

Água contaminada e saúde indígena: metais pesados e agrotóxicos no Brasil

Isabela Rodrigues Chaveiro Queiroz da Silva¹; Fernanda Fernandes Nogueira¹; Sâmner Raul Helou Santos Al-Afiune Ibrahim Georgeos¹; Gabriela Queiroz Reis e Silva¹; Eduardo Prado Rosa Basílio¹; Arthur Moreira Moraes de Melo¹; Ricardo Elias do Vale Lima²

1. Discente do curso de Medicina do Centro Universitário UniEVANGÉLICA.

2. Docente curso de Medicina do Centro Universitário UniEVANGÉLICA.

RESUMO: A revisão integrativa apresenta um aumento da contaminação das águas brasileiras por metais pesados e agrotóxicos, acelerada principalmente pela mineração ilegal de ouro e pelo uso agrícola intensivo. Esses fatores afetam diretamente povos indígenas, que subsistência e bem-estar dependem dos recursos naturais, resultando em impactos como alterações renais, hepáticas, neurológicas, riscos alimentares, doenças tóxicas e infecciosas, além de anemia. O objetivo do estudo foi reunir e analisar evidências científicas sobre como a contaminação hídrica por metais pesados e agrotóxicos afeta a saúde das populações indígenas no Brasil, identificando mecanismos de exposição, causas e consequências sanitárias e ambientais. A metodologia seguiu as etapas da revisão integrativa, utilizando a estratégia PICo adaptada, estabelecendo a questão norteadora: “Como a exposição a metais pesados e agrotóxicos na água afeta a saúde de povos indígenas no Brasil?”. A busca foi realizada em outubro de 2025 na base PubMed, utilizando descritores MeSH e DeCS. Dos 30.581 artigos identificados, 12 atenderam aos critérios de inclusão (estudos originais publicados entre 2019 e 2025, com foco em populações indígenas e exposição hídrica tóxica). Os resultados foram organizados em três categorias. A primeira, exposição hídrica, confirmou contaminação por metais como mercúrio, cádmio, arsênico, alumínio e ferro, além da presença frequente de diversos agrotóxicos na água, sedimentos e alimentos, associada ao garimpo e ao uso agrícola. A segunda, desfechos clínicos, identificou níveis elevados de mercúrio em sangue e cabelo, prejuízos neurológicos, redução do QI infantil, anemia, desnutrição, alterações renais e hepáticas, além de modulação genética da susceptibilidade. A terceira, determinantes territoriais, destacou o papel do garimpo, da pulverização agrícola, da falta de água tratada e das lacunas regulatórias. Conclui-se que os povos indígenas enfrentam injustiça ambiental e vulnerabilidade sanitária. A combinação de contaminação química, desigualdade social e insuficiência de políticas públicas exige ações urgentes e integradas, que incluam monitoramento ambiental, vigilância em saúde, proteção territorial e acesso a água segura

Palavras-chave:
Povos indígenas.
Contaminação hídrica.
Metais pesados.
agrotóxico.
Saúde indígena.

INTRODUÇÃO

A intoxicação das águas brasileiras por metais pesados e agrotóxicos é algo que vem crescendo cada vez mais nos últimos anos^{1 2}. Essa intoxicação acontece principalmente por meio da mineração ilegal de ouro (garimpo)^{1 2 3 4 5 6 7 8} e o aumento da produção agrícola^{2 9 10 11}. Enquanto isso, povos indígenas, em sua maioria, dependem de recursos naturais para sobreviver, e a intoxicação de águas impacta diretamente na alimentação, saúde e bem-estar das vidas dessas pessoas¹². Como exemplo, podemos citar alterações renais³, hepáticas³, neurológicas^{4 6 7 8}, risco elevado de contaminação alimentar^{2 9 5 7 8}, risco de doenças tóxicas e infecciosas¹³ e anemia^{6 7}.

