



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

TÂNIA DA CONCEIÇÃO SILVA

**Exposição pré-natal ao mercúrio e os desfechos ao nascer em população ribeirinha
da região do Xingu, Amazônia**

Altamira – PA

2025



TÂNIA DA CONCEIÇÃO SILVA

**Exposição pré-natal ao mercúrio e os desfechos ao nascer em população ribeirinha
da região do Xingu, Amazônia**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Fernanda Nogueira
Valentin Lucianelli

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Maria da
Conceição Pinheiro

Altamira – PA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silva, Tânia da Conceição
Exposição pré-natal ao mercúrio e os desfechos ao nascer em
população ribeirinha na região do Xingu, Amazônia /
Tânia da Conceição Silva. – Altamira, 2025.
56 f.
Orientadora: Profª. Drª. Fernanda Nogueira Valentin Lucianelli.
Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) –
Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade e Conservação, 2025.

1. Metilmercúrio. 2. Gestação. 3. Peixe. 4. Amazônia. 5. Desenvolvimento fetal. I. Título.

CDD 363.738

TÂNIA DA CONCEIÇÃO SILVA

**Exposição pré-natal ao mercúrio e os desfechos ao nascer em população ribeirinha
da região do Xingu, Amazônia**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Data: 29 de agosto de 2025.

BANCA EXAMINADORA:

Fernanda Nogueira Valentin Lucianelli (UFPA - Presidente)

Daniela Santana Nunes (UFPA - Examinador Externo ao Programa)

Ozelia Sousa Santos (UFPA - Examinador Externo ao Programa)

Tracy Martina Marques Martins (UFPA - Examinador Externo ao Programa)

DEDICATÓRIA

Dedico

À Deus

Toda honra e toda glória

À minha mãe Maria Ricarda da Conceição (*In Memoriam*), cuja vida foi um exemplo de dedicação incansável à educação dos filhos e seu investimento em meu conhecimento continuam a ecoar em cada conquista que realizo.

Ao meu neto, Miguel Salomão Prazeres Silva Mendes, por ser luz nos dias nublados. Sua presença me trouxe calma, leveza, paciência e cuidado em meio às tempestades vividas nos últimos anos.

À Prof^a. Dr^a. Fernanda Nogueira Valentin Lucianelli, minha orientadora, que foi mais do que uma guia acadêmica — foi um verdadeiro amparo em meio às tempestades. Sua presença firme e acolhedora me sustentou nos momentos em que pensei em desistir. Com sensibilidade, sabedoria e generosidade, ela me ajudou a transformar dor em força, dúvida em coragem, e conhecimento em realização. Esta conquista é também reflexo da sua dedicação e da confiança que depositou em mim.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me sustentado com força, fé e esperança nos momentos mais difíceis, especialmente diante das perdas vividas durante a elaboração deste mestrado. Sua presença foi meu refúgio e minha fortaleza.

À Prof^a Dr^a Fernanda Nogueira Valentin Lucianelli, minha orientadora, por tudo o que representou neste processo. Mais do que uma orientadora acadêmica, foi um pilar de apoio emocional, intelectual e humano.

À Prof^a Dr^a Maria da Conceição Pinheiro, pela coorientação, pela parceria generosa, pelas palavras de incentivo e pela companhia nas viagens ao município de Porto de Moz/PA, que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao médico Prof. Me. Renan Rocha Granato, agradeço a troca valiosa de conhecimentos sobre os impactos do mercúrio na Amazônia. Sua participação ativa na expedição e seu comprometimento com a ciência foram inspirações constantes ao longo do trabalho.

Ao acadêmico de Medicina Andrey William Araújo Silva, minha profunda gratidão pela parceria incansável na etapa de campo. Sua companhia durante as viagens foram fundamentais para o mapeamento e avanço da pesquisa.

Ao técnico Dr. Renan Leão-Reis, sou grata pelo suporte técnico e intelectual na análise estatística dos dados. Sua precisão e disponibilidade foram essenciais para garantir a robustez dos resultados apresentados.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação – PPGBC/UFPA,

Ao Laboratório do Núcleo de Medicina Tropical – NMT/UFPA

À Prefeitura Municipal de Porto de Moz/PA, à Secretaria Municipal de Saúde, Hospital Municipal de Porto de Moz/PA, as Unidades Básicas de Saúde (UBS) e aos Agentes Comunitários de Saúde (ACS).

Resumo Geral

A exposição ao metilmercúrio (MeHg) durante a gestação representa um risco potencial ao desenvolvimento fetal, especialmente em populações amazônicas que consomem pescado com frequência. Este estudo buscou avaliar a relação entre o consumo de peixe por gestantes, os níveis de mercúrio total (HgT) no cordão umbilical e possíveis desfechos gestacionais e neonatais adversos, no município de Porto de Moz, Pará. O tipo de estudo foi observacional, com abordagem quantitativa, realizado com 108 gestantes atendidas em unidade básica de saúde entre 2024 e 2025. Foi analisada uma subamostra das gestantes com dados de biomarcadores, sendo mensurados os níveis de HgT no cordão umbilical por espectrometria de absorção atômica. Foram coletadas informações sobre consumo alimentar, perfil sociodemográfico e dados perinatais dos recém-nascidos. A média de HgT no cordão foi de $0,25 \pm 0,18 \mu\text{g}/\text{mg}$, com todos os valores abaixo do limite de risco ($6 \mu\text{g}/\text{L}$). Observou-se uma tendência de aumento dos níveis de HgT proporcional à frequência de consumo de pescado, especialmente de espécies carnívoras como tucunaré e traíra. Não foram identificadas malformações congênitas ou prematuridade, mas houve tendência de redução no peso ao nascer com o aumento do HgT, embora sem significância estatística ($p = 0,174$; $R^2 = 11,9\%$). Apesar de os níveis de mercúrio detectados estarem abaixo dos limiares de risco, os achados indicam uma exposição crônica relevante associada ao padrão alimentar regional. O consumo predominante de espécies não carnívoras pode ter atuado como fator protetivo. Os resultados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo da exposição ao MeHg em gestantes amazônicas, além de ações de educação alimentar e vigilância ambiental articuladas às especificidades socioculturais locais.

Palavras-chave: metilmercúrio, gestação, peixe, Amazônia, Desenvolvimento fetal.

ABSTRACT

Exposure to methylmercury (MeHg) during pregnancy poses a potential risk to fetal development, especially among Amazonian populations who frequently consume fish. This study aimed to assess the relationship between fish consumption by pregnant women, total mercury (THg) levels in umbilical cord tissue, and possible adverse gestational and neonatal outcomes in the municipality of Porto de Moz, Pará. The study was observational with a quantitative approach, conducted with 108 pregnant women receiving care at a primary health unit between 2024 and 2025. A subsample of participants with biomarker data was analyzed, and THg levels in the umbilical cord were measured using atomic absorption spectrometry. Information was collected on dietary intake, sociodemographic profile, and perinatal data of the newborns. The mean THg level in the cord was $0.25 \pm 0.18 \mu\text{g}/\text{mg}$, with all values below the risk threshold ($6 \mu\text{g}/\text{L}$). A trend was observed indicating increased THg levels proportional to the frequency of fish consumption, especially of carnivorous species such as peacock bass (*Cichla spp.*) and wolf fish (*Hoplias spp.*). No congenital malformations or prematurity were identified, but there was a trend toward reduced birth weight with increasing THg levels, although not statistically significant ($p = 0.174$; $R^2 = 11.9\%$). Although the detected mercury levels were below risk thresholds, the findings suggest relevant chronic exposure associated with regional dietary patterns. The predominant consumption of non-carnivorous species may have acted as a protective factor. The results underscore the need for continuous monitoring of MeHg exposure in Amazonian pregnant women, along with food education and environmental surveillance actions tailored to local sociocultural specificities.

Keywords: methylmercury, pregnancy, fish, Amazon, fetal development.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Meio ambiente e exposição ao mercúrio	10
1.2	Gravidez, exposição ao mercúrio e biomarcadores	11
1.3	Teratogenia, Prematuridade e baixo peso	12
2	JUSTIFICATIVA.....	14
3	OBJETIVOS	17
3.1	Geral:	17
3.2	Específicos:.....	17
4	METODOLOGIA.....	18
4.1	Aspectos éticos	18
4.2	Local	18
4.3	Amostra	18
4.4	Critérios de inclusão	19
4.5	Critérios de exclusão	19
4.6	Coleta de dados.....	20
4.6.1	Dados sociodemográficos.....	20
4.6.2	Dados clínico-obstétricos, perfil de saúde e hábitos da gestante.....	20
4.6.3	Consumo de Peixes.....	20
4.6.4	Dados do Recém-nascido	21
4.6.5	Coleta de amostras de cordão umbilical	21
4.6.6	Coleta de amostras de espécies de peixes.....	21
4.7	Análise estatística	22
5	RESULTADOS.....	23
6	DISCUSSÃO	34
6.1	Perfil das gestantes e da exposição ao mercúrio.....	34
6.2	Mercúrio e biomarcadores de exposição fetal	36
6.3	Efeitos da exposição pré-natal ao mercúrio sobre a saúde infantil	38
6.4	Dieta de pescado e suas implicações de saúde pública	40
6.5	Limitações, importância do estudo e perspectivas futuras	42
7	CONCLUSÃO.....	43
8	REFERÊNCIAS	43
9	APÊNDICES	53

1 INTRODUÇÃO

1.1 Meio ambiente e exposição ao mercúrio

Múltiplas atividades antrópicas liberam metais para os corpos d'água na Amazônia, dentre os quais se destaca o mercúrio, usado também no processo da amalgamação do ouro. Nas duas últimas décadas a bacia amazônica recebeu em seus rios e atmosfera, grandes quantidades deste poluente e por esse motivo as altas concentrações de mercúrio encontradas no ecossistema amazônico foram atribuídas à atividade de mineração do ouro (GALVÃO *et al.*, 2008; POZZETI *et al.*, 2022).

