento natural que é usado em uma ampla variedade de processos e produtos. Na América Latina, em especial na Bacia Amazônica, o garimpo artesanal de ouro representa a maior fonte de exposição humana ao metal. Isso porque a mineração exerce uma significativa pressão sobre a qualidade das águas superficiais, contaminando-as com substâncias poluentes lixiviadas, como óleos, graxas, lodos, argilas e metais pesados, entre os quais se destaca o mercúrio. Além disso, petróleo e gás e efluentes urbanos também são

importantes emissores antropogênicos de Hg na atmosfera, solos e cursos d'água (UNEP, 2017).

Na cadeia do ouro, a contaminação acontece por duas formas:

- Durante o processo, quando o mercúrio queimado para separação e refino do ouro é volatilizado e liberado na atmosfera — diferentemente de muitos outros metais, o Hg tem uma forma gasosa estável (Hg⁰), que lhe dá a capacidade de se manter de forma estável na atmosfera por cerca de um ano e permite que ele atravesse longas distâncias, atingindo áreas distantes do garimpo.
- Na etapa de descarte, em que parte do Hg utilizado no garimpo de ouro é jogado nos corpos d'água da região e se acumula na cadeia alimentar aquática, afetando os peixes e outras espécies de animais que se alimentam deles.

A contaminação ambiental é primeiramente percebida quando os seres humanos são acometidos. Entretanto, muitas vezes a rota de contaminação pode ocorrer por outras vias, que não a direta. Como o mercúrio não pode ser degradado, seus efeitos nocivos podem afetar os ecossistemas por décadas.

Outro motivo pelo qual o mercúrio é particularmente preocupante em relação à saúde pública é porque metais pesados possuem uma natureza cumulativa, ou seja, sua concentração aumenta ao longo da cadeia alimentar. Assim, a contaminação por mercúrio afeta não apenas quem trabalha no garimpo, mas também milhares de pessoas que se alimentam de peixes com frequência (Meneses *et al.*, 2022), gerando um complexo problema social, ambiental, econômico, cultural e de saúde pública.

O MERCÚRIO E O TRÁFICO

Embora a mineração com o uso de mercúrio tenha existido historicamente na região, atualmente a maior parte desse metal utilizado na Amazônia é proveniente do México (Inda *et al.*, 2022) e traficado ilegalmente através das fronteiras entre os países amazônicos, onde é distribuído através de rotas ilegais mal conhecidas e combatidas pelos órgãos de comando e controle (Insigh crime & Igarapé, 2022). O mercúrio usado na mineração ilegal também pode ser obtido domesticamente pelo desvio de estoques legais de mercúrio nos setores de cloro e álcalis, odontológico e de manufatura, ou de mercúrio gerado como subprodutos da mineração polimetálica em escala industrial.

INDÍGENAS E RIBEIRINHOS SÃO OS QUE MAIS SOFREM

Uma das principais preocupações sobre o mercúrio é a sua concentração nas populações historicamente vulneráveis (Castilhos *et al.*, 2015). Hoje, não há um limite mínimo seguro de Hg nos seres humanos (o que significa que qualquer pessoa que tenha um determinado nível de concentração de mercúrio em seu corpo pode sofrer os efeitos adversos da contaminação), porém já se sabe qual é o limite máximo: 10 ppm (partes por milhão) de Hg em

qualquer parte corporal. De acordo com a OMS, acima deste nível, os efeitos adversos à saúde são preponderantes e até irreversíveis (WHO, 1990).

Dados do portal do Observatório do Mercúrio mostram que as populações ribeirinhas e indígenas na Amazônia já apresentam níveis de contaminação superiores ao estabelecido (Figura 1), com padrões de contaminação diferentes de acordo com cada país.