Diante do exposto, esta revisão integrativa tem como propósito reunir, sistematizar e analisar as evidências científicas disponíveis acerca das populações indígenas e da relação entre a contaminação dos recursos hídricos por metais pesados e agrotóxicos, e os impactos decorrentes sobre a saúde desses povos. Buscou-se, assim, identificar as principais causas, mecanismos de exposição e consequências sanitárias e ambientais associadas a essa problemática, considerando as vulnerabilidades socioculturais, territoriais e ambientais que intensificam os riscos enfrentados por essas comunidades.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa de literatura, seguindo as etapas metodológicas propostas para esse tipo de estudo: busca e seleção dos artigos, definição da questão norteadora, estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão, categorização, análise e síntese do conhecimento. A questão norteadora foi elaborada utilizando a estratégia PICO adaptada para revisões de literatura, em que P são os povos indígenas; I a exposição hídrica a metais pesados/agrotóxicos (mineração/uso agrícola) e Co os desfechos de saúde (neurológicos, hematológicos, renais, reprodutivos, desenvolvimento infantil, saúde mental ligada à intoxicação). Assim definiu-se: "Como a exposição a metais pesados e agrotóxicos na água afeta a saúde de povos indígenas no Brasil?".

A busca foi realizada em outubro de 2025, na base de dados PubMed (Public Medical Literature), utilizando os descritores MeSH e DeCS: *Indigenous people*, *indigenous*, *water*, *water pollution*, *mercury*, *lead*, *cadmium*, *pesticides* e *Brazil*, assim como seus equivalentes em português, combinados com os operadores booleanos AND e OR.

Foram incluídos estudos originais, disponíveis na íntegra, publicados em português ou inglês, no período de 2019 a 2025 que abordassem povos indígenas e os impactos que altos níveis de metais pesados e agrotóxicos têm na saúde deles. Excluíram-se revisões e artigos que não respondiam à questão norteadora, trabalhos duplicados e sem dados completos.

Inicialmente, foram recuperados 30 581 artigos na base de dados; após aplicação dos critérios de inclusão, permaneceram 13 218, dos quais, destes, excluíram-se 12 937 que não correspondiam ao tipo de estudo procurado. Dos 281 que permaneceram, foram selecionados 15 artigos para leitura na íntegra, com base no título e no resumo. Destes, excluíram-se 3 por não responderem a questão norteadora, resultando em 12 artigos incluídos na revisão integrativa.

RESULTADOS

Os artigos selecionados foram organizados, destacando-se as seguintes características: Autor e local; tipo de estudo e amostra; agente contaminante; desfecho; riscos; limitações (Quadro 1).

Quadro 1. CARACTERÍSTICAS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

Identificação	Tipo/amostra	Agente	Desfecho	Riscos/Viés	Achados/Limitações
(2)Vasconcellos et al., 2021.	Avaliação ambiental e de risco; 88 peixes de 17 espécies	Mercúrio (Hg total e MeHg); amostras de peixes	Risco elevado de intoxicação; ameaça à segurança alimentar e cultural	Amostragem pontual, sem biomarcadores humanos;	Contaminação por Hg em toda a cadeia trófica; risco crônico pelo consumo de peixe
Meneses et al., 2022.	Transversal; 462 adultos (8 comunidades + 1 urbana)	Hg no sangue;	Alterações renais, hepáticas e glicêmicas associadas	Não representativo da região inteira	Altos níveis de Hg em 90 % das comunidades ribeirinhas;
Jacques et al., 2024.	Transversal; 117 crianças (8 aldeias)	MeHg	QI baixo (68,6 média), atraso neurodesenvolvimento	Amostra restrita; sem grupo controle	Exposição crônica a MeHg associada a déficits cognitivos e desnutrição infantil
Guarda et al., 2022.	Monitoramento ambiental (2018–2019); água, solo e sedimento	Agrotóxicos	Potencial risco tóxico à biodiversidade e à saúde ribeirinha/indígena	Sem biomarcadores humanos; amostragem pontual	Contaminação multimatriz por pesticidas; risco de bioacumulação alimentar
Domingues et al., 2024.	Modelagem ambiental 8259 sub-bacias	Hg total e MeHg	Exposição alimentar elevada em comunidades tradicionais	Base modelada, sem amostragem empírica	49,79 % das comunidades com risco extremo de Hg;

Assis et al., 2019.	Transversal descritivo; água superficial e subterrânea	Fe, As, Al, Cd, Hg	Risco de doenças tóxicas e infecciosas	Falta de dados clínicos; sazonalidade	Altas concentrações de metais tóxicos; água não potável
Pinho et al., 2024.	Estudo ambiental, Amostras ambientais em duas aldeias	22 agrotóxicos	Queixas clínicas em relatos comunitários	Amostras pontuais; sem biomarcadores	Contaminação crônica e violação territorial
Damiani et al., 2023.	Estudo ambiental transversal, Água (n=33), sedimentos (n=16)	endossulfam	indiretos	Não mede saúde humana	Risco ambiental elevado próximo a monocultura
Silva et al., 2023	Estudo transversal com biomonitoramento, 107 indígenas ≥12 anos	Mercúrio	Neurológicos, anemia	Amostras pontuais	Polimorfismo e maior risco neurotóxico
Conteville et al., 2023.	Sequenciamento metagenômico (exposição indireta), 15 amostras fecais	Metais pesados	Indiretos	Sem medidas ambientais	Evidência biológica de exposição ambiental persistente
Hofer et al., 2025.	Transversal, 83 indígenas <12 anos	Mercúrio	Anemia, neurodesenv., nutrição	Amostras pontuais	Prejuízo infantil maior em aldeia com mais garimpo
Basta et al., 2021.	Transversal epidemiológico, 200+ indígenas	Mercúrio	Neurológicos, alimentação, psiquismo	Amostra pontual	Relação direta exposição–dano

Após a análise desses 12 trabalhos, agrupou-se os resultados em 3 grandes categorias temáticas: Exposição hídrica e níveis; desfechos clínicos e biomarcadores; determinantes ambientais/territoriais.

Exposição hídrica e níveis (metais/agrotóxicos; fonte: mineração/uso agrícola)

As análises de águas e sedimentos em diversas aldeias evidenciam a presença recorrente de metais tóxicos (entre eles alumínio, ferro, arsênico, cádmio e mercúrio), frequentemente em concentrações que ultrapassam os padrões de potabilidade, o que aponta para impacto da atividade mineradora sobre os recursos hídricos locais (Assis). Além disso, estudos realizados em territórios Munduruku demonstram que o mercúrio sofre biomagnificação na cadeia alimentar aquática, sobretudo em peixes piscívoros, e que o consumo habitual desses peixes constitui uma via importante de exposição humana (Basta). Adicionalmente, investigações sobre agrotóxicos indicam detecção ampla de múltiplos ingredientes ativos na água superficial, na água de abastecimento e na água de chuva, com compostos como fipronil, 2,4-D, clomazona e atrazina entre os mais frequentes (Pinho). No entanto, mesmo quando as concentrações quantificadas estão dentro dos limites legais, a elevada frequência de detecções, em que muitas são apenas qualitativas, e a identificação de compostos que não constam nas listagens oficiais de monitoramento sugerem uma exposição crônica potencial e lacunas no sistema de vigilância (Pinho). Assim, a convergência dessas evidências (contaminação por metais associada à mineração, biomagnificação na cadeia aquática e presença persistente de agrotóxicos vinculada ao uso agrícola) aliada à dependência de fontes hídricas não tratadas, à dieta baseada em pescado e às vulnerabilidades socioeconômicas das populações indígenas, configura um risco concreto e persistente à saúde desses povos (Assis; Basta; Pinho).

Desfechos clínicos e biomarcadores (neuro, hematológico, renal, reprodutivo; desenvolvimento infantil)

As populações indígenas analisadas apresentaram indicadores biomarcadores frequentemente acima de limites de segurança, indicando exposição crônica a mercúrio e outros agentes tóxicos (Basta; Silva). Além disso, avaliações clínicas documentaram alta prevalência de sinais neurológicos — incluindo déficits somatossensoriais, alterações motoras e prejuízos cognitivos — associados a maiores cargas corporais de mercúrio (Silva; Basta). Em crianças, estudos observaram comprometimento do desenvolvimento neuro cognitivo relacionado à exposição acumulada, com relação estatisticamente significativa entre níveis de mercúrio e desempenho intelectual reduzido (Jacques). Pesquisas genéticas identificaram polimorfismos que modulam a resposta ao mercúrio, com certos genótipos associados a menor carga corporal e outros a maior risco clínico, sugerindo heterogeneidade de vulnerabilidade entre aldeias (Silva; Basta).

No âmbito hematológico, nutricional e de crescimento infantil, coortes indígenas relataram prevalência relevante de anemia e padrões antropométricos que denunciam déficits crônicos de nutrição e desenvolvimento, o que reforça a sobreposição entre insegurança nutricional e exposição química (Silva; Basta; Domingues; Jacques). Ainda, marcadores renais e hepáticos mostraram alterações em subgrupos e foram observadas associações entre exposição elevada e eventos cardiovasculares,

apontando para efeitos sistêmicos além do dano neurológico (Meneses; Basta). Estudos metagenômicos evidenciaram assinaturas microbianas e genes de resistência a metais em grupos semi-isolados, revelando uma interação contínua entre contaminação ambiental e microbioma humano (Condoville).

Eventos sentinela como hospitalizações infantis e casos com cargas muito elevadas de mercúrio foram registrados em algumas localidades, funcionando como alertas para impactos agudos sobre a saúde (Jacques; Meneses). Ademais, determinantes sociais, como a dependência de pescado contaminado, saneamento inadequado, uso de água de rios não tratada e condições socioeconômicas precárias, mostraram correlação com maiores exposições e piores desfechos biomédicos, indicando que fatores sociais amplificam os riscos tóxicos (Basta; Meneses; Silva).

Determinantes ambientais/territoriais (garimpo, pulverização, perda territorial; acesso à água segura; políticas/monitoramento)

As investigações apontam múltiplas substâncias agroquímicas em rios, sedimentos e poços, com um padrão de persistência em sedimentos e distribuição espacial que remete ao cultivo intensivo local como provável fonte antrópica das contaminações observadas, reforçando a relação entre uso agrícola e poluição hídrica (Damiani).

Paralelamente, análises de águas e estações de amostragem em diferentes pontos mostram repetidas excedências de parâmetros para metais tóxicos e falhas nos sistemas locais de tratamento e abastecimento, indicando que fontes minerais e atividades antrópicas combinam-se para comprometer a potabilidade e o acesso à água segura (Assis).

No que tange ao mercúrio, a atividade garimpeira é apontada como determinante territorial central: invasões e operações de mineração correlacionam-se com a entrada de mercúrio nos sistemas aquáticos, biomagnificação em organismos aquáticos e exposição humana via consumo de pescado, o que caracteriza o garimpo como um motor territorial da contaminação por mercúrio (Vasconcellos).

Em síntese, a convergência dessas evidências demonstra que determinantes territoriais, sobretudo o garimpo e o uso agrícola intensivo, que limitam o acesso a água segura e revelam lacunas em políticas e sistemas de monitoramento, sinalizando a necessidade de ações regulatórias e de vigilância ambiental mais abrangentes e específicas para territórios indígenas (Pinho; Damiani; Assis; Vasconcellos).

FIGURA 1. FLUXOGRAMA DOS PRINCIPAIS RESULTADOS ENCONTRADOS



DISCUSSÃO

Os resultados analisados evidenciaram um cenário de contaminação ambiental persistente e multifatorial, que compromete de maneira direta a saúde e o modo de vida das populações indígenas. As análises de água e sedimentos revelaram níveis recorrentes e elevados de metais tóxicos (alumínio, ferro, arsênico, cádmio e mercúrio), frequentemente acima dos valores máximos permitidos para consumo humano¹². Em aldeias como as dos povos Maxakali, esses metais foram detectados em praticamente todas as amostras de águas superficiais e subterrâneas, enquanto nas áreas Munduruku observou-se biomagnificação de mercúrio na cadeia alimentar aquática, tornando o consumo de peixe uma importante via de exposição humana. Paralelamente, a presença disseminada de ingredientes ativos de agrotóxicos, como fipronil, 2,4-D, clomazona e atrazina, em águas de diferentes origens (superficiais, de abastecimento e até na chuva) demonstrou a persistência das fontes de contaminação.

Mesmo quando abaixo dos limites legais, a frequência de detecções e a presença de compostos não regulamentados apontaram para uma exposição crônica e cumulativa, agravada pelo uso de fontes hídricas não tratadas e pela dependência alimentar de pescado. Resultados semelhantes foram obtidos por *Panis et al.*, que analisou dados de monitoramentos de água potável de diversos estados brasileiros, revelando que a presença combinada de diversos pesticidas é comum e reforçando a ideia de que a contaminação hídrica não é um fenômeno restrito às comunidades indígenas, mas parte de um cenário mais amplo de uso intensivo de agrotóxicos, que afeta todo o país.

Essas condições ambientais se refletem diretamente em desfechos clínicos e biomarcadores preocupantes. As concentrações de mercúrio em cabelo e sangue excedem amplamente os níveis de segurança, com mais de 70% dos indivíduos apresentando valores acima de 10 µg/L e picos que

ultrapassam 12 µg/g em comunidades como Sawré Aboy. Esses achados estão associados a alta prevalência de sinais neurológicos, incluindo déficits motores, somatossensoriais e cognitivos, além de redução significativa no desempenho intelectual de crianças expostas, com correlação negativa entre os níveis de mercúrio e o QI. Os impactos extrapolam o sistema nervoso, visto que observa-se altas taxas de anemia, desnutrição e comprometimento do crescimento infantil, bem como alterações renais, hepáticas e cardiovasculares, evidenciando que a exposição afeta múltiplos sistemas fisiológicos. A influência de fatores genéticos, como variações no gene GSTP1, reforça a existência de diferentes susceptibilidades individuais dentro das comunidades, revelando uma interação complexa entre fatores biológicos, ambientais e sociais.

Do ponto de vista territorial, os resultados destacam o papel central dos determinantes ambientais e socioeconômicos na gênese e perpetuação dessa crise sanitária. O garimpo e a mineração surgem como fontes principais de mercúrio, enquanto o uso intensivo e irregular de agrotóxicos e a expansão agrícola (como o cultivo de dendê) contribuem para a disseminação de contaminantes químicos e organoclorados em rios, poços e sedimentos. A contaminação sazonal e atmosférica indica que as fronteiras territoriais das aldeias não oferecem barreiras efetivas contra esses poluentes. Além disso, falhas no monitoramento e na regulação ambiental, associadas à falta de saneamento básico, abastecimento seguro e políticas públicas adequadas, acentuam as vulnerabilidades históricas desses povos. Nesse sentido, o artigo de *de Oliveira et al.* evidencia que as fragilidades da regulação ambiental brasileira contribuem para a perpetuação dessas desigualdades. Ao comparar os valores máximos permitidos de agrotóxicos na água potável nacional com parâmetros internacionais, os autores demonstraram que a legislação brasileira adota limites mais permissivos e não contempla diversos ingredientes ativos atualmente em uso, especialmente os considerados emergentes, o que reduz a efetividade do controle e pode mascarar situações de risco real à saúde.

CONCLUSÃO

Diante desse conjunto de evidências, conclui-se que as populações indígenas vivem sob um quadro de injustiça ambiental e vulnerabilidade sanitária estrutural, em que a degradação ambiental e as desigualdades sociais se retroalimentam. A exposição simultânea a metais e agrotóxicos configura uma mistura de contaminantes com potencial de causar efeitos graves e de longo prazo, especialmente em grupos sensíveis como mulheres e crianças. Esses resultados demandam respostas urgentes e integradas, que combinem monitoramento ambiental contínuo, vigilância em saúde, intervenções terapêuticas e estratégias de mitigação culturalmente adaptadas. Nessa perspectiva, políticas públicas efetivas devem

priorizar as comunidades mais afetadas, garantindo acesso à água potável, segurança alimentar e acompanhamento médico contínuo, ao mesmo tempo em que se fortaleçam ações mais rígidas de proteção territorial e ambiental. Apenas por meio de uma abordagem intersetorial e de respeito à autonomia dos povos indígenas será possível interromper o ciclo de exposição e adoecimento, promovendo justiça ambiental e equidade em saúde.

REFERÊNCIAS

1. JACQUES et al. Environmental Geochemical Analysis in the Yanomami Indigenous Land, Mucajaí River Basin, State of Roraima, Brazil. **Toxics**, v. 11, n. 861, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics11100861>.
2. VASCONCELLOS et al. Health Risk Assessment of Mercury Exposure from Fish Consumption in Munduruku Indigenous Communities in the Brazilian Amazon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 7940, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18157940>.
3. MENESES et al. Mercury Contamination: A Growing Threat to Riverine and Urban Communities in the Brazilian Amazon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 2816, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19052816>.
4. JACQUES et al. Clinical, Laboratory and Neurodevelopmental Findings in Children from the Yanomami-Ninam Population Chronically Exposed to Methylmercury. **Toxics**, v. 12, n. 193, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics12030193>.
5. DOMINGUES et al. Mercury Dynamics and Bioaccumulation Risk Assessment in Three Gold Mining-Impacted Amazon River Basins. **Toxics**, v. 12, n. 599, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics12080599>.
6. SILVA et al. Chronic Mercury Exposure and GSTP1 Polymorphism in Munduruku Indigenous from Brazilian Amazon. **Toxics**, v. 11, n. 138, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics11020138>.
7. HOFER et al. Munduruku Indigenous Children: Health Situation in an Area with High Mercury Exposure. **Revista de Saúde Pública**, v. 59, e19, 2025. DOI: <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2025059006403>.
8. BASTA. Gold mining in the Amazon: the origin of the Yanomami health crisis. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 39, n. 12, e00111823, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311XEN111823>.
9. GUARDA et al. Pesticide Residues in the Formoso River: A Threat to Biodiversity in the Cerrado of the Tocantins State, Brazil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, e42111932051, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32051>.
10. PINHO et al. Agrotóxicos e violações nos direitos à saúde e à soberania alimentar em comunidades Guarani Kaiowá de MS, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 29, e06462024, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-812320242912.06462024>.
11. DAMIANI et al. Water and sediment pesticide contamination on indigenous lands surrounded by oil palm plantations in the Brazilian Amazon. **Heliyon**, v. 9, e19920, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19920>.
12. BASTA et al. Mercury Exposure in Munduruku Indigenous Communities from Brazilian Amazon: Methodological Background and an Overview of the Principal Results. **International Journal of**

Environmental Research and Public Health, v. 18, n. 9222, p. 1–32, 2021. DOI:

<https://doi.org/10.3390/ijerph18179222>.

13. ASSIS et al. High Concentrations of Toxic Metals in Water Consumed by the Maxakali Indigenous Community in Brazil. *Revista Ambiente & Água*, v. 14, n. 1, e2215, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambiente-agua.2215>.

14. CONTEVILLE et al. Heavy metal resistance in the Yanomami and Tunapuco microbiome. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 118, e230086, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0074-02760230086>.

15. LEITE et al. A Comparison of Maximum Permissible Concentrations for Pesticides in Brazilian Water Supply. *Rural Sustainability Research*, v. 41, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.2478/plua-2023-0011>.

16. PANIS et al. Widespread pesticide contamination of drinking water and impact on cancer risk in Brazil. *Environment International*, v. 165, 107321, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107321>.