



ISSN 2674-8169



Qualis B3
CAPES 2021-2024

Latindex



DOI

Google
Acadêmico

Impactos da exposição ao mercúrio no neurodesenvolvimento de crianças ribeirinhas e indígenas da Amazônia: uma revisão integrativa de literatura

Bianca Difredibuar dos Santos Raposo¹, Vitor Hilberth da Silva Ribeiro¹, Andreza Mel Miotto Carneiro¹, Yure Oliveira da Costa¹, Evelyn Gomes Pinheiro¹, Isabela Carolina Rodrigues de Moraes¹, Douglas Generoso Santana¹, Milena Leonarde Kloss de Faria¹, Heloiza de Almeida Carneiro², Bruno Anderson Fernandes da Silva³



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2026v8n8p419-436>

Artigo recebido em 10 de Julho e publicado em 10 de Agosto de 2026

ARTIGO REVISÃO

RESUMO

Introdução: O mercúrio é um contaminante ambiental de relevância global e a Amazônia brasileira concentra um dos cenários de exposição humana mais expressivos do mundo, em razão da combinação entre fontes geoquímicas naturais, garimpo de ouro e dieta fortemente dependente do pescado. Crianças ribeirinhas e indígenas constituem o grupo de maior vulnerabilidade, uma vez que o metilmercúrio atravessa as barreiras placentária e hematoencefálica e interfere em processos críticos da formação do sistema nervoso. **Objetivo:** Analisar as evidências científicas sobre os impactos da exposição ao mercúrio no neurodesenvolvimento de crianças ribeirinhas e indígenas da Amazônia. **Método:** Trata-se de revisão integrativa da literatura, com abordagem qualitativa, conduzida em seis etapas, com buscas nas bases PubMed, SciELO e LILACS. Foram incluídos estudos publicados entre 2016 e 2025, disponíveis na íntegra e de acesso gratuito, em português, inglês e espanhol, resultando em cinco publicações analisadas. **Resultados:** Os estudos evidenciaram concentrações capilares de mercúrio frequentemente acima do limite de 2,0 µg/g, com valores individuais superiores a 20 µg/g em comunidades do rio Tapajós. Observou-se associação inversa consistente entre a carga corporal de mercúrio e o desempenho cognitivo infantil, com prejuízos em quociente de inteligência, memória operacional verbal e visuoespacial, fluência verbal e conhecimento semântico. Em população indígena Yanomami, o quociente de inteligência total médio foi de 68,6, coexistindo com déficit estatural, anemia e baixa cobertura vacinal. A exposição pré-natal, mediada pelo consumo materno de pescado, mostrou-se determinante nos primeiros 1.000 dias de vida. **Conclusão:** A exposição ao mercúrio associa-se a prejuízos mensuráveis no neurodesenvolvimento de crianças amazônicas, potencializados por insegurança alimentar, desnutrição e barreiras de acesso aos serviços de saúde, sendo necessárias

vigilância ambiental permanente, biomonitoramento sistemático e acompanhamento longitudinal do desenvolvimento infantil nessas populações.

Palavras-chave: Mercúrio; Compostos de Metilmercúrio; Transtornos do Neurodesenvolvimento; Povos Indígenas; Saúde da Criança.

Impacts of Mercury Exposure on the Neurodevelopment of Riverside and Indigenous Children in the Amazon: An Integrative Literature Review

ABSTRACT

Introduction: Mercury is an environmental contaminant of global relevance, and the Brazilian Amazon concentrates one of the most significant scenarios of human exposure worldwide, owing to the combination of natural geochemical sources, gold mining and a diet heavily dependent on fish. Riverine and Indigenous children are the most vulnerable group, since methylmercury crosses the placental and blood-brain barriers and interferes with critical processes of nervous system formation. **Objective:** To analyze the scientific evidence on the impacts of mercury exposure on the neurodevelopment of riverine and Indigenous children in the Amazon. **Method:** This is an integrative literature review with a qualitative approach, conducted in six stages, with searches in the PubMed, SciELO and LILACS databases. Studies published between 2016 and 2025, available in full text and free of charge, in Portuguese, English and Spanish, were included, resulting in five publications. **Results:** The studies showed hair mercury concentrations frequently above the 2.0 µg/g threshold, with individual values exceeding 20 µg/g in communities of the Tapajós River. A consistent inverse association was observed between body burden of mercury and children's cognitive performance, with impairments in intelligence quotient, verbal and visuospatial working memory, verbal fluency and semantic knowledge. Among Yanomami Indigenous children, mean total intelligence quotient was 68.6, coexisting with stunting, anemia and low vaccination coverage. Prenatal exposure, mediated by maternal fish consumption, proved decisive during the first 1,000 days of life. **Conclusion:** Mercury exposure is associated with measurable impairments in the neurodevelopment of Amazonian children, amplified by food insecurity, malnutrition and barriers to health care access, requiring permanent environmental surveillance, systematic biomonitoring and longitudinal follow-up of child development in these populations.

Keywords: Mercury; Methylmercury Compounds; Neurodevelopmental Disorders; Indigenous Peoples; Child Health.



Instituição afiliada:

¹ Graduando em Medicina pela Faculdade Serra Dourada, Altamira – Pará

² Graduando em Medicina pela Afya, Bragança – Pará

³ Docente do curso de Medicina da Faculdade Serra Dourada, Altamira – Pará

Autor correspondente: rapososbianca@gmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

O mercúrio é reconhecido como um dos contaminantes ambientais de maior relevância para a saúde pública, em razão de sua persistência nos ecossistemas, de sua capacidade de biomagnificação ao longo da cadeia trófica e de sua toxicidade em concentrações comparativamente baixas. Na Bacia Amazônica, a exposição humana ao metal decorre da associação entre fontes geoquímicas naturais, presentes nos solos da região, e fontes antrópicas, sobretudo a mineração artesanal de ouro, que libera mercúrio inorgânico nos corpos hídricos (Dórea; Marques, 2016).

Uma vez em ambiente aquático, o mercúrio inorgânico sofre metilação por ação microbiana e converte-se em metilmercúrio, forma orgânica de elevada lipossolubilidade que se acumula progressivamente nos tecidos dos peixes. Espécies carnívoras e piscívoras, situadas no topo da cadeia alimentar, concentram as maiores cargas do metal, de modo que populações cuja dieta depende do pescado passam a apresentar exposição crônica, ainda que residam a grandes distâncias das áreas de garimpo (Pinheiro et al., 2007; Dórea; Marques, 2016).

Esse cenário atinge de forma desproporcional as populações ribeirinhas e indígenas da Amazônia, para as quais o pescado representa simultaneamente a principal fonte de proteína, um elemento estruturante da economia doméstica e um marcador cultural. Estudos de biomonitoramento realizados em comunidades dos rios Tapajós, Tocantins, Madeira e Caeté têm documentado concentrações capilares de mercúrio superiores aos parâmetros de referência, inclusive entre crianças, evidenciando que a exposição se inicia precocemente e se mantém ao longo do desenvolvimento (Pinheiro et al., 2007; Farias et al., 2011; Freitas et al., 2019).

A vulnerabilidade infantil ao metilmercúrio decorre de particularidades fisiológicas do período de desenvolvimento. O composto atravessa livremente a barreira placentária e a barreira hematoencefálica, alcançando o encéfalo fetal em concentrações que podem superar as maternas, e prolonga-se após o nascimento por meio do aleitamento e da introdução alimentar. Assim, a exposição pré-natal e os primeiros anos de vida constituem janelas críticas nas quais mesmo cargas moderadas

do metal podem repercutir sobre a arquitetura do sistema nervoso central (Jacques et al., 2025).

Os mecanismos neurotóxicos descritos na literatura envolvem a elevada afinidade do metilmercúrio por grupamentos sulfidríla, o que compromete a homeostase redox e amplia a produção de espécies reativas de oxigênio. A esses eventos somam-se a desregulação da homeostase do cálcio intracelular, a alteração da expressão gênica, o prejuízo à proliferação e à migração neuronal e a interferência na neurogênese, processos que, em conjunto, resultam em organização citoarquitetônica atípica e em morte celular programada em regiões encefálicas em maturação (Jacques et al., 2024; Jacques et al., 2025).

As repercussões clínicas desses mecanismos manifestam-se de modo predominantemente subclínico e cumulativo. Em crianças amazônicas, a literatura descreve reduções no quociente de inteligência, prejuízos de memória operacional verbal e visuoespacial, menor fluência verbal, alterações do processamento visuoespacial, atrasos nos domínios de linguagem e pessoal-social e comprometimento da destreza motora fina (Marques et al., 2012; Santos-Lima et al., 2020; Jacques et al., 2024). Em adultos das mesmas comunidades, manifestações neurológicas como parestesias, alterações de equilíbrio e déficits somatossensoriais reforçam o caráter sistêmico e progressivo da neurotoxicidade (Khoury et al., 2013).

Apesar do acúmulo de evidências, a produção científica sobre desfechos de neurodesenvolvimento em crianças amazônicas permanece fragmentada, com heterogeneidade importante quanto aos instrumentos de avaliação, às faixas etárias estudadas e aos biomarcadores utilizados. A escassez é ainda mais acentuada quando se consideram especificamente as populações indígenas, para as quais faltam instrumentos cognitivos culturalmente adaptados e dados sistemáticos de vigilância (Jacques et al., 2025). Diante desse cenário, justifica-se a realização de uma revisão integrativa capaz de reunir, comparar e sintetizar os achados disponíveis, subsidiando a prática assistencial na atenção primária e a formulação de políticas públicas de vigilância ambiental e de saúde da criança.

OBJETIVO

Analisar, à luz da produção científica publicada entre 2016 e 2025, as evidências sobre os impactos da exposição ao mercúrio no neurodesenvolvimento de crianças ribeirinhas e indígenas da Amazônia, identificando os desfechos cognitivos, motores e comportamentais descritos, os níveis de exposição documentados e os determinantes socioambientais associados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com abordagem qualitativa, cuja finalidade é reunir, analisar e sintetizar os achados científicos mais relevantes sobre a exposição ao mercúrio e o neurodesenvolvimento de crianças ribeirinhas e indígenas da Amazônia (Souza; Silva; Carvalho, 2010). Esse delineamento permite integrar resultados de pesquisas com diferentes desenhos metodológicos, favorecendo uma compreensão ampliada do fenômeno investigado e contribuindo para a prática baseada em evidências (Botelho; Cunha; Macedo, 2011).

A revisão seguiu as seis etapas metodológicas propostas por Mendes, Silveira e Galvão (2008): (1) identificação do tema e formulação da questão de pesquisa; (2) estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão; (3) definição das informações a serem extraídas dos estudos; (4) avaliação metodológica dos estudos incluídos; (5) interpretação dos resultados; e (6) apresentação da síntese do conhecimento.

A questão norteadora foi elaborada com base na estratégia PICo, considerando: P (População): crianças ribeirinhas e indígenas da Amazônia; I (Fenômeno de interesse): exposição ao mercúrio e ao metilmercúrio; Co (Contexto): impactos sobre o neurodesenvolvimento. Definiu-se, assim, a seguinte questão de pesquisa: o que a literatura científica evidencia sobre os impactos da exposição ao mercúrio no neurodesenvolvimento de crianças ribeirinhas e indígenas da Amazônia?

Foram incluídos artigos científicos publicados entre 2016 e 2025, disponíveis na íntegra, de acesso gratuito, nos idiomas português, inglês e espanhol, que abordassem populações infantis ou materno-infantis da Amazônia e apresentassem desfechos relacionados ao neurodesenvolvimento, ao desempenho cognitivo ou a manifestações

neurológicas associadas à exposição ao mercúrio. Foram excluídos editoriais, cartas ao editor, dissertações, teses, capítulos de livros, estudos experimentais em modelos animais, investigações conduzidas exclusivamente com populações adultas e estudos que não respondessem à questão norteadora. Publicações anteriores a 2016, embora não elegíveis para composição do corpus, foram utilizadas como literatura de sustentação teórica na introdução e na discussão, dada sua relevância histórica para o tema.

A estratégia de busca utilizou descritores controlados dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e do Medical Subject Headings (MeSH), combinados pelos operadores booleanos AND e OR, de modo a ampliar a sensibilidade da busca, conforme apresentado no Quadro 1. As buscas foram realizadas nas bases Scientific Electronic Library Online (SciELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e PubMed.

Quadro 1 – Estratégia de busca dos artigos nas bases de dados.

Base de dados	Estratégia de busca com os operadores booleanos
PubMed	("Mercury" OR "Methylmercury Compounds") AND ("Child Development" OR "Neurodevelopmental Disorders") AND ("Indigenous Peoples" OR "Child") AND (Amazon OR Brazil)
SciELO	("Mercúrio" OR "Compostos de Metilmercúrio") AND ("Desenvolvimento Infantil" OR "Transtornos do Neurodesenvolvimento") AND ("Povos Indígenas" OR "Criança") AND (Amazônia OR Brasil)
LILACS	("Mercúrio" OR "Compostos de Metilmercúrio") AND ("Desenvolvimento Infantil" OR "Transtornos do Neurodesenvolvimento") AND ("Povos Indígenas" OR "Criança") AND (Amazônia OR Brasil)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

A seleção dos estudos ocorreu em duas etapas: inicialmente pela leitura dos títulos e resumos e, posteriormente, pela leitura na íntegra dos artigos, momento em que foram reaplicados os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. A extração dos dados foi realizada por meio de instrumento elaborado pelos autores, contendo as seguintes variáveis: título do estudo, autores, ano de publicação, objetivo, população, local da pesquisa, método, principais resultados e nível de evidência.

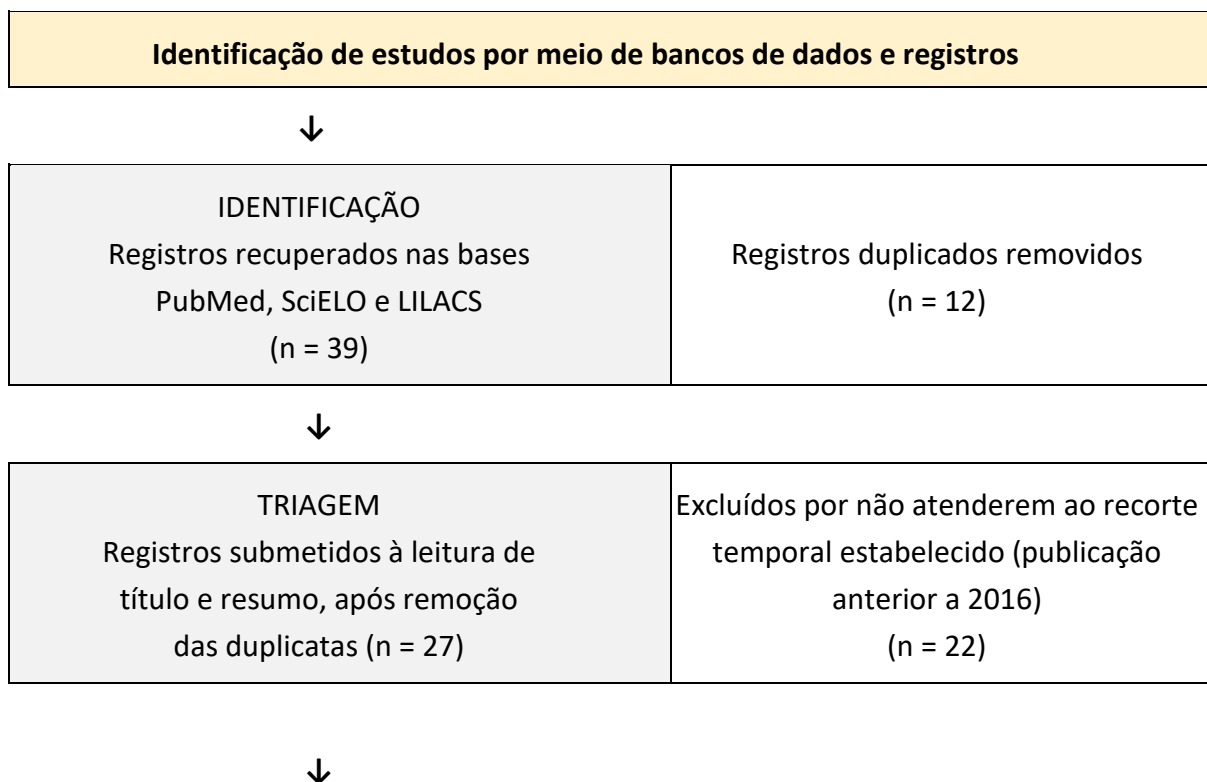
A avaliação metodológica dos estudos incluídos seguiu a classificação dos sete níveis de evidência proposta por Melnyk e Fineout-Overholt (2019), permitindo analisar o delineamento adotado em cada publicação. Os dados foram analisados conforme a proposta qualitativa de Bardin (2016), compreendendo as etapas de pré-análise, exploração do material, tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

Ressalta-se que os aspectos éticos deste estudo estão em consonância com a Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, não sendo necessária apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa, por se tratar de estudo realizado com dados secundários e documentos científicos de acesso público.

RESULTADOS

O mapeamento das evidências científicas seguiu o fluxo apresentado na Figura 1, adaptado do PRISMA para revisões integrativas, contemplando as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. Ao final do processo, cinco estudos compuseram esta revisão integrativa.

Figura 1 – Fluxograma PRISMA adaptado para Revisão Integrativa da Literatura.



ELEGIBILIDADE Artigos avaliados na íntegra (n = 5)	Excluídos após leitura completa por não responderem à questão norteadora (n = 0)
---	---



INCLUSÃO Estudos incluídos na revisão integrativa (n = 5) PubMed (n = 3) SciELO (n = 1) LILACS (n = 1)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Nota: a estratégia de busca adotada foi restritiva quanto aos descritores de desfecho, o que limitou o número de registros recuperados, conforme discutido nas limitações do estudo.

Os cinco estudos incluídos foram publicados entre 2016 e 2025 e apresentaram predomínio de delineamentos transversais e descritivos, classificados majoritariamente com nível de evidência VI, acrescidos de uma revisão de literatura (nível V) e de um ensaio teórico (nível VII), conforme sintetizado no Quadro 2. As investigações foram conduzidas em diferentes territórios da Amazônia brasileira, abrangendo comunidades ribeirinhas dos rios Tapajós, Tocantins, Caeté e Madeira, nos estados do Pará e de Rondônia, e a Terra Indígena Yanomami, em Roraima.

Quanto à população estudada, os estudos contemplaram crianças e adolescentes de faixas etárias amplas, desde recém-nascidos até quatorze anos, incluindo populações ribeirinhas, comunidades reassentadas em decorrência de empreendimentos hidrelétricos e povos indígenas. Os métodos de aferição da exposição foram convergentes: em todos os estudos empíricos utilizou-se a mensuração do mercúrio total em amostras de cabelo como biomarcador de exposição crônica, coletadas na região occipital e analisadas por espectrofotometria de absorção atômica.

Em relação aos níveis de exposição, os achados demonstraram concentrações capilares frequentemente superiores ao limite de 2,0 µg/g. Entre crianças ribeirinhas do rio Tapajós foram registrados valores individuais que ultrapassaram 20 µg/g, com exposição mais elevada entre aquelas nascidas e criadas na própria localidade (Freitas et al., 2019). Na

Terra Indígena Yanomami, 79,4% das crianças avaliadas apresentaram concentrações acima do parâmetro de referência, com média de 3,30 µg/g (Jacques et al., 2024).

No que se refere aos desfechos de neurodesenvolvimento, os estudos que aplicaram instrumentos padronizados evidenciaram associação inversa entre a carga corporal de mercúrio e o desempenho cognitivo. Santos-Lima et al. (2020) identificaram que crianças e adolescentes situados no quartil superior de mercúrio capilar apresentaram escores inferiores em quociente de inteligência estimado, memória operacional visuoespacial, conhecimento semântico e fluência verbal fonológica, com redução aproximada de meio desvio-padrão para cada acréscimo de 10 µg/g no biomarcador, mesmo após ajuste por idade, sexo e escolaridade materna.

Entre crianças indígenas, Jacques et al. (2024) documentaram quociente de inteligência total médio de 68,6, com 55,2% das crianças testadas classificadas com déficit intelectual e 34,5% em faixa limítrofe. Esses achados coexistiram com elevada prevalência de déficit estatural (77,3%), anemia (27,3%) e baixa cobertura vacinal (15,5%), configurando um quadro de múltiplas privações sobrepostas à exposição ambiental.

Os estudos também destacaram a relevância da janela de exposição. O modelo teórico proposto por Jacques et al. (2025) situa a exposição pré-natal ao metilmercúrio, decorrente do consumo materno de pescado contaminado, no interior de uma rede causal que inclui assistência pré-natal, condições de nascimento, estado nutricional, ocorrência de doenças infecciosas e determinantes socioeconômicos, com repercussões concentradas nos primeiros 1.000 dias de vida. De modo complementar, Dórea e Marques (2016) sintetizam que os nutrientes presentes no pescado, particularmente os ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, podem modular parcialmente os efeitos adversos do metal, sem, contudo, neutralizá-los.

A partir da análise temática, os achados foram organizados em quatro categorias analíticas: (1) magnitude e determinantes da exposição ambiental ao mercúrio; (2) desfechos cognitivos e neurológicos em crianças; (3) diferenças entre populações ribeirinhas e indígenas; e (4) implicações para a vigilância em saúde e para as políticas públicas.

Quadro 2 – Caracterização dos estudos incluídos na revisão integrativa (n = 5).

Autores/Ano	Principais resultados
Dórea; Marques (2016)	Revisão sobre níveis de mercúrio e saúde humana na Bacia Amazônica, com nível de evidência V. Sintetiza as fontes geoquímicas e garimpeiras do metal, a metilação em ambientes aquáticos e a biomagnificação ao longo da cadeia trófica. Principais achados: o pescado é a via dominante de exposição das populações amazônicas; gestantes e crianças constituem os grupos de maior risco; os nutrientes do pescado podem modular, mas não anulam, os efeitos adversos do metilmercúrio sobre o sistema nervoso em desenvolvimento.
Freitas et al. (2019)	Estudo transversal, com nível de evidência VI, que mensurou a concentração de mercúrio capilar em 219 crianças de quatro comunidades ribeirinhas (rios Tapajós, Tocantins e Caeté) e avaliou a influência do local de nascimento e de residência nos períodos pré e pós-natal. Principais achados: as maiores concentrações capilares ocorreram nas comunidades do Tapajós, com valores individuais superiores a 20 µg/g; crianças nativas dessas localidades apresentaram exposição mais elevada do que as não nativas, indicando que residir na área desde a vida intrauterina amplia a carga corporal do metal.
Santos-Lima et al. (2020)	Estudo transversal, com nível de evidência VI, que avaliou 263 participantes de 6 a 14 anos de comunidades ribeirinhas e reassentadas da bacia do rio Madeira (Rondônia) por meio de bateria neuropsicológica (WASI, Corsi, Digit Span, fluência verbal, controle inibitório, flexibilidade cognitiva e destreza motora). Principais achados: crianças no quartil superior de mercúrio capilar apresentaram desempenho inferior em QI estimado, memória operacional visuoespacial, conhecimento semântico e fluência verbal fonológica; a cada 10 µg/g de acréscimo no mercúrio capilar houve redução aproximada de meio desvio-padrão nesses domínios, mesmo após ajuste por idade, sexo e escolaridade materna.
Jacques et al. (2024)	Estudo transversal, com nível de evidência VI, realizado em 2022 na Terra Indígena Yanomami (Alto Mucajaí, Roraima), com 120 crianças menores de 12 anos, integrando avaliação clínica, laboratorial, antropométrica e cognitiva (SON-R e WASI). Principais achados: 79,4% das crianças testadas apresentaram mercúrio capilar acima de 2,0 µg/g; o QI total médio foi de 68,6, com 55,2% classificadas com déficit intelectual; déficits estatura/idade em 77,3% e anemia em 27,3%. Na regressão linear, menores escores de QI associaram-se a maiores níveis de mercúrio, maior idade e consumo de pescado.

Jacques et al. (2025)	Ensaio teórico, com nível de evidência VII, que elaborou modelo explicativo dos determinantes do neurodesenvolvimento nos primeiros 1.000 dias de vida em crianças indígenas amazônicas, seguindo as sete etapas do checklist para relato teórico em estudos epidemiológicos. Principais achados: a exposição pré-natal ao metilmercúrio, decorrente do consumo materno de pescado contaminado e prolongada pela amamentação, atua sobre uma rede causal que inclui assistência pré-natal, condições de nascimento, desnutrição, doenças infecciosas e vulnerabilidade socioeconômica; os autores destacam a escassez de dados sobre neurodesenvolvimento em populações indígenas.
--------------------------	--

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

DISCUSSÃO

Conclusão do estudo. O Mais sucinto possível. A presente revisão integrativa evidenciou que a exposição ao mercúrio em crianças ribeirinhas e indígenas da Amazônia associa-se a prejuízos mensuráveis no neurodesenvolvimento, expressos sobretudo em domínios cognitivos de alta demanda executiva. Os achados convergem para um padrão de neurotoxicidade subclínica e cumulativa, no qual as manifestações não se apresentam como quadros neurológicos francos, mas como reduções sistemáticas de desempenho em testes padronizados, frequentemente não percebidas no cotidiano familiar e escolar (Santos-Lima et al., 2020; Jacques et al., 2024).

Do ponto de vista fisiopatológico, os mecanismos que sustentam esses desfechos são multifatoriais. A elevada afinidade do metilmercúrio por grupamentos tiol permite sua ligação a resíduos de cisteína, formando complexos que mimetizam a metionina e possibilitam o transporte ativo através da barreira hematoencefálica. No interior do tecido nervoso, o composto depleta glutatona, promove estresse oxidativo, desregula a homeostase do cálcio intracelular e compromete a proliferação, a migração e a diferenciação neuronal, processos descritos como as três principais vias de interferência do metal na neurogênese de mamíferos (Jacques et al., 2024; Jacques et al., 2025).

A vulnerabilidade diferencial da criança decorre da coincidência temporal entre a exposição e as etapas de maior plasticidade do sistema nervoso. Durante a vida intrauterina e os primeiros anos de vida ocorrem a proliferação neuronal, a migração cortical, a

sinaptogênese e a mielinização, eventos altamente sensíveis a interferências químicas. Esse período corresponde à janela dos primeiros 1.000 dias, na qual, conforme o modelo teórico de Jacques et al. (2025), a exposição pré-natal ao metilmercúrio interage com determinantes nutricionais, infecciosos e assistenciais, ampliando o risco de atraso do neurodesenvolvimento.

Os achados dos estudos incluídos apresentam coerência interna quando comparados entre si e com a literatura clássica sobre o tema. Marques et al. (2012), avaliando crianças menores de cinco anos em área de mineração no oeste amazônico, identificaram associação entre biomarcadores de consumo de pescado, variáveis maternas e domínios específicos da escala de Gesell, particularmente linguagem e comportamento pessoal-social, com prevalência expressiva de déficits moderados de desenvolvimento. Tavares et al. (2005), em estudo comparativo com crianças ribeirinhas de três a sete anos, documentaram concentrações capilares médias significativamente superiores no grupo exposto em relação ao grupo controle, ainda que a bateria neurológica empregada não tenha permitido conclusões definitivas quanto aos desfechos funcionais. Essa heterogeneidade de resultados reflete, em grande medida, a diversidade de instrumentos utilizados e a menor sensibilidade dos exames neurológicos convencionais para detectar alterações sutis, limitação superada nos estudos mais recentes pela adoção de baterias neuropsicológicas específicas.

A comparação entre populações ribeirinhas e indígenas revela diferenças relevantes de magnitude e de contexto. Nas comunidades ribeirinhas do Tapajós e do Madeira, a exposição relaciona-se predominantemente à proximidade de áreas historicamente afetadas pelo garimpo e à intensidade do consumo de peixes carnívoros, com gradiente espacial nítido entre localidades (Freitas et al., 2019; Santos-Lima et al., 2020). Já em territórios indígenas, a exposição soma-se a um conjunto de privações estruturais: os dados obtidos na Terra Indígena Yanomami evidenciaram desnutrição crônica, anemia, baixa cobertura vacinal e renda familiar reduzida coexistindo com níveis elevados de mercúrio capilar (Jacques et al., 2024). Nesse contexto, torna-se metodologicamente difícil isolar o efeito do metal, uma vez que desnutrição, parasitoses, insegurança alimentar e restrição de estímulos formais atuam como fatores concorrentes e potencialmente sinérgicos sobre o desenvolvimento infantil.

Essa sobreposição de determinantes remete à relação entre exposição ambiental, insegurança alimentar e consumo de pescado, que constitui um dos aspectos mais complexos do problema. O pescado é, simultaneamente, a principal via de exposição ao metilmercúrio e a fonte primária de proteína de alto valor biológico, ácidos graxos poli-insaturados, selênio e micronutrientes essenciais ao próprio desenvolvimento neurológico (Dórea; Marques, 2016). Recomendações de restrição alimentar formuladas sem sustentação técnica e sem alternativas nutricionais viáveis podem, portanto, agravar a desnutrição e produzir dano superior ao que pretendem evitar. A abordagem tecnicamente adequada consiste na orientação sobre espécies de menor nível trófico, cuja carga de mercúrio é substancialmente inferior, aliada ao biomonitoramento periódico das populações expostas e ao enfrentamento da fonte poluidora.

Sob a perspectiva da saúde pública, as repercussões extrapolam o âmbito clínico individual. Reduções médias no quociente de inteligência em escala populacional traduzem-se em prejuízos ao desempenho escolar, à formação de capital humano e à renda futura, perpetuando ciclos de vulnerabilidade em territórios já marcados por iniquidades históricas. Acrescente-se que os instrumentos padronizados de avaliação cognitiva foram desenvolvidos e normatizados para contextos culturais distintos, o que impõe cautela na interpretação dos escores obtidos em populações indígenas e reforça a necessidade de adaptação transcultural dos testes, com participação de intérpretes e educadores indígenas (Jacques et al., 2024).

Os achados desta revisão sustentam ainda a compreensão de que a neurotoxicidade do mercúrio na Amazônia constitui um fenômeno de curso longitudinal, e não um evento isolado da infância. Manifestações neurológicas descritas em adultos de comunidades ribeirinhas do Tapajós e do Tocantins, incluindo alterações sensitivas, motoras e de equilíbrio, indicam a persistência dos efeitos ao longo do ciclo de vida em populações sob exposição contínua (Khoury et al., 2013). Somam-se a isso os dados de biomonitoramento que documentam a presença do metal em cabelo de crianças mesmo em áreas urbanas amazônicas, ampliando o escopo do problema para além das comunidades tradicionais (Farias et al., 2011).

Diante desse quadro, evidencia-se a necessidade de políticas públicas integradas e intersetoriais. No plano ambiental, impõe-se o enfrentamento do garimpo ilegal em terras indígenas e áreas de proteção, principal fonte antrópica contemporânea de mercúrio na região, em consonância com os compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito da Convenção de Minamata. No plano assistencial, cabe às equipes da Atenção Primária à Saúde e dos Distritos Sanitários Especiais Indígenas incorporar o monitoramento sistemático dos marcos do desenvolvimento infantil, a identificação precoce de atrasos e o encaminhamento oportuno para estimulação e reabilitação. No plano da vigilância, faz-se necessário estruturar o biomonitoramento periódico de gestantes e crianças em áreas de risco, com fluxos definidos de notificação e seguimento, além de investimentos em pesquisas longitudinais capazes de estabelecer relações temporais e de dose-resposta ainda insuficientemente documentadas na literatura regional (Jacques et al., 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão integrativa evidenciou que a exposição ao mercúrio em crianças ribeirinhas e indígenas da Amazônia associa-se a prejuízos consistentes no neurodesenvolvimento, com destaque para reduções no quociente de inteligência, comprometimento da memória operacional verbal e visuoespacial, menor fluência verbal, alterações do conhecimento semântico e atrasos nos domínios de linguagem e comportamento pessoal-social. Os níveis de exposição documentados superam com frequência os parâmetros de referência internacionais, sobretudo em comunidades situadas em bacias historicamente afetadas pelo garimpo e em territórios indígenas submetidos a invasões por atividade mineradora.

Os achados demonstraram, ainda, que os efeitos do metal não se manifestam isoladamente, mas em interação com desnutrição crônica, anemia, insegurança alimentar, baixa cobertura de ações preventivas e barreiras de acesso aos serviços de saúde, configurando um cenário de vulnerabilidade cumulativa. A dependência alimentar do pescado, ao mesmo tempo fonte de exposição e de nutrientes essenciais ao desenvolvimento, exige respostas tecnicamente qualificadas e culturalmente sensíveis, centradas no controle da fonte poluidora e na orientação alimentar fundamentada, e não em restrições genéricas.

Nesse sentido, a prevenção da exposição ao mercúrio deve ser compreendida como prioridade de saúde pública na Amazônia, articulando vigilância ambiental, controle do garimpo ilegal, biomonitoramento de gestantes e crianças e fortalecimento da Atenção Primária à Saúde nos territórios ribeirinhos e indígenas. O acompanhamento sistemático dos marcos do desenvolvimento infantil nessas populações constitui medida essencial para a identificação precoce de atrasos e para a oferta oportuna de intervenções.

Por fim, esta revisão evidencia a escassez de estudos longitudinais e de instrumentos de avaliação cognitiva adaptados às realidades culturais e linguísticas dos povos amazônicos, o que limita a comparabilidade dos achados e a estimativa precisa das relações de dose-resposta. Recomenda-se, portanto, a realização de novas pesquisas que aprofundem o conhecimento sobre os determinantes do neurodesenvolvimento nessas populações e que subsidiem a formulação de políticas públicas culturalmente sensíveis e ambientalmente sustentáveis.

REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BOTELHO, Louise de Lira Roedel; CUNHA, Cristiano José Castro de Almeida; MACEDO, Marcelo. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, Belo Horizonte, v. 5, n. 11, p. 121-136, maio/ago. 2011. DOI: 10.21171/ges.v5i11.1220. Disponível em: <https://ges.face.ufmg.br/index.php/gestaoesociedade/article/view/1220> . Acesso em: 08 jun. 2026.

DÓREA, José G.; MARQUES, Rejane C. Mercury levels and human health in the Amazon Basin. **Annals of Human Biology**, v. 43, n. 4, p. 349-359, 2016. DOI: 10.1080/03014460.2016.1192682. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03014460.2016.1192682> . Acesso em: 12 jun. 2026.

FARIAS, L. A. et al. Mercury and methylmercury concentration assessment in children's hair from Manaus, Amazonas State, Brazil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 41, n. 2, 2011. DOI: 10.1590/S0044-59672011000200007. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-608788> . Acesso em: 15 jun. 2026.

FREITAS, Joyce S.; LACERDA, Eliza Maria C. B.; RODRIGUES JÚNIOR, Dario; CORVELO, Tereza Cristina O.; SILVEIRA, Luiz Carlos L.; PINHEIRO, Maria da Conceição N.; SOUZA, Givago S. Mercury exposure of children living in Amazonian villages: influence of geographical location where they lived during prenatal and postnatal development. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 91, supl. 1, e20180097, 2019. DOI: 10.1590/0001-3765201920180097. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/LR7bb3VDGJVvxxjr9pNqYxM/> . Acesso em: 18 jun. 2026.

JACQUES, Adriana Düringer; FURUTANI DE OLIVEIRA, Mirian Akiko; SILVA, Mayara Calixto da; HOFER, Cristina Barroso; BASTA, Paulo Cesar. Clinical, laboratory and neurodevelopmental findings in children from the Yanomami-Ninam population chronically exposed to methylmercury. **Toxics**, v. 12, n. 3, art. 193, 2024. DOI: 10.3390/toxics12030193. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2305-6304/12/3/193> . Acesso em: 20 jun. 2026.

JACQUES, Adriana Düringer; SOUZA FILHO, Breno Augusto Bormann de; ANDRADE, Carlos Augusto Ferreira de; VAZ, Juliana dos Santos; BASTA, Paulo Cesar. Exposição ao metilmercúrio e neurodesenvolvimento em crianças indígenas: um modelo teórico. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 3, e00228623, 2025. DOI: 10.1590/0102-311XPT228623. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1580000> . Acesso em: 20 jun. 2026.

KHOURY, E. D. T. et al. Manifestações neurológicas em ribeirinhos de áreas expostas ao mercúrio na Amazônia brasileira. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 11, p. 2307-2318, 2013. DOI: 10.1590/0102-311X00158012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/ZzmVQ3T85sYxzX3bt7QrYPn/> . Acesso em: 22 jun. 2026.

MARQUES, Rejane C. et al. Role of methylmercury exposure (from fish consumption) on growth and neurodevelopment of children under 5 years of age living in a transitioning (tin-mining) area of the western Amazon, Brazil. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 62, n. 2, p. 341-350, 2012. DOI: 10.1007/s00244-011-9697-4. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-011-9697-4> . Acesso em: 22 jun. 2026.

MELNYK, Bernadette Mazurek; FINEOUT-OVERHOLT, Ellen. **Evidence-based practice in nursing and healthcare: a guide to best practice**. 4. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2019.

MENDES, Karina Dal Sasso; SILVEIRA, Renata Cristina de Campos Pereira; GALVÃO, Cristina Maria. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto e Contexto Enfermagem**, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758-764, out./dez. 2008. DOI: 10.1590/S0104-07072008000400018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tce/a/XzFkq6tjWs4wHNqNjKJLkXQ> . Acesso em: 05 jun. 2026.

PINHEIRO, Maria da Conceição N. et al. Mercury pollution and childhood in Amazon riverside villages. **Environment International**, v. 33, n. 1, p. 56-61, 2007. DOI: 10.1016/j.envint.2006.06.024. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mdl-16930706> . Acesso em: 25 jun. 2026.

SANTOS-LIMA, Cassio dos et al. Neuropsychological effects of mercury exposure in children and adolescents of the Amazon region, Brazil. **NeuroToxicology**, v. 79, p. 48-57, 2020. DOI: 10.1016/j.neuro.2020.04.004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32335201/> . Acesso em: 25 jun. 2026.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, jan./mar. 2010. Disponível em: <https://journal.einstein.br/pt-br/article/revisao-integrativa-o-que-e-e-como-fazer/> . Acesso em: 05 jun. 2026.

TAVARES, L. M. B.; CÂMARA, V. M.; MALM, O.; SANTOS, E. C. O. Performance on neurological development tests by riverine children with moderate mercury exposure in Amazonia, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 1160-1167, jul./ago. 2005. DOI: 10.1590/S0102-311X2005000400018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/7mVP6PYDjmy4vDhnCgGN6tw/> . Acesso em: 26 jun. 2026.