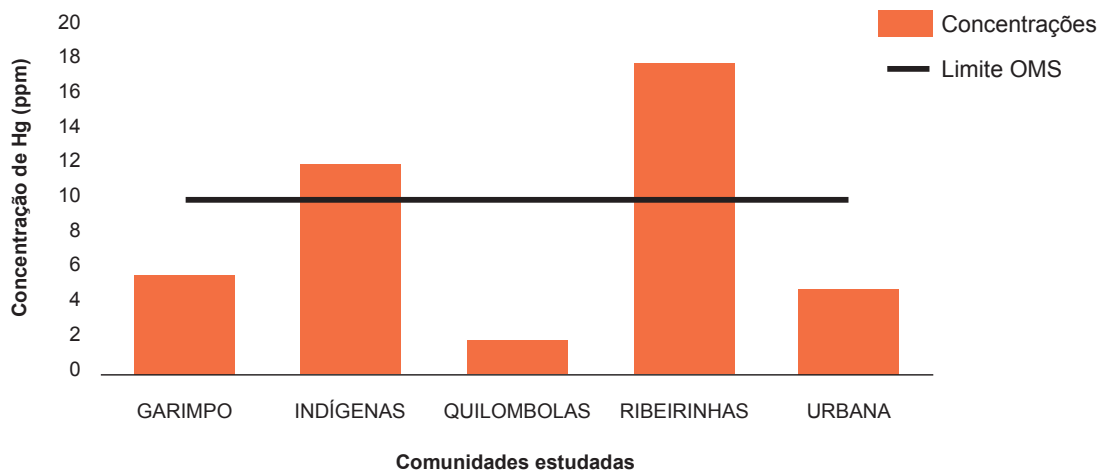
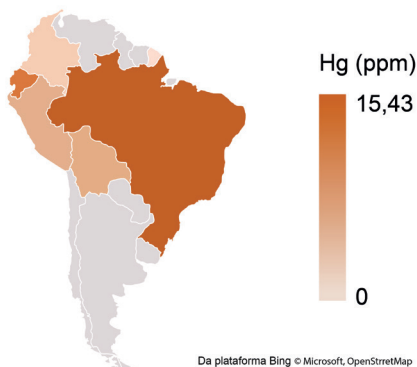


FIGURA 1. Concentrações de Hg em comunidades humanas estudadas, e limite de concentração segura, de acordo com a OMS (WHO, 1990).

Hg em comunidades ribeirinhas



Hg em comunidades indígenas

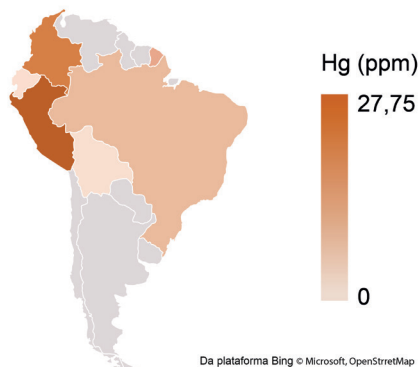
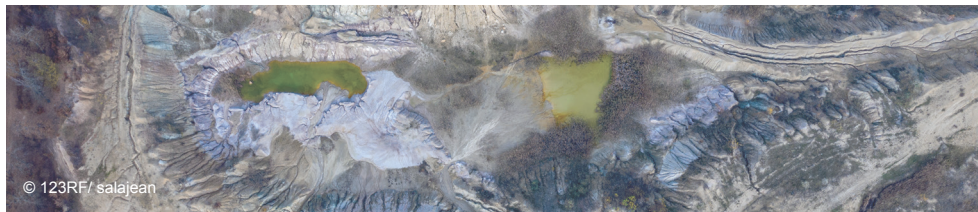


FIGURA 2. Concentrações de Hg em comunidades humanas estudadas por país, sem considerar os limites biomáticos (áreas em cinza não apresentam dados).

- No Brasil e no Equador, as comunidades ribeirinhas são as mais afetadas, com médias de concentração de 15,43 e 12,3 ppm, respectivamente.
- No Peru e na Colômbia, a maior atenção deve ser dada às comunidades indígenas, que apresentam médias de concentração do metal em 27,75 e 23,01 ppm, respectivamente (Tabela 1).



CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NA AMAZÔNIA

© 123RF/ salajejan

Mesmo com as diferenças, é importante reforçar que no Brasil, na Colômbia e no Peru, países que detêm o maior número de estudos, a concentração de mercúrio nas populações ribeirinha e indígena é muito alta, estando acima do limite máximo da OMS ou muito próximo deste valor.

TABELA 1.

Número de estudos e valores de contaminação por mercúrio nos países amazônicos e comunidades humanas estudadas — valores em vermelho estão acima do limite estabelecido pela OMS (10 ppm); valores em amarelo estão perigosamente próximos ao valor de referência.