O mercúrio é uma substância conhecida há vários anos pelas suas propriedades tóxicas para o ser humano. E pode apresentar-se em três formas distintas na atmosfera, mercúrio elementar (metálico), compostos inorgânicos e orgânicos de mercúrio, apresentando diferentes propriedades físico-químicas que conseqüentemente lhes confere diferentes perfis toxicológicos (FRANCISCO, 2021). De acordo com a literatura, os solos amazônicos são naturalmente ricos em mercúrio (Hg), sendo o metilmercúrio (MeHg), sua forma orgânica, a principal via deste metal para os sistemas aquáticos (LACERDA & MALM, 2008; FADINI & JARDIM, 2001).

Nesse sentido, a transferência trófica do MeHg ao longo da cadeia alimentar pode levar a níveis de acumulação extremamente elevados em espécies carnívoras, como em peixes, onde a concentração de MeHg no músculo esquelético é excedida à 10 quando comparada ao ambiente aquático (BOUDOU *et al.*, 1997; WIENER *et al.*, 1996). A fim de garantir a segurança do consumidor, a Organização Mundial de Saúde (OMS) determina que a concentração máxima de mercúrio não deve exceder a 1mgHg/kg em peixes predadores e 0,5mgHg/kg em peixes não predadores (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008).

Em vista disso, o consumo crônico de peixes contaminados com MeHg pode causar danos graves e até irreversíveis em órgãos humanos, por ser facilmente absorvido através das barreiras biológicas, alcançando o sangue, o cérebro e a placenta do bebê, sendo distribuído por todo corpo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008). O National Research Council (NRC) e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA) estabelecerem uma Dose de Referência (RfD) para a ingestão de MeHg de 0,1 µg/Kg de peso corporal por dia. Esse valor representa uma estimativa de exposição diária que não acarretaria risco de efeitos adversos ao longo da vida. Esse nível está associado a uma concentração de Hg variando entre 5 a 6 µg/L no sangue do cordão

umbilical (considerando que o MeHg representa $\geq 90\%$) e aproximadamente entre 3,5 a 5 $\mu\text{g/L}$ no sangue materno (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008; RUGGIER et al., 2017).

Em populações com pouco ou nenhum consumo de peixe, a concentração de Hg no sangue é em média de 2 $\mu\text{g/L}$, já em populações com alto consumo de peixe este valor ultrapassa a média, atingindo, por exemplo, até 24 $\mu\text{g/L}$ no sangue do cordão umbilical em um estudo de coorte (NRC, 2000; UNEP, 2018).

1.2 Gravidez, exposição ao mercúrio e biomarcadores

A gravidez pode ser descrita como um momento vivenciado pela mulher em que as modificações do organismo, tanto fisiológicas quanto psicológicas, têm o papel primordial de promover e beneficiar a saúde da mãe e do filho. Quando as exigências não são atendidas, prejuízos podem se suceder em relação ao prognóstico materno e perinatal (DE FELICE, 2000).

Por certo, a doença congênita de Minamata, é um fato histórico que está relacionada a elevadas concentrações de MeHg durante a gravidez, o qual atravessa a barreira feto- placentária causando intoxicação grave ao feto e prejudicando seu crescimento e desenvolvimento, principalmente ao tecido nervoso imaturo (GUNDACKER & HENGSTSCHLAGER, 2012). Estudos de coorte mostram que a baixa exposição pré-natal ao MeHg também afeta o neurodesenvolvimento pós-natal (DEBES et al., 2006; GRANDJEAN et al., 2001) e Quociente de Inteligência infantil (JACOBSON et al., 2015).

Assim, a exposição ao MeHg durante a gestação é a maior preocupação com mulheres em idade fértil (HA et al., 2017; SHEEHAN et al., 2014). Desse modo, a frequência de consumo de peixe contaminado por mercúrio durante a gravidez pode aumentar o risco da exposição fetal a esse metal, prejudicando o crescimento infantil e o seu neurodesenvolvimento (CHEN-YAN et al., 2018; TATSUTA et al., 2017).

A avaliação da exposição fetal ao mercúrio (Hg), uma neurotoxina potente, é essencial devido à sua capacidade de atravessar livremente a barreira placentária (PINHEIRO et al., 2000; SAKAMOTO et al., 2016; SAKAMOTO et al., 2021). Essa exposição é comumente estimada por meio da concentração de mercúrio total (HgT) em matrizes como cabelo e sangue materno, além do sangue e do tecido do cordão umbilical. O estudo de (Kozikowska et al., (2013) identificou uma fraca correlação positiva estatisticamente significativa entre as concentrações de mercúrio no tecido do cordão

umbilical e no sangue do cordão umbilical ($R = 0,4687$, $p=0,03$), sugerindo que ambas as matrizes refletem de forma consistente a carga fetal de Hg.

Durante a organogênese, o cérebro fetal em desenvolvimento é o principal alvo do MeHg, e a concentração de Hg no sangue do cordão umbilical é considerada representativa da dose biologicamente ativa no sistema nervoso central do feto, sendo, portanto, um parâmetro relevante para avaliação de risco neurotóxico (NRC, 2000; UNEP, 2018).

1.3 Teratogenia, Prematuridade e baixo peso

A teratogenia pode ser descrita como qualquer agente que tem o atributo de causar um defeito congênito ou aumentar a eventualidade de uma falha na população. Pode estar associado a fatores genéticos, ambientais ou multifatoriais (GARCIA et al., 2023). Existem três fatores importantes que estão vinculados à teratogênese: períodos críticos do desenvolvimento embrionário, a quantidade da substância teratogênica, e a composição genética do embrião (MOORE et al., 2012).

Dessa forma, os distúrbios danosos existentes no desenvolvimento do período embrionário, detectados ao nascimento, são nomeadas malformações congênitas. Podem ser de ordem metabólica, funcional ou estrutural e resultam em anomalias mentais ou físicas no indivíduo (OLIVEIRA, SIMÕES, 2007). Essas alterações podem se apresentar isoladas ou associadas, com maior ou menor consequência clínica, e podem ser descobertas tanto no momento do nascimento como no período da infância (MOORE et al., 2012; RAMOS et al., 2008).

Em síntese, a teratologia estuda as causas, os mecanismos e os padrões desse desenvolvimento anormal ou irregular (MOTA, 2016). Uma das definições mais importantes é que alguns períodos do desenvolvimento embrionário são mais suscetíveis a distúrbios do que outros (MOORE et al., 2012; RAMOS et al., 2008).

Dentre essas alterações, a prematuridade é a principal causa de mortalidade infantil antes dos 5 anos de idade, no mundo todo. O Brasil é o 10º país em números absolutos de partos prematuros, os quais ocasionam 10 vezes mais óbitos de crianças do que o câncer e, em 2021, já representaram 11,8% do total de nascimentos (ONG PREMATURIDADE, 2022).

Em virtude desses dados, o Ministério da Saúde (MS) lançou no dia 17 de novembro de 2023, “O Dia Mundial da Prematuridade,” destinado à conscientização acerca dos desafios dos nascimentos prematuros em todo o mundo, que afetam 15 milhões

de crianças a cada ano em todo o planeta (BRASIL, 2023). O Brasil ocupa hoje a 10ª posição no ranking mundial de países com mais nascimentos fora do tempo, com aproximadamente 302 mil nascimentos de bebês com menos de 37 semanas de gestação, independente do peso (BRASIL, 2023).

Em vista disso, a prematuridade pode ser considerada multifatorial, inclusive por contaminação de metais pesados. Segundo Manduca et al. (2014), num estudo de coorte, recém-nascido foram concebidos prematuros com 20-25 semanas, após a contaminação por metais teratogênicos e/ou tóxicos das mães, como por exemplo, o mercúrio; demonstrando que o tempo e a exposição destes podem ter um efeito a longo prazo.

Logo, a idade gestacional ou dos nascimentos prematuros sugere efeitos prejudiciais da exposição de mercúrio presentes no cordão umbilical e sangue materno influenciando no desenvolvimento fetal relacionado com algumas medidas, como perímetro cefálico, espessura e peso da placenta, assim como o índice clínico de Apgar no 5º minuto. A magnitude dos efeitos estimados pode não ter necessariamente significado clínico para os lactentes, mas pode ter uma relevância considerável para a saúde pública, dada a elevada prevalência de exposição a substâncias tóxicas bioacumuladoras (AL-SALEH et al., 2014). Em razão disso, a taxa de baixo peso ao nascer ($< 2,500\text{g}$) é um preditor da sobrevivência infantil, de acordo com Ministério da Saúde. Quanto menor o peso ao nascer, maior a possibilidade de morte precoce. Valores abaixo de 10% são aceitáveis internacionalmente, embora a proporção encontrada nos países desenvolvidos varie em torno de 6% (BRASIL, 2024).

Desse modo, o peso ao nascer é, supostamente, o fator isolado mais relevante relacionado à mortalidade neonatal, pós-neonatal e infantil, à morbidade na infância e ao risco de várias doenças na idade adulta (MOTA, 2016; WILCOX, 2001). No entanto, o estudo da distribuição da frequência do peso de nascimento em uma determinada população fornece subsídios para que sejam estabelecidas ações que resultem em condições ideais de crescimento fetal, colaborando para o desenvolvimento global do indivíduo (MELO et al., 2024).

Visto que, as taxas de baixo peso ao nascer são muito variáveis nas diversas regiões do mundo, com evidentes desvantagens para os países menos desenvolvidos, pois estão associadas a condições socioeconômicas desfavoráveis e podem ser consideradas como um indicador de nível de saúde da população. Geralmente, nos países desenvolvidos estas taxas são principalmente decorrentes de partos prematuros, observados em dois terços dos nascimentos de crianças com baixo peso ao nascer. Para

os países em desenvolvimento, esta ocorrência se deve, na maioria das vezes, ao retardo de crescimento intrauterino (MELO et al., 2024).

Ademais, entre os fatores associados ao baixo peso ao nascer estão, entre outros, as infecções genitais, os partos múltiplos, a hipertensão arterial, as disfunções uterinas, o baixo índice de massa corporal materna pré-gestacional, a baixa estatura materna, o tabagismo na gravidez, o baixo ganho de peso na gestação, os fatores étnicos, a primiparidade, as anomalias congênitas (malformações), fatores genéticos e a contaminação ambiental por metais pesados (OPALEYE, 2006; TURCIOS et al., 2023).

Visto que, durante o crescimento intra-uterino, a alta carga metálica tóxica, como o de mercúrio, implica em associações na indução de danos específicos durante o crescimento embrionário-fetal, quando comparado aos recém-nascidos não expostos ambientalmente a estes metais. Tal exposição leva a interpretar uma associação direta aos efeitos epigenéticos e ao fenótipo, podendo impactar diretamente no baixo peso do recém-nascido (MANDUCA et al., 2014).

2 JUSTIFICATIVA

No Brasil, a regulamentação para a permissão da mineração e atividades extrativistas em terras indígenas, localizadas na Amazônia, é um tema de grandes controvérsias. A Constituição Federal de 1988 não detalha as formas com que essa exploração mineral pode acontecer, dessa maneira o projeto de Lei nº 191/2020 visa definir normas que facilitem essa exploração mineral associado a um regime de consulta e consentimento pelos povos indígenas. Nesse sentido, não há no Brasil legislações que delimitem o plano exploratório dos recursos minerais e humanos na Amazônia (BRASIL, 2022).

Embora haja propostas como o PL 191/2020, a exploração mineral em terras indígenas na Amazônia ainda carece de regulamentação específica aprovada. O tema é amplamente debatido no Congresso Nacional, enfrentando forte oposição de lideranças indígenas, organizações ambientais e parte da sociedade civil. Essas tentativas têm como foco a flexibilização de atividades como o garimpo, que podem trazer impactos socioambientais à população envolvendo a liberação de rejeitos de minério nos rios (SILVA, 2018).

No entanto, esses projetos não têm incluído descrição sobre análises do impacto ambiental sobre a saúde humana uma vez que essas práticas afetam diretamente os povos que vivem dos recursos retirados diretamente da natureza, que fazem comércio desses

produtos e vivem em sociedade no interior da floresta e nas margens dos rios, a exemplo os povos ribeirinhos. As comunidades ribeirinhas utilizam os corpos d'água para consumo e para pesca; estando estes contaminados por diversos poluentes e entre eles o mercúrio, que compromete a saúde humana, sobretudo de mulheres gestantes ocasionando sequelas neuronais irreversíveis na sua prole (BATISTA et al., 2022).

Assim, uma maior atenção deve ser dada à avaliação dos níveis de exposição ao MeHg às gestantes na região amazônica, área considerada mais impactada devido às ações antrópicas frequentemente associada à mineração não regulamentada e ao descarte incorreto dos resíduos da mineração (LINO, 2018; VIEIRA et al., 2011; CARDOSO et al., 2022). A exposição ao mercúrio, especialmente durante a gravidez, pode ser extremamente prejudicial ao feto. O mercúrio é um metal pesado que pode atravessar a placenta e interferir no desenvolvimento do sistema nervoso central do bebê. O tipo mais tóxico para o feto é o metilmercúrio, que se acumula em peixes e frutos do mar contaminados (CARDOSO et al., 2023). Em vista disso, o período gravídico sujeita a mulher a diversas alterações em sua fisiologia que predis põem o binômio materno fetal à riscos elevados.

Nesse sentido, vários estudos indicam altas concentrações de mercúrio em peixes amazônicos, conforme pesquisa realizada em Rondônia e Amazonas, o que expõe essa população a este elemento tóxico, já que o peixe é a principal fonte de alimento para as comunidades ribeirinhas desta região da Amazônia (CERBINO, 2016). Estudos realizados em moradores de Tucuruí, estado do Pará e região vizinha aos municípios da região do Xingu, revelaram níveis de mercúrio em fios de cabelo até sete vezes superiores ao limite tolerado pela OMS (10 microgramas por grama). Mais de 80% do mercúrio encontrado era na forma de metilmercúrio, a forma mais tóxica, capaz de causar graves danos ao sistema nervoso, como tremores, problemas de coordenação, distúrbios sensoriais e até morte, embora nenhum dos moradores apresentasse sintomas clínicos imediatos (ARRIFANO et al., 2018).

Visto que, o estudo em Tucuruí também concluiu que a contaminação por mercúrio na Amazônia não está limitada ao garimpo, mas também pode ser agravada por grandes projetos como hidrelétricas, tal qual a Usina Hidrelétrica de Belo Monte (UHE Belo Monte) no rio Xingu. O ideal seria a criação de planos de monitoramento ambiental e mapas de risco para orientar populações locais que dependem da pesca, muitas vezes sem conhecimento sobre a contaminação (ARRIFANO et al., 2018).

Por tais motivos já elencados, as informações acerca da toxicidade do mercúrio e

sua possível presença nos alimentos consumidos deveriam ser difundidas e precisam estar presentes em programas de saúde coletiva especificamente para gestantes e mulheres em idade fértil, auxiliando na compreensão popular acerca da genotoxicidade do mercúrio e dos malefícios da intoxicação (BATISTA et al., 2022).

Efetivamente, a região do Xingu apresenta grande potencial econômico pelas atividades minerais e pela geração de energia elétrica através da UHE Belo Monte, instalada no rio Xingu. Por outro lado, essas atividades são geradoras de poluentes que contaminam o ecossistema da região, ocasionando a formação do metilmercúrio (ALHO; REIS; AQUINO, 2015).

Apesar de haver estudos realizados em algumas regiões no Brasil sobre a exposição humana ao mercúrio e os danos que ele pode causar no organismo, pouco se sabe sobre a influência da exposição ao mercúrio, oriundo da dieta de peixes durante a gravidez e os efeitos que ele pode promover sobre a incidência de casos de teratogenia, prematuridade e baixo peso em recém-nascidos, sobretudo na região do Xingu (OKEN et al., 2016).

Por outro lado, o estudo de revisão realizado por SOUSA et al., (2024) revela que a contaminação por mercúrio em peixes de rios da Amazônia, analisando 17 artigos publicados entre 2013 e 2023. Foram identificadas 27 espécies de peixes não predadores e 62 espécies de peixes predadores. Entre elas, 3 espécies de não predadores e 14 de predadores apresentaram concentrações de mercúrio acima dos limites estabelecidos pela ANVISA (0,5 mg/kg para não predadores e 1,0 mg/kg para predadores). Os rios Madeira, Tapajós e Xingu foram os mais afetados. O mercúrio bioacumula em maior quantidade em peixes predadores devido à biomagnificação, representando risco à saúde das populações ribeirinhas, que têm no pescado uma importante fonte alimentar.

Em vista disso, a Região do Xingu, em especial o município de Porto de Moz, o qual é banhado pelo rio Xingu, e que também é um tributário importante do rio Amazonas, e localiza-se às proximidades do encontro das águas desses dois grandes rios. Por isso, essa foi considerada uma região estratégica para o estudo. Nessas comunidades a beira rio, a frequência do consumo de peixe faz parte da cultura ancestral indígena, povos que já estavam na região desde sua instalação em 1775, e que pode ser considerada importante em razão da regularidade de consumo de pescado na dieta dos porto-mozenses (SOUSA et al., 2024).

Além de sua localização outra razão importante é que Porto de Moz, apresenta um relevante potencial econômico pelas atividades minerárias, barragem da hidroelétrica,

desmatamento da floresta, e por outro lado, essas atividades são geradoras de poluentes que contaminam o ecossistema da região, sendo o mercúrio um desses contaminantes ambientais que podem ser gerados como consequência dessas atividades antropogênicas (ALHO; REIS; AQUINO, 2015; OKEN et al., 2016).

No que se refere ao pré-natal e ao consumo de peixes contaminados por metilmercúrio, o estudo de Cardoso et al. (2022) revelou o consumo de pescado e os níveis de mercúrio em mães parturientes na região do Xingu-PA. A pesquisa demonstra que o consumo de peixe e os níveis de mercúrio, são mais altos nas gestantes com maior consumo de peixe e apresentaram concentrações médias de mercúrio ligeiramente superiores, às mulheres que não consomem peixe diariamente, com predominância de consumo de espécies como tambaqui (58,1%), tucunaré (41,9%) e pescada (38,1%).

Embora existam dados sobre mercúrio em peixes e em populações amazônicas, não há informações específicas sobre gestantes de Porto de Moz, tampouco sobre a relação entre consumo de pescado e biomarcadores neonatais (cordão umbilical).