PAÍS	NÚMERO DE ESTUDOS	CONCENTRAÇÃO MÉDIA (PPM) NAS COMUNIDADES ESTUDADAS				
		RIBEIRINHA	INDÍGENA	QUILOMBOLA	URBANA*	GARIMPOS
BOLÍVIA	3	3,0	—	—	—	—
BRASIL	61	15,4	16,3	2,1	6,3	3,2
COLÔMBIA	16	9,3	23,1	—	5,3	3,9
EQUADOR	2	1,3	—	—	—	—
GUIANA FRANCESA	3	—	8,2	—	8,6	—
PERU	13	8,3	27,5	—	2,4	2,8
SURINAME	2	—	—	—	0,8	4,5

* População urbana da Amazônia

BRASIL É O PAÍS COM O MAIOR NÚMERO DE ESTUDOS

A análise dos estudos disponíveis mostra que há uma disparidade de produção científica sobre o tema entre os países. O Brasil é o que tem mais estudos publicados (61 estudos ou cerca de 66%), seguido pelo Peru (13 estudos ou 9,5%) e Colômbia (11 estudos, representando 8%). É importante ressaltar que essas disparidades no número de estudos também podem refletir nos resultados encontrados. Além disso, como é possível ver ao lado, apesar dos estudos cobrirem os principais rios da região Amazônica, ainda há grandes vazios, especialmente na região andina e norte do bioma (Figura 3).

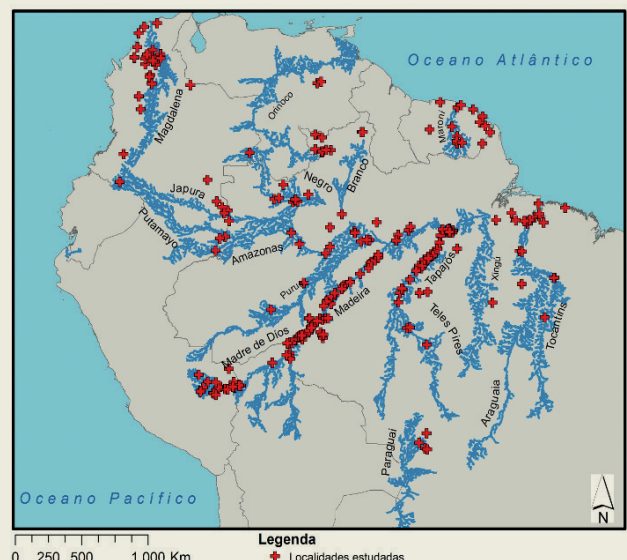
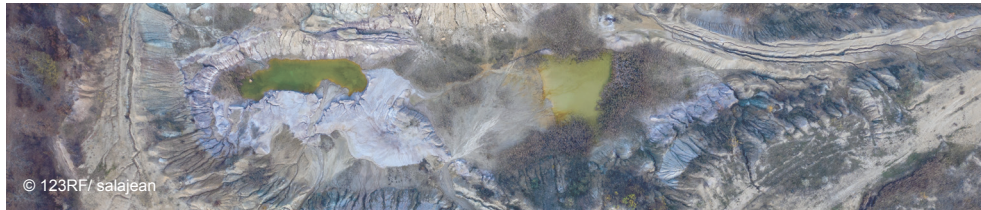


FIGURA 3.

Distribuição espacial das áreas estudadas na região da Amazônia



CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NA AMAZÔNIA

© 123RF / salajeau

CONCENTRAÇÃO DE Hg EM PEIXES

Dentro das análises ambientais da contaminação por mercúrio, a contaminação em peixes pode ser uma maneira de avaliar a exposição de populações humanas, principalmente relacionada à alimentação.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, a concentração de Hg em peixes deve ter como máximo 0,5 ppm. Já, a USEPA, Agência Estadunidense de Proteção Ambiental, uma das maiores autoridades na área, determina valores ainda menores, com máximos de 0,3 ppm (Buck *et al.* 2019). Segundo os 94 estudos compilados no Observatório do Mercúrio, 40% dos peixes analisados apresentam concentração de Hg maior do que o permitido pela USEPA e 31% apresentaram valores maiores do que o valor limite preconizado pela OMS. Os resultados apresentaram grande variação, tanto entre espécies, níveis tróficos, quanto entre regiões.

De acordo com os estudos compilados, o Brasil é o país que apresenta os maiores valores de concentração de Hg encontrados nas diversas espécies de peixes (Figura 5). Mais uma vez, vale ressaltar que o número elevado de estudos realizados no Brasil pode ter contribuído para este resultado, evidenciando a necessidade de ampliação de monitoramento nos países Amazônicos.



© 123RF / chayantom

FIGURA 4.

Desenho esquemático demonstrando a concentração máxima de Hg nas espécies que apresentaram as maiores concentrações do metal.

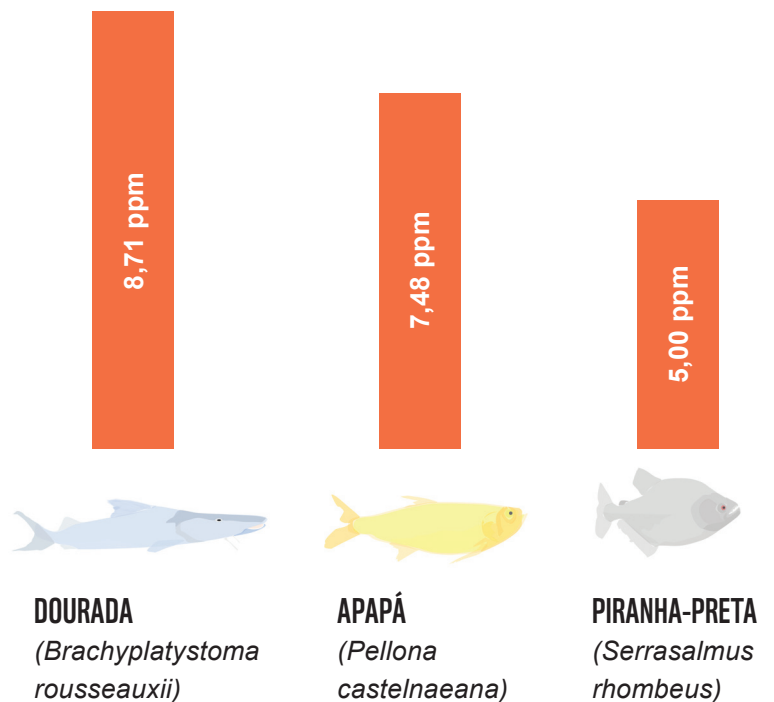
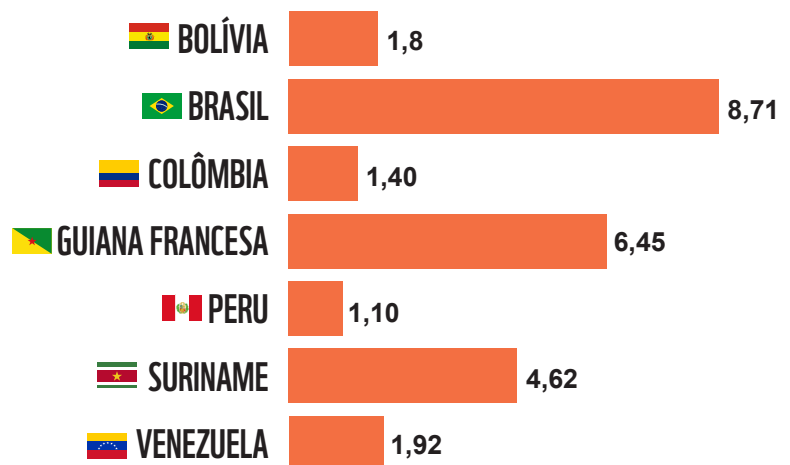


FIGURA 5.

Concentração máxima de Hg nos países inseridos na plataforma





© 123RF / 123

TODA MINERAÇÃO TEM UM IMPACTO

A atividade mineradora pode ocorrer basicamente de três maneiras distintas, todas impactando os recursos hídricos de alguma forma. Veja, abaixo, um resumo dessas formas e suas características:

	COVA	EXPLORAÇÃO ALUVIAL	BALSAS DE DRAGAGEM
EXPLORAÇÃO	É a forma mais popular e pode ser manual ou mecanizada. Um determinado território é escavado para a exploração de minérios, causando sua devastação.	Geralmente, a exploração é realizada no leito dos rios ou córregos.	As balsas são instaladas em flutuantes móveis e buscam minérios por meio do processo de revolvimento dos leitos dos rios.
IMPACTOS	Contamina toda a água envolvida no processo com metais utilizados, como o mercúrio, no caso da indústria do ouro.	Causa a devastação da mata ciliar, contribui para a perda da biodiversidade local e acentua os processos de erosão do solo, gerando uma condição ideal para o transporte de substâncias tóxicas para os rios.	A movimentação de dragas e jangadas também pode contribuir para processos erosivos no leito dos corpos d'água e alterar a geomorfologia fluvial.

CONVENÇÃO DE MINAMATA E OS DESAFIOS PARA O CONTROLE DO Hg

Adotada por mais de 140 países, a Convenção de Minamata tem como objetivo proteger a saúde humana e o meio ambiente dos efeitos adversos do mercúrio. Este tratado internacional criado em 2013 estabelece uma série de medidas para reduzir as emissões e liberações de mercúrio em nível global, dentre elas a adoção de alternativas seguras ao uso do Hg e medidas para o monitoramento e controle das suas emissões. Entre os países amazônicos, apenas a Venezuela ainda não é um país membro da Convenção.

Para além desse esforço global para redução dos impactos do mercúrio, o controle das emissões do Hg depende de políticas de comando e controle, de ações de conservação socioambientais, do desenvolvimento de alternativas econômicas sustentáveis para aqueles que dependem do garimpo para geração de renda, da melhoria e do controle da cadeia produtiva do ouro e de ferramentas adequadas de transparência e apoio à tomada de decisão. Porém, a significativa lacuna de informação oficial limita o alcance e eficácia das políticas de Estado para lidar com a mineração ilegal e informal.

Soma-se a essa realidade a heterogeneidade de critérios entre cada país para definir e mensurar os problemas de ilegalidade e informalidade na mineração. Ambos os fatores se apresentam entre as principais barreiras para iniciar esforços regionais que permitam abordar de forma articulada os problemas derivados da mineração informal e ilegal.

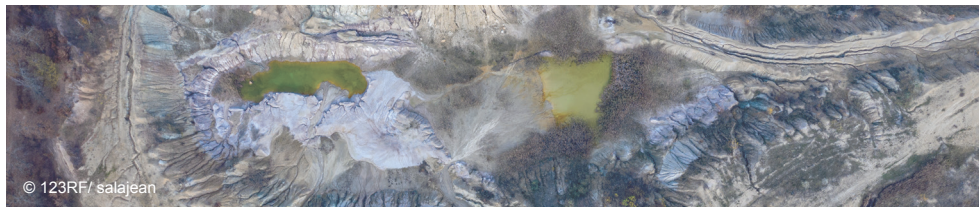
Uma das formas diretas de medição dos impactos negativos do garimpo de ouro, legal ou ilegal, é o mapeamento da contaminação por Hg em escala de paisagem, somando informações em uma ferramenta de apoio a tomada de decisão. Assim, com o objetivo de possibilitar o acesso público a informações e dados, permitindo uma compreensão mais precisa e atualizada da extensão do problema, e promover transparência, engajamento e conscientização pública, nasceu o Observatório do Mercúrio, um portal de dados georreferenciados sobre estudos de contaminação de Hg nos países amazônicos e que já conta com documentos de oito países da região.

SOBRE O OBSERVATÓRIO DO MERCÚRIO

Exibido em plataforma online aberta, o Observatório do Mercúrio é a maior iniciativa de compilação e georreferenciamento de dados ambientais e de contaminação por Hg em humanos e peixes na região Amazônica. A base de dados abrange 139 estudos, dos anos de 1990 a 2022, para níveis de contaminação em populações humanas, e 94 estudos, de 1992 a 2022, para níveis de contaminação em peixes.

A construção da plataforma foi realizada por um grupo de especialistas da área de contaminação por mercúrio da Escola de Saúde Pública – Fiocruz, do Centro de Innovación Científica Amazónica – CINCIA, do Peru, do WWF-Brasil e outros especialistas. Para tal, foi realizada uma revisão sistemática usando a metodologia PRISMA e incorporando os 233 estudos científicos (no total), realizados em Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela.





© 123RF/ salajejan

CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NA AMAZÔNIA

Foram incluídos dados do estudo (tipo; o ano de publicação do estudo; autores; título; ano das coletas; alvo do estudo); as informações da medida de mercúrio (média e/ ou mediana de Hg; desvio padrão (SD); unidade de medida; N amostral); e a localização geográfica do estudo. São apresentados artigos indexados, relatórios, teses e dissertações, publicados em português, inglês e espanhol que apresentam informações sobre os níveis de mercúrio na Amazônia em humanos ou peixes.

Os dados apresentados foram obtidos na consulta às bases de dados: Pubmed, Web of Knowledge e American Chemical Society Legacy Archives. Os descritores primários utilizados foram: Amazônia; Mercúrio/ Hg; Contaminação e secundários: Humanos, Peixes e cada um dos países que integram a Amazônia.

O georreferenciamento do ponto, quando não descrito na publicação, foi feito utilizando as coordenadas obtidas pelo Google Earth para o nome da localidade presente no estudo, quando existentes — uma das vantagens do georreferenciamento é a possibilidade de exploração geográfica de tendências e lacunas de conhecimento como ferramenta de gestão.

Ao fornecer informações precisas, delimitadas no tempo e georreferenciadas sobre eventos de poluição relacionados ao garimpo, o Observatório do Mercúrio pode informar e apoiar diretamente ações para a redução desses impactos por atores dos setores público, privado e da sociedade civil.

RECOMENDAÇÕES PARA O CONTROLE DO Hg

Reduzir e mitigar os impactos da contaminação mercurial na Amazônia é um desafio complexo. Envolve quantificar a carga de Hg liberada em cada país e seu carreamento para os países vizinhos, assumir um compromisso político sério para redução das emissões do metal por ações antrópicas, como desmatamento, construção e funcionamento de hidrelétricas, mudanças de uso de solo e o garimpo de ouro ilegal e irregular. Assim, algumas ações são críticas para reduzir essa ameaça:

1. Controle da cadeia produtiva do ouro e do garimpo ilegal e irregular que aumentam as emissões ambientais de mercúrio

Medidas que têm como objetivo controlar e reduzir o fornecimento de mercúrio para os garimpos

- Supressão das cadeias de fornecimento ilícito de mercúrio traficado através das fronteiras.
- Regulamentação efetiva das cadeias de abastecimento de Hg legal para prevenir o “derramamento” de mercúrio no setor ilícito de mineração de ouro artesanal e de pequena escala (ASGM).
- Promoção de ações de erradicação do garimpo ilegal e de conversão de garimpos irregulares para modelos responsáveis e monitorados, levando à redução da demanda por mercúrio pelo setor informal da mineração de ouro e impulsionando o uso de tecnologias livres de mercúrio.
- Estabelecimento do controle efetivo e de disposição final do mercúrio produzido como subproduto industrial, de modo a reduzir o desvio para setores ilícitos da mineração de ouro.

2. Identificação e medição de eventos de poluição por mercúrio, com caracterização de riscos associados

Etapa crítica para que os países amazônicos possam entender a escala e a magnitude dos riscos para as populações vulneráveis. Para que seja possível, é necessário o estabelecimento de capacidade de monitoramento ambiental de resposta rápida em agências ambientais nos vários níveis de governos

- Identificação/confirmação da presença e do escopo de eventos de poluição por mercúrio relacionados à mineração de ouro usando métodos de coleta de amostras de campo ambiental adequados e robustos, métodos analíticos baseados em laboratório e métodos padronizados de análise de dados.
- Avaliação dos riscos que os eventos identificados de poluição por mercúrio representam para as comunidades humanas e a vida selvagem usando

métodos adequados e robustos de caracterização, avaliação, comunicação e redução dos riscos e mitigação dos impactos.

- Comunicação de eventos de poluição por mercúrio identificados e de riscos relacionados ao público por meio de processos oficiais de notificação do governo — incluindo a listagem de eventos de poluição por mercúrio relacionados à mineração — em um banco de dados nacional georreferenciado, disponível ao público e que possa rastrear eventos de poluição e ações de mitigação relacionadas — incluindo eventos esperados e resultados alcançados — ao longo do tempo.
- Apoio ao estabelecimento e fortalecimento de capacidade analítica relevante nos setores acadêmico e da sociedade civil para fornecer meios múltiplos e paralelos de identificação de eventos de poluição por mercúrio relacionados à mineração.

3. Desenvolvimento e implementação de medidas de redução dos riscos e impactos da contaminação por mercúrio em populações humanas expostas e vulneráveis e espécies selvagens

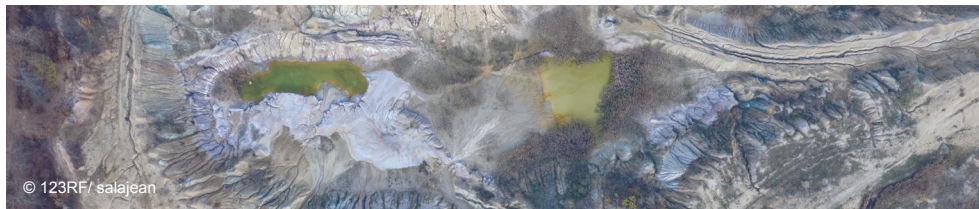
Uma vez que os riscos de eventos de poluição por mercúrio relacionados à mineração tenham sido caracterizados e comunicados às agências governamentais relevantes e ao público, ações para reduzir e mitigar esses riscos devem ser tomadas de maneira eficaz e oportuna. Para isso, recomenda-se o uso de abordagens “One Health” que integram avaliações humanas e da vida selvagem para o desenvolvimento de medidas de redução e mitigação de riscos

- Para a exposição da população humana, as agências de saúde pública relevantes devem ter o mandato e a capacidade técnica para entender e avaliar os riscos relacionados ao Hg e para elaborar estratégias de mitigação que sejam apropriadas à natureza e à escala do evento de poluição e no contexto de outras prioridades de saúde nas comunidades impactadas. Considerações especiais para eventos de exposição de povos indígenas e comunidades tradicionais devem ser incluídas nas práticas padrão para reduzir impactos culturais

não intencionais adicionais da implementação de medidas de redução de risco de Hg.

- Para a exposição da vida selvagem, as agências ambientais e de recursos naturais relevantes devem ter o mandato e a capacidade de entender e avaliar os riscos relacionados à exposição ao Hg que incidem nas populações da vida selvagem, comunidades e a escala do impacto no ecossistema. Além de capacidade técnica para elaborar estratégias de mitigação que sejam apropriadas à natureza e à escala do evento de poluição.





CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NA AMAZÔNIA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Buck, David G.; Evers, David C.; Adams, Evan; DiGangi, Joseph; Beeler, Bjorn; Samánek, Jan; Petrlik, Jindrich; Turnquist, Madeline A.; Speranskaya, Olga; Regan, Kevin; Johnson, Sarah (2019). A global-scale assessment of fish mercury concentrations and the identification of biological hotspots. *Science of The Total Environment*, 687(), 956–966. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.06.159

Castilhos Z, Rodrigues-Filho S, Cesar R, Rodrigues AP, Villas-Bôas R, de Jesus I, Lima M, Faial K, Miranda A, Brabo E, Beinhoff C, Santos E. Human exposure and risk assessment associated with mercury contamination in artisanal gold mining areas in the Brazilian Amazon. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2015 Aug;22(15): 11255-64. doi: 10.1007/s11356-015-4340-y.

Anda, B., Ballesteros, M., Cerón-Martínez, A. L., Pinto, E., González, C., Saltos, J. J., ... & Huanca, E. (2022). I Informe del Observatorio Andino de Mercurio.

InSight Crime e Instituto Igarapé. *Amazônia saqueada: as raízes do crime ambiental em cinco países amazônicos*. 2022. Bogotá, Rio de Janeiro

Meneses HDNM, Oliveira-da-Costa M, Basta PC, Morais CG, Pereira RJB, de Souza SMS, Hacon SS. Mercury Contamination: A Growing Threat to Riverine and Urban Communities in the Brazilian Amazon. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Feb 28;19(5):2816. doi: 10.3390/ijerph19052816.

Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada – RAISG. *Garimpo ilegal*. 2020

Rice K.M., Walker E.M., Wu M., Gillette C., Blough E.R., Blough E.R. Environmental mercury and its toxic effects. *J. Prev. Med. Public Health*. 2014;47: 74–83. doi: 10.3961/jpmph.2014.47.2.74.

United Nations Environment Programme – UNEP. 2017. *Annual Report*

World Health Organization (WHO) *International Programme on Chemical Safety-Methylmercury*. WHO; Geneva, Switzerland: 1990.

FICHA TÉCNICA

REALIZAÇÃO

WWF-Brasil

Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca – Fiocruz

Centro de Innovación Científica Amazónica

Universidade do Estado de Mato Grosso

Secretaria Permanente da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (SP/OTCA)

AUTORES

Marcelo Oliveira da Costa, Sandra Hacon, Luiz E. Fernandez, Wilkinson Lopes Lazaro, Mauro Luis Ruffino, Fernando Cisneros

FOTO DE CAPA

© 123RF/ salajejan

DIAGRAMAÇÃO

Laboota



Trabalhamos em defesa da natureza pelas pessoas e pela vida selvagem

#JuntosÉpossível

wwf.org.br