Diante disso, surgem os questionamentos: a exposição ao mercúrio na grávida está associada ao consumo frequente de peixe? A exposição ao mercúrio pode ter impacto nos casos de teratogenia (malformações) em recém-nascidos? Existe associação da exposição ao mercúrio com a prematuridade e o baixo peso do recém-nascido?

3 OBJETIVOS

3.1 Geral:

Investigar a exposição ao mercúrio em mulheres grávidas no município de Porto de Moz por meio do consumo de peixe e sua associação com a incidência de teratogenia, prematuridade e baixo peso em recém-nascidos.

3.2 Específicos:

Descrever o perfil sociodemográfico, clínico-obstétrico, saúde e hábitos das grávidas em município de Porto de Moz;

Verificar a associação do consumo de peixe durante a gravidez com níveis de HgT no cordão umbilical, abaixo e acima do limite estabelecido;

Avaliar a relação dos níveis elevados de HgT com a teratogenia (malformação) nos recém-nascidos;

Averiguar a relação dos níveis de HgT no cordão umbilical com parto pré-maturo, baixo peso do recém-nascido ao nascer;

Listar as principais espécies de peixes consumidas pelas gestantes da região e suas respectivas características alimentares.

4 METODOLOGIA

A pesquisa se trata de uma abordagem observacional/estudo de coorte prospectivo envolvendo gestantes que efetuaram o pré-natal em Unidades Básicas de Saúde (UBSs).

4.1 Aspectos éticos

Este estudo considera as recomendações da Resolução do Conselho Nacional de Saúde N.º 441/2011/CNS e Resolução do Ministério da Saúde N.º 466 /2012/MS e por se tratar de um estudo que envolve seres humanos, a coleta de dados foi realizada após aprovação do projeto de pesquisa do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Núcleo de Medicina Tropical (CAAE número: 18400019.2.0000.5172), utilizando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) para menores de 18 anos. Garantindo o anonimato dos dados coletados e o direito de não participar do estudo.

4.2 Local

A pesquisa foi realizada no município de Porto de Moz, no sudoeste do estado do Pará, na região Xingu, bacia hidrográfica da Amazônia, em parceria com a prefeitura municipal de Porto de Moz, junto à secretaria de saúde/UBSs/Hospital Municipal. As coletas foram realizadas no período de março de 2024 a janeiro de 2025. As UBSs incluídas foram: UBS - Domingos Nascimento Santos (Praião), UBS - José Araújo de Souza (Beata), UBS - Zilma Jardim da Silva (Carini), UBS - Antônio Giminiano Duarte Souto Filho (Maturu), UBS - Rosa Cardoso de Lima (Centro), UBS - Maria Luiza Moura (Cabanagem).

4.3 Amostra

A região da Transamazônica e Xingu é composta por dez municípios, com uma estimativa de 7.234 gestantes, em 2022, com base nos dados obtidos pelo Sistema Nacional de Nascidos Vivos – SINASC/SESPA. O número de nascidos vivos estimados para o município de Porto de Moz/PA. no ano de 2023 foi de 601 nativos.

O estudo foi desenvolvido em uma amostra da população atendidas no Hospital Municipal de Porto de Moz (figura 1), cujo tamanho da amostra foi calculado por meio da fórmula para tamanho amostral (BARBETTA, 2015).

Fórmula 1. Fórmula do erro amostral

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2}$$

Fórmula 2. Cálculo do número de elementos da população

$$n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0}$$

Sendo que, para as fórmulas 1 e 2:

- a) n_0 é a primeira aproximação do tamanho da amostra;
- b) E_0 é o erro amostral tolerável;
- c) N é o número de elementos da população.

Para o cálculo foi considerado o número de nascidos vivos no Hospital Municipal de Porto de Moz, no ano de 2023, sendo este dado retirado do sistema de informação de nascido vivos (SINASC) pela base de dados TABWIN do 10º Centro regional de saúde, para assim ter uma estimativa do número de partos esperados para o ano da pesquisa, 2024. A coleta de dados foi de março de 2024 a janeiro de 2025. Obteve-se então o valor estimado de 601 partos de nascidos vivos realizados neste hospital: $N=601$ e $E_0 = 0,10$ (10%). Ao final, usando a fórmula de Barbetta, 2015, chegou-se o resultado ideal de no mínimo 86 amostras.

Para análise dos níveis de HgT no cordão umbilical, a amostragem foi do tipo não probabilística, por conveniência. Considerou-se uma subamostra composta por 17 gestantes, nas quais a coleta e o processamento das amostras biológicas foram viáveis.

4.4 Critérios de inclusão

Entre 14 e 40 anos que tenham sido assistidas no pré-natal nas UBS e durante o parto na maternidade do Hospital Municipal de Porto de Moz e que concordaram em participar de todas as etapas do estudo.

4.5 Critérios de exclusão

Mães indígenas (excluiu-se essa categoria por conta de normas específicas para pesquisa envolvendo povos indígenas); mães que deram à luz gêmeos (por conta das particularidades da gestação múltipla); parturientes sem informações do pré-natal.

4.6 Coleta de dados

4.6.1 Dados sociodemográficos

Estas informações foram obtidas diretamente com a participante da pesquisa, por meio de formulário específico para o estudo (APÊNDICE 1). Dentre as informações foram incluídas: idade, estado civil, etnia, escolaridade, ocupação e renda.

4.6.2 Dados clínico-obstétricos, perfil de saúde e hábitos da gestante

Foram coletadas durante os três trimestres, por meio de formulário específico (APÊNDICE 2), as seguintes informações: altura, peso pré-gestação, peso durante a gestação, doenças genéticas, doenças na gestação, vacinação, idade gestacional, assim como a frequência semanal de etilismo, tabagismo, uso de drogas ilícitas, exercício físico, entre outras.

Para avaliar o ganho de peso acumulado durante a gestação, foram adotadas as recomendações do Institute Of Medicine (IOM), que se baseiam na classificação do índice de massa corporal (IMC) pré-gestacional segundo os critérios da Organização Mundial da Saúde (OMS). Essa classificação estabelece faixas de ganho de peso adequadas conforme o IMC da gestante, (Institute Of Medicine, 2009):

- Baixo peso ($IMC < 18,5 \text{ kg/m}^2$): ganho de peso recomendado entre 12,5 e 18 kg;
- Peso normal (IMC entre 18,5 e 24,9 kg/m^2): com ganho de peso recomendado entre 11,5 e 16 kg;
- Sobrepeso (IMC entre 25 e 29,9 kg/m^2): ganho de peso recomendado entre 7 e 11,5 kg;
- Obesidade ($IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$): com ganho de peso recomendado entre 5 e 9 kg.

4.6.3 Consumo de Peixes

Foi coletado também a frequência do consumo de peixes por semana, bem como a procedência do pescado, durante os três trimestres da gestação. Essa informação foi obtida por meio de formulário (APÊNDICE 3), baseado em categorias segundo Pinheiro e colaboradores, 2016, que clássica em: nenhum consumo = nenhum, consumo menor que duas refeições semanais = pouco, consumo entre duas e quatro refeições por semana = médio, consumo maior que quatro refeições por semana = muito, (BRUCE et al. 1991 *apud* PINHEIRO et al., 2016).

Além da frequência e procedência do pescado, foi realizado o levantamento das espécies consumidas pelas gestantes, conforme autorrelato, bem como a classificação trófica dessas espécies (carnívora, onívora, detritívora) com base em literatura

especializada (COSTA, 2023; LOWE-MCCONNELL, 1999). Essa categorização teve como objetivo subsidiar a análise do potencial de bioacumulação de mercúrio de acordo com os hábitos alimentares dos peixes consumidos, uma vez que espécies carnívoras tendem a apresentar maior concentração de metilmercúrio ao longo da cadeia alimentar.

4.6.4 Dados do Recém-nascido

Segundo o apêndice 4, foram coletados: índice de Apgar, massa corporal do recém-nascido (RN) (g), estatura do RN (cm), perímetro cefálico (cm), perímetro torácico (cm), desfecho ao nascer como malformações, prematuridade, baixo peso, entre outros.

A classificação no índice de Apgar foi baseada em: a) 7-10: boa condição, normalmente esperado para a maioria dos recém-nascidos; b) 4-6: condição intermediária, requer reavaliação e possivelmente intervenções; c) 0-3: condição grave, necessita de reanimação imediata e atenção médica intensiva (OBSERVEPED/UFGM, 2022; MSD MANUALS, 2025).

4.6.5 Coleta de amostras de cordão umbilical

No momento do nascimento do recém-nascido e expulsão da placenta, o cordão umbilical juntamente com sangue foi preso por duas pinças e cortado entre elas, pelo médico obstétrico responsável pelo parto, de acordo com o preconizado pela OMS. Após tal procedimento ser realizado pelo médico, foi retirado em torno de 5cm do cordão umbilical contendo sangue, o qual foi descartado. Em seguida, o material foi acondicionado em sacos plásticos apropriados ou em tubos Falcon de 15 ml e mantidos imediatamente no botijão de nitrogênio e congelados à -196 °C. Para análise do material, as amostras foram mantidas numa caixa de isopor com gelo seco e transportadas para laboratório de Toxicologia Humana e Ambiental do Núcleo de Medicina Tropical em Belém/PA.

O material foi avaliado através da espectrofotometria de absorção atômica utilizando o equipamento Mercury Analyzer modelo SP-3D de fabricação japonesa. Os resultados das análises foram fornecidos e expressos como cordão umbilical = HgT ($\mu\text{g/g}$), isto é, peso úmido para o cordão umbilical + sangue do cordão umbilical.

4.6.6 Coleta de amostras de espécies de peixes

As espécies de pescado analisadas, Filhote (*Brachyplatystoma* sp.), Pacu (*Serrasalminidae*), Piranha (*Serrasalmus* sp.), Traíra (*Hoplias* cf. *malabaricus*), Tucunaré (*Cichla* sp.); foram selecionadas com base nas entrevistas estruturadas realizadas com as

gestantes participantes do estudo, refletindo os hábitos alimentares típicos das populações ribeirinhas de Porto de Moz/PA.

Após a coleta, o material foi acondicionado em sacos plásticos apropriados ou em tubos Falcon de 15 ml, sendo imediatamente armazenado em botijão de nitrogênio líquido e congelado a -196 °C. Para análise laboratorial, as amostras foram transportadas em caixa de isopor com gelo seco até o Laboratório de Toxicologia Humana e Ambiental do Núcleo de Medicina Tropical, em Belém/PA. As concentrações de HgT foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando o equipamento *Mercury Analyzer* modelo SP-3D, de fabricação japonesa. Os resultados foram expressos em µg/g de peso úmido.

4.7 Análise estatística

A presente pesquisa, considerou-se como “dados completos” o grupo das gestantes participantes do estudo (n = 17), nas quais foi possível realizar a coleta do cordão umbilical dos recém-nascidos, permitindo a análise dos níveis de HgT. O outro grupo foi composto por todas as gestantes atendidas durante o estudo (n = 108), que responderam aos formulários de pesquisa, porém sem coleta do cordão umbilical.

A maior parte das análises foi conduzida de forma descritiva, considerando a natureza exploratória do estudo e o número reduzido de observações. Variáveis sociodemográficas, de saúde materna, hábitos de vida e característica neonatais foram descritas por meio de frequências absolutas e relativas (%) para variáveis categóricas, e por valores mínimos e máximos, média, desvio padrão (CV) e coeficiente de variação (CV) para variáveis contínuas. O coeficiente de variação (CV) foi calculado para avaliar a dispersão dos dados contínuos, considerando $CV < 15\%$ como baixa variabilidade e $CV > 30$ como alta variabilidade.

A verificação da normalidade dos dados contínuos foi realizada por meio do teste de Shapiro-Wilk, considerando-se distribuição normal quando $p > 0,05$.

Apesar da limitação do tamanho amostral, foi possível aplicar um modelo de regressão linear simples para investigar a relação entre os níveis de HgT no cordão umbilical e a massa corporal ao nascer (PRN). A equação geral do modelo é expressa da seguinte forma:

$$PRN = \beta_0 + \beta_1 \times HgT + \varepsilon, \text{ em que:}$$

PRN representa a massa corporal ao nascer, em gramas;

HgT é a concentração de mercúrio no cordão umbilical (µg/g de tecido úmido);

β_0 é o intercepto da regressão;

β_1 é o coeficiente angular que expressa a variação estimada de PRN por unidade de HgT.

ε - erro aleatório, que representa a variação não explicada pelo modelo.

A significância do modelo foi avaliada com base no valor de p para β_1 , e o coeficiente de determinação (R^2) foi usado para indicar a proporção da variabilidade de PRN explicada por HgT. Essa é uma metodologia padrão linear simples.

Todas as análises foram conduzidas no ambiente RStudio (versão 4.4.1). Com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2024).

5 RESULTADOS

Das 108 gestantes atendidas para o preenchimento dos formulários, apenas 17 foram incluídas como participantes do estudo, por terem sido as únicas nas quais foi possível realizar a coleta do cordão umbilical dos recém-nascidos no período do estudo.

A maioria das gestantes atendidas ($n = 108$) e das participantes do estudo ($n = 17$) se concentra na faixa etária de 20 e 29 anos, com predomínio de mulheres em união estável e que se autodeclaram pardas. A escolaridade mais frequente foi o ensino médio, embora ainda haja um percentual expressivo com apenas o ensino fundamental. Em relação à ocupação, a maior parte das mulheres se declarou do lar, com presença pontual de trabalhadoras autônomas, agricultoras e diaristas. Quanto à renda familiar, observa-se um perfil majoritariamente de baixa renda, com cerca de 70% a 80% das gestantes vivendo com até um salário-mínimo mensal (Tabela 1).

No que se refere às atividades de maior risco ambiental, como o trabalho em garimpo, nenhuma das gestantes participantes do estudo relatou envolvimento direto com essa atividade. Apenas uma das mulheres atendidas, que não faz parte do grupo de coleta de cordão umbilical, declarou trabalhar em garimpo, segundo a tabela 1.

As características sociodemográficas das gestantes atendidas e das gestantes do estudo mostraram padrões bastante próximos, com variações mínimas entre os grupos, sugerindo que as amostras são homogêneas (Figura 1).

Tabela 1: Perfil sociodemográfico das gestantes atendidas (n = 108) e gestantes do estudo (n = 17)

Variável	Categoria	Atendidas N=108	%	Participantes N=17	%
Idade	13–19 anos	19	17,6%	2	11,8%
	20–29 anos	70	64,8%	14	82,4%
	30–39 anos	19	17,6%	1	5,9%
Estado civil	União estável	70	63,0%	14	82,4%
	Solteira	19	18,5%	0	0,0%
	Casada	16	15,7%	3	17,6%
	Divorciada	2	1,9%	0	0,0%
	Viúva	1	0,9%	0	0,0%
Etnia	Parda	83	76,9%	13	76,5%
	Preta	15	13,9%	3	17,6%
	Branca	9	8,3%	1	5,9%
	Amarela	1	0,9%	0	0,0%
Escolaridade	Ensino fundamental	43	39,8%	7	41,2%
	Ensino médio	56	51,8%	10	58,8%
	Ensino superior	9	8,3%	0	0,0%
Ocupação	Do lar	66	61,1%	11	64,7%
	Estudante	10	9,3%	1	5,9%
	Autônoma	6	5,6%	1	5,9%
	Professora	4	3,7%	0	0,0%
	Comerciária	2	1,9%	0	0,0%
	Agricultora	3	2,8%	2	11,8%
	Diarista	2	1,9%	1	5,9%
	Enfermeira	1	0,9%	0	0,0%
	Outros	14	13,0%	1	5,9%
Renda	1 salário	85	78,7%	12	70,6%
	1–2 salários	16	14,8%	3	17,6%
	3–4 salários	6	5,6%	1	5,9%
	Sem renda	1	0,9%	1	5,9%

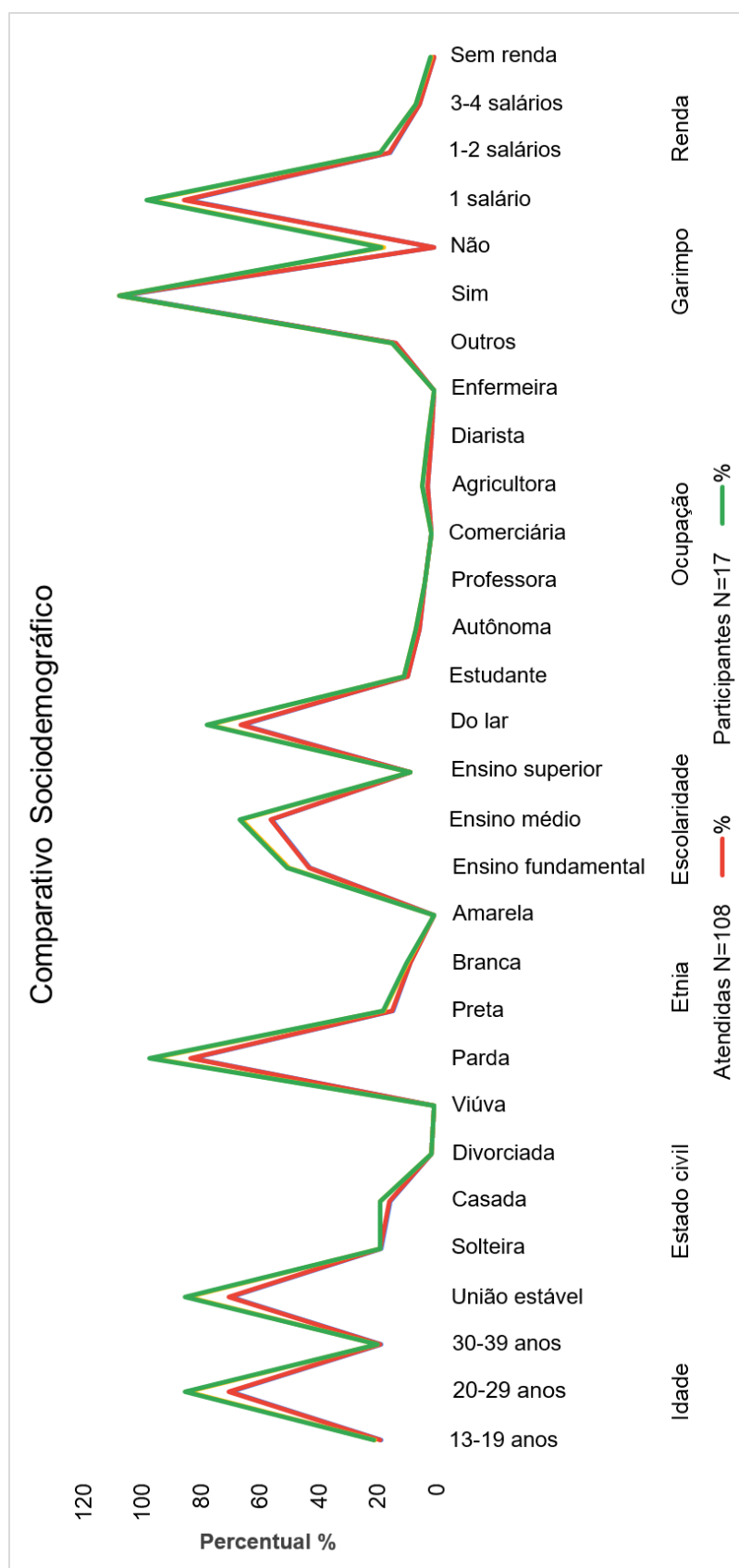


Figura 1 – Comparativo do perfil sociodemográfico das gestantes atendidas (n = 108) e gestantes do estudo (n = 17).

Quanto aos dados clínicos e obstétricos, entre as 108 gestantes atendidas, apenas 12,5% tiveram ganho acima do recomendado, conforme os critérios do Institute of Medicine (IOM) baseados no IMC pré-gestacional. Indicando que mais da metade das gestantes avaliadas não atingiu o ganho de peso esperado durante a gestação. Já entre as gestantes do estudo ($n = 17$), apenas uma gestante apresentou ganho abaixo do recomendado.

Entre as gestantes atendidas, a maioria (67,6%) teve partos a termo, enquanto 2,8% tiveram partos pré-termo e 1,9% pós-termo. Para 27,8% das mulheres não havia informação disponível quanto à idade gestacional no momento do parto. No grupo das participantes do estudo, 94,1% dos partos ocorreram a termo, e apenas uma gestante (5,9%) não teve esse dado registrado, não sendo identificados casos de parto pré-termo ou pós-termo.

Quanto ao perfil de saúde (Tabela 2), entre as gestantes atendidas, apenas casos pontuais foram identificados, como infecção do trato urinário (21,3%) e outros episódios isolados, como dislipidemia, gripe e anemia, no entanto, nenhuma das gestantes participantes do estudo relatou doenças genética ou condições clínicas durante a gestação. Quanto à vacinação, embora tenha havido variações nos esquemas recebidos, a maioria das participantes relatou ter tomado pelo menos uma das vacinas recomendadas durante o pré-natal.

Em relação aos hábitos, segundo a tabela 2, a prevalência de consumo de álcool, tabagismo e uso de drogas ilícitas foi baixa, com destaque positivo para a total ausência de uso de drogas. Por outro lado, a prática de exercício físico foi limitada: quase 80% das atendidas na pesquisa e 88,2% das participantes do estudo não realizaram nenhum exercício durante a gestação.

No que se refere ao consumo, a grande maioria relatou a frequência média de consumo entre 2 a 4 vezes por semana, sendo esse padrão semelhante entre o grupo geral e as gestantes participantes do estudo, como mostra a tabela 2.

A frequência média do perfil de saúde e hábitos das gestantes atendidas e nas participantes do estudo apresentaram valores semelhantes, com pouca variação, indicando homogeneidade nas amostras (Figura 2).

Tabela 2: Perfil de saúde e hábitos das gestantes (n = 108) e gestantes do estudo (n = 17)

Categoria	Variável / Condição	Atendidas (N=108)	%	Participantes (N=17)	%
Doenças Genéticas	Desconhece	1	0,9%	0	0,0%
	Problemas visuais	1	0,9%	0	0,0%
	Fissura palatina	1	0,9%	0	0,0%
	Não têm doenças	105	97,3%	17	100%
Doenças na Gestação	Infecção Trato Urinário	23	21,3%	0	0,0%
	Dislipidemia	1	0,9%	0	0,0%
	Gripe	1	0,9%	0	0,0%
	Anemia	1	0,9%	0	0,0%
	Não relataram doenças	82	76,0%	17	100%
Vacinação	Influenza, dTpa, COVID-19	14	13,0%	2	11,8%
	Influenza, COVID-19	7	6,5%	0	0,0%
	Influenza, dTpa	17	15,7%	2	11,8%
	dTpa, COVID-19	4	3,7%	1	5,9%
	Influenza	5	4,6%	1	5,9%
	dTpa	21	19,4%	3	17,6%
	COVID-19	11	10,2%	2	11,8%
	Sem informações	29	26,9%	6	35,3%
Álcool na gestação	Sim	5	4,6%	0	0,0%
	Não	103	95,4%	17	100%
Tabagismo	Sim	3	2,8%	1	5,9%
	Não	105	97,2%	16	94,1%
Drogas ilícitas	Sim	0	0,0%	0	0,0%
	Não	108	100%	17	100%
Exercício Físico	Somente no 1º trimestre	7	6,5%	0	0,0%
	Somente no 2º trimestre	3	2,8%	1	5,9%
	Somente no 3º trimestre	2	1,8%	0	0,0%
	Todos os trimestres	10	9,3%	1	5,9%
	Não realizaram exercício físico	86	79,6%	15	88,2%

Categoria	Variável / Condição	Atendidas (N=108)	%	Participantes (N=17)	%
Frequência do Consumo de Peixes/semana	Nenhum	0	0,0%	0	0,0%
	Pouco (1x)	9	8,3%	2	11,8%
	Médio (2-4x)	96	88,9%	15	88,2%
	Muito (>4x)	2	1,9%	0	0,0%
	Sem informações	1	0,9%	0	0,0%

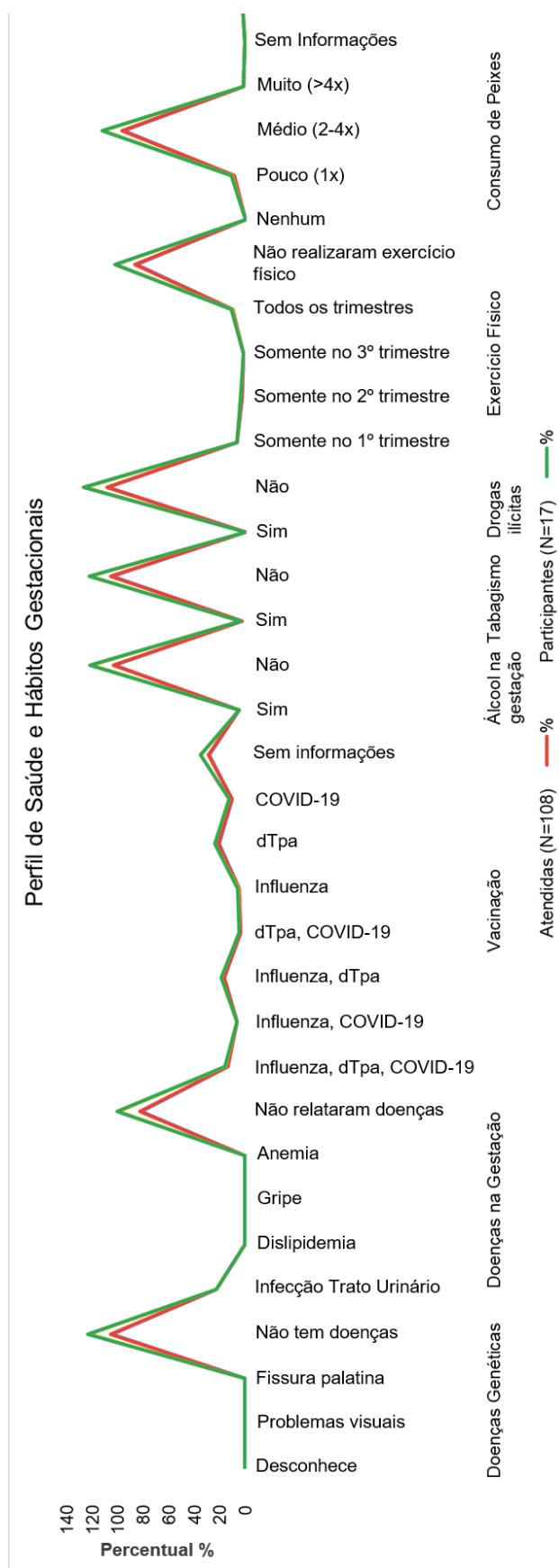


Figura 2 - Comparativo do perfil de saúde e hábitos das gestantes atendidas (N=108) e gestantes do estudo (N=17).

Os valores médios observados nas variáveis neonatais dos bebês atendidos e dos participantes do estudo foram semelhantes, indicando consistência entre os grupos. O índice de Apgar mostrou menor variabilidade entre os participantes do estudo, com CV de apenas 1,05%. Já os maiores CVs foram encontrados na massa corporal (RN), tanto nos atendidos quanto nos participantes, refletindo maior dispersão nessa variável. De modo geral, as medidas de estatura, perímetro cefálico e torácico também se mantiveram próximas entre os grupos (Tabela 3).

Tabela 3: Medidas descritivas das variáveis contínuas dos recém-nascidos (RNs) atendidos (n = 108) e dos recém-nascidos (RNs) participantes do estudo, os quais tiveram os cordões umbilicais coletados (n = 17).

Variável	Amostragem RNs atendidos (N=108)				Amostragem RNs do estudo (N=17)			
	Intervalo (min.–máx.)	Média ± DP	Mediana (Q1-Q3)	CV (%)	Intervalo (min.–máx.)	Média ± DP	Mediana (Q1-Q3)	CV (%)
Apgar	5,07 – 9,10	7,89 ± 0,68	8,1 (8,1-8,1)	8,67%	7,80 – 8,10	8,07 ± 0,08	8,1 (8,1-8,1)	1,05%
Massa corporal do RN (kg)	1800 – 4650	3226 ± 509,00	3215 (2950-3537)	15,78%	2000 – 3900	3056 ± 484,17	3050 (2900-3426)	15,84%
Estatura do RN (cm)	40 – 55	48,94 ± 2,74	49 (48-50)	5,59%	44 – 55	48,63 ± 2,78	48,5 (46,25-50)	5,71%
Perímetro cefálico (cm)	28 – 38	33,65 ± 2,01	34 (32-35)	5,98%	29 – 38	33,35 ± 2,18	34 (31,25-34,75)	6,53%
Perímetro torácico (cm)	25 – 39	32,51 ± 2,62	32 (31-34)	8,06%	25 – 36	32,00 ± 2,92	32 (32-34)	9,11%

Todos os recém-nascidos participantes do estudo (n = 17) apresentaram níveis de HgT no cordão umbilical dentro da faixa considerada aceitável (< 5-6 µg/L), com valores mínimo e máximo entre 0,05 e 0,63 µg/g e uma média de 0,25 ± 0,18 µg/g (CV = 72,8%).

Observou-se um aumento proporcional nos níveis de HgT (µg/g) no cordão umbilical com a frequência semanal de ingestão de peixe pelas gestantes do estudo. O

grupo com consumo baixo apresentou níveis de $0,097 \pm 0,023 \mu\text{g/g}$ ($\text{CV} = 23,7\%$), enquanto o grupo com consumo médio apresentou $0,27 \pm 0,17 \mu\text{g/g}$ ($\text{CV} = 62,5\%$). Não foram observadas gestantes sem consumo ou com consumo elevado. Esses dados estão representados na Figura 3, que ilustra a relação direta entre as categorias de frequência de consumo de peixe e os níveis de HgT detectados no cordão umbilical.

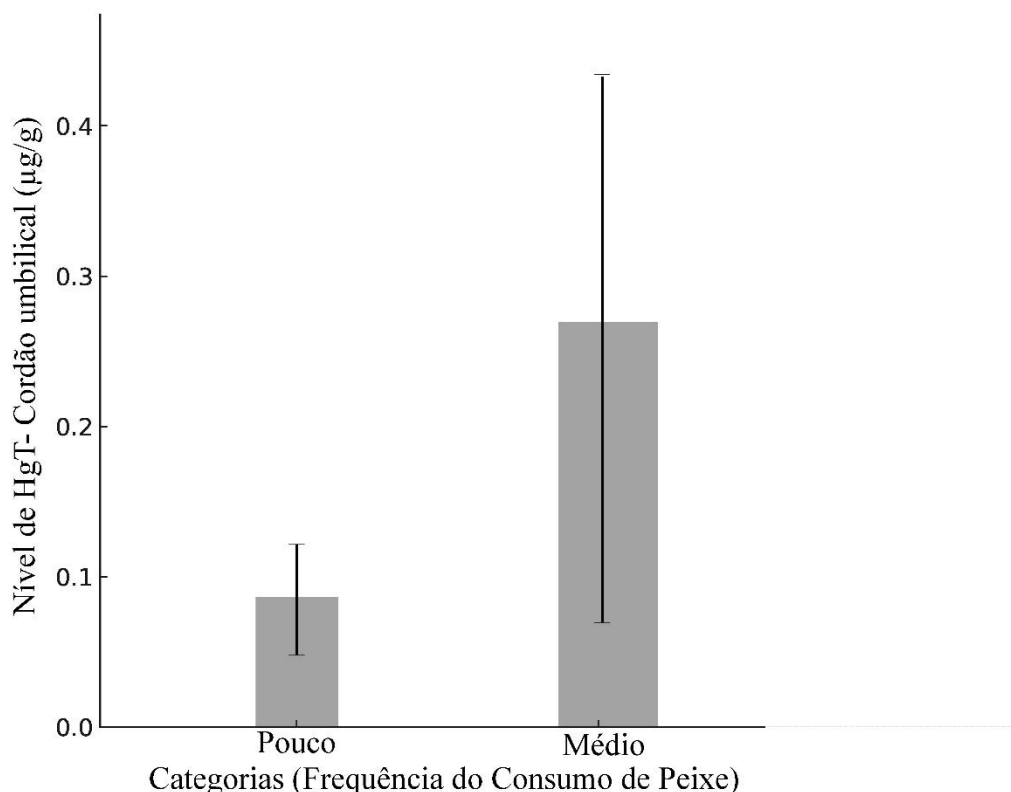


Figura 3 – Relação entre as categorias de frequência de consumo de peixe por gestantes e a concentração média de HgT no cordão umbilical.

Ao avaliar a possível associação entre os níveis de HgT e desfechos como teratogenia e parto prematuro, observou-se que todos os bebês das gestantes participantes nasceram a termo e sem sinais de anomalias congênitas.

A relação entre os níveis de HgT no cordão umbilical e a massa corporal do recém-nascido (PRN) foi avaliada por meio de um modelo de regressão linear simples. De acordo com os coeficientes estimados, observou-se uma tendência negativa entre os níveis de mercúrio e o peso ao nascer, indicando que a cada aumento na concentração de HgT, há uma redução estimada em PRN (Figura 4). No entanto, essa associação não foi estatisticamente significativa ($\beta_1 = -925,75$; $p = 0,174$). O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,1194, indicando que aproximadamente 11,9% da variabilidade nos valores

de PRN pode ser explicada pelos níveis de HgT no cordão umbilical (Tabela 4).

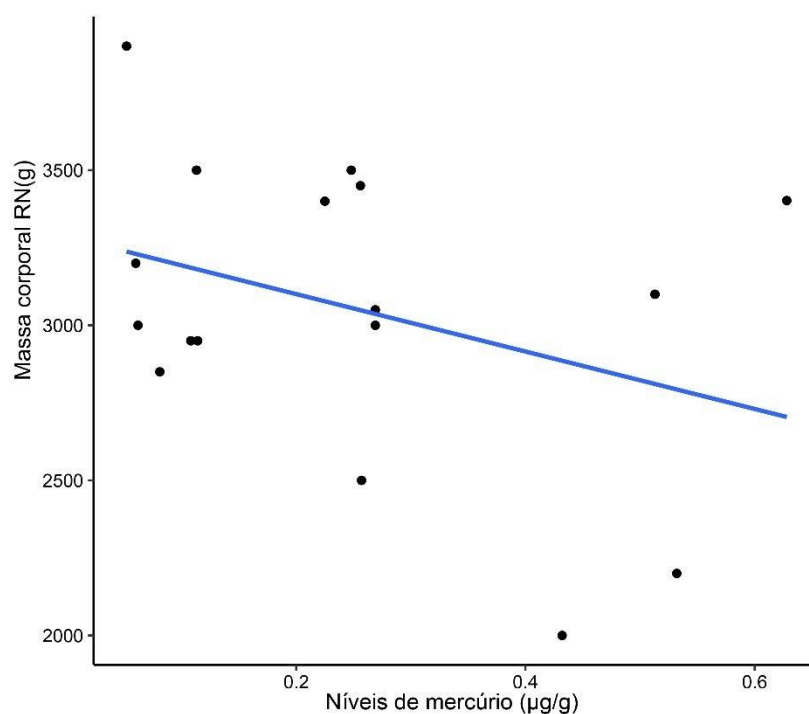


Figura 4 – Gráfico de dispersão entre os níveis de HgT observados em amostras de cordão umbilical (µg/g) e PRN.

Tabela 4: Coeficientes calculados para a relação entre os valores obtidos para os níveis de HgT encontrados no cordão umbilical e a massa corporal dos recém-nascidos.

	Estimativas	erro padrão	valor de T	Valor de P	F	R ²	R ² ajustado
intercepto	3285.8	197.2	16.660	4.37e-11	2.035	0.1194	0.06073
HgT(β_1)	-925.8	649.0	-1.426	0.174			

A análise das concentrações de HgT dentre as diferentes espécies de peixes consumidas pelas gestantes, revelou variações entre os grupos avaliados. Dentre os carnívoros, o tucunaré apresentou a maior concentração média de mercúrio, com $3,03 \pm 1,14 \mu\text{g/g}$, em seguida, a traíra apresentou média de $2,28 \pm 0,43 \mu\text{g/g}$, o filhote mostrou média de $1,51 \pm 0,08 \mu\text{g/g}$, a piranha, por sua vez apresentou concentração média de $1,61$

$\pm 0,88 \mu\text{g/g}$. Por fim, o pacu, considerado não carnívoro, apresentou a menor média de mercúrio ($0,28 \pm 0,20 \mu\text{g/g}$).

Como mostra a tabela 5, os dados revelam que o consumo de peixes entre as gestantes atendidas na região é bastante diversificado. Entre as espécies carnívoras, destacam-se o tucunaré (*Cichla sp.*), traíra (*Hoplias cf. malabaricus*), aruanã (*Osteoglossum bicirrhosum*), filhote (*Brachyplatystoma sp.*) e pescada (*Plagioscion squamosissimus*). No entanto, observa-se uma preferência clara por espécies não carnívoras, especialmente aquelas de origem amazônica e de maior porte, sendo que as mais consumidas foram: tambaqui (*Colossoma macropomum*), pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), pacu (*Serrasalminidae*), acari (*Loricariidae*), aracu (*Leporinus sp.*).

Tabela 5: Principais espécies de peixes consumidas por gestantes na região estudada, segundo frequência de consumo e procedência:

Etnoespécie	Família/Espécie	Mercado	Pesca	Total
Tambaqui	<i>Colossoma macropomum</i>	0	50	50
Tucunaré	<i>Cichla sp.</i>	0	33	33
Pirapitinga	<i>Piaractus brachypomus</i>	2	21	23
Pacu	<i>Piaractus mesopotamicus</i>	2	21	23
Acari	Loricariidae	0	22	22
Pirarucu	<i>Arapaima gigas</i>	0	19	19
Aracu	<i>Leporinus sp.</i>	2	15	17
Traíra	<i>Hoplias cf. malabaricus</i>	0	15	15
Acará-açu	<i>Astronotus cf. ocellatus</i>	0	13	13
Aruanã	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	0	12	12
Filhote	<i>Brachyplatystoma sp.</i>	0	10	10
Pescada	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	1	9	10
Mapará	<i>Hypophthalmus edentatus</i>	2	6	8
Jaraqui	<i>Semaprochilodus sp.</i>	0	7	7
Curimatá	<i>Prochilodus sp.</i>	0	6	6
Piranha	<i>Serrasalmus sp.</i>	0	6	6
Acará	<i>Geophagus sp.</i>	0	4	4
Dourada	<i>Brachyplatystoma flavicans</i>	0	4	4
Tamoatá	<i>Hoplosternum sp.</i>	0	3	3
Jejú	<i>Hoplerethrinus unitaeniatus</i>	0	3	3
Branquinha	<i>Curimata cf. inornata</i>	0	3	3
Jatuarana	<i>Brycon sp.</i>	0	2	2
Arraia	<i>Potamotrygon sp.</i>	0	2	2
Mocinha	<i>Psectrogaster rhomboides</i>	0	1	1

6 DISCUSSÃO

O estudo realizado em Porto de Moz buscou estabelecer a conexão entre o consumo de peixe por gestantes, a exposição ao mercúrio e a ocorrência de desfechos gestacionais e de nascimento adversos, como malformações, prematuridade e baixo peso ao nascer. Embora os resultados locais não tenham identificado níveis de mercúrio associados a desfechos graves, a análise contextual indica que essa ausência de efeitos imediatos não pode ser interpretada como ausência de risco. Pelo contrário, os dados obtidos, quando considerados à luz da literatura científica atual, reforçam a necessidade de ações preventivas e de vigilância em saúde pública, ainda mais considerando a realidade amazônica, marcada por vulnerabilidades socioambientais (LUCIANELLI JUNIOR et al., 2023) e pela intensa atividade garimpeira, frequentemente associada à liberação de mercúrio nos ecossistemas aquáticos (SANTO-SACRAMENTO et al., 2021).

6.1 Perfil das gestantes e da exposição ao mercúrio

As gestantes de Porto de Moz, majoritariamente jovens (20-29 anos), pardas e de baixa renda, seguem um padrão típico de comunidades ribeirinhas amazônicas. A similaridade desses perfis com o grupo total de gestantes atendidas ($n = 108$) sugere que a subamostra analisada ($n = 17$) é representativa da população local, conferindo validade externa às análises realizadas.

Importa destacar ainda que, entre as gestantes avaliadas, observou-se uma baixa prevalência de fatores de risco comportamentais, como tabagismo, consumo de álcool, uso de drogas e sedentarismo, além da ausência de exposição ocupacional ao mercúrio e de receber pelo menos uma das vacinas recomendadas durante o pré-natal. Esses dados reforçam a hipótese de que a principal via de exposição da população gestante ao MeHg na região pode estar associada a natureza alimentar.

Essa realidade observada em Porto de Moz amplia a vulnerabilidade, já que o peixe é parte central da cultura alimentar local, o que amplia a vulnerabilidade à contaminação por mercúrio. Essa realidade em Porto de Moz é semelhante a outras regiões da Amazônia, onde o peixe representa não apenas a principal fonte proteica, mas também elemento simbólico e econômico da dieta regional (LUCIANELLI JUNIOR et al., 2023). Como discutido por Gokoel et al. (2020) e Jacques et al. (2025), embora o consumo de pescado forneça nutrientes essenciais ao desenvolvimento fetal, como ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (LCPUFA), incluindo o ômega-3, esse benefício

coexistente com o risco da exposição ao MeHg gera um dilema de saúde pública que exige abordagem integrada.

Estudos clássicos confirmam que o mercúrio proveniente da mineração artesanal é a principal fonte de contaminação em sistemas aquáticos amazônicos (BASTOS et al., 2006; NEVADO et al., 2010). Mesmo com tecnologias mitigadoras implementadas, evidências recentes apontam falhas na fiscalização e implementação, resultando em contaminação persistente próxima às comunidades ribeirinhas, como reforçam Marques et al., 2022 e Hacon et al., 2020, sugerindo a necessidade de aprimorar as políticas ambientais e seus instrumentos regulatórios.

As contradições legais no Brasil agravam esse cenário. Embora o limite para mercúrio na água seja restrito (0,0002 mg/L), a legislação referente à mineração, como a Lei nº 7.805/1989, ainda permite a extração de minérios sem estudos de impacto ambiental prévios. Isso mostra um descompasso entre a legislação ambiental e as políticas de fomento à atividade mineradora, o que pode comprometer a proteção de populações vulneráveis. Mesmo a ratificação da Convenção de Minamata (Decreto nº 9.470/2018) ainda não se traduziu em mecanismos de controle eficazes, especialmente diante da fragilidade dos sistemas de fiscalização e da incidência do contrabando de mercúrio (MARQUES et al., 2022).

Esse cenário regulatório e socioeconômico também ajuda a contextualizar os riscos identificados em Porto de Moz. As condições socioeconômicas da região amazônica contribuem para o agravamento da exposição ambiental contínua. Segundo Fearnside (2014), a elevação dos preços do ouro no mercado global favoreceu a retomada da atividade garimpeira, inclusive em áreas como o reservatório da usina de Santo Antônio na bacia do Rio Madeira. Essa prática representa um risco significativo para comunidades ribeirinhas que têm no consumo de peixes como os grandes bagres e o pirarucu uma base alimentar tradicional. Além disso, o represamento provocado pelas barragens favorece a criação de ambientes anóxicos, que estimulam a conversão do mercúrio em metilmercúrio, sua forma mais tóxica, intensificando os riscos à saúde das populações que dependem do pescado.

Esses fatores de risco vão além da cadeia alimentar, a contaminação por mercúrio é multifatorial, envolvendo aspectos socioeconômicos, ambientais e culturais. Hallwass et al., (2013) apontam que intervenções na pesca que considerem o impacto sobre a renda dos pescadores tendem a obter maior adesão. Da mesma forma, Van Oostenbrugge et al.,

(2002) e Béné et al., (2009) mostram que medidas de gestão eficazes devem reconhecer o valor simbólico e econômico do pescado, fundamental à segurança alimentar.

Por fim, o mercúrio não circula exclusivamente por via hídrica, nem está restrito às áreas de garimpo ativo. O desmatamento e as queimadas favorecem a remobilização do mercúrio acumulado no solo, contaminando corpos d'água e ampliando os riscos para comunidades distantes das frentes de mineração (FEARNSIDE, 2014).

A contaminação ambiental se estende por diversas regiões: no Rio Madeira, 57,4% dos adolescentes apresentaram níveis preocupantes de mercúrio (MENDES et al., 2020); no Tapajós, onde a exposição infantil foi relacionada ao consumo de peixe, à transferência materna e ao uso de vacinas contendo timerosal (composto orgânico de mercúrio etílico, utilizado para evitar contaminação de microrganismos) (MARQUES et al., 2007); e em Santarém, onde mesmo com menor consumo de pescado, foram detectadas cargas corporais de mercúrio em crianças, atribuídas à transferência placentária e à poluição atmosférica (DUTRA et al., 2012). A complexidade do problema exige respostas intersetoriais, baseadas em dados locais e articuladas às dinâmicas sociais e ecológicas da Amazônia.

6.2 Mercúrio e biomarcadores de exposição fetal

Embora os níveis de HgT no cordão umbilical dos recém-nascidos de Porto de Moz tenham permanecido abaixo do limite de risco ($<6 \mu\text{g/L}$), observou-se uma relação proporcional entre o consumo de peixe e o aumento nos níveis de mercúrio: $0,097 \mu\text{g/g}$ entre as gestantes com baixo consumo e $0,27 \mu\text{g/g}$ entre aquelas com consumo médio, consistente com a literatura, que identifica o pescado como principal via de exposição ao MeHg em populações ribeirinhas não ocupacionalmente expostas (CUNHA et al., 2018).

Em áreas da Amazônia, ingestão de peixe acima de duas vezes por semana foi associada a maior probabilidade de níveis elevados de Hg, com OR ajustada em cerca de 1,84 (IC 95%: 1,56-2,16) (MENDES et al., 2020). Esse mecanismo de bioacumulação e biomagnificação do MeHg especialmente em espécies predadoras, é amplamente documentado e resulta em concentrações muito maiores nos peixes de topo de cadeia (como tucunaré, filhote, traíra), conforme estudos regionais na bacia amazônica (MARTOREDJO, 2023; KEHRIG et al., 2011).

Uma questão central é a transferência eficiente do MeHg através da placenta. A literatura mostra que os níveis no cordão umbilical são frequentemente superiores aos maternos, por exemplo, média de $16,68 \mu\text{g/L}$ no cordão e $11,53 \mu\text{g/L}$ no sangue materno

em Itaituba, com correlação forte ($r = 0,8019$; $p < 0,001$) (SANTOS et al., 2007). Isso indica que o cordão umbilical é um biomarcador de alta qualidade para quantificar a exposição fetal ao mercúrio. Portanto, amostras de sangue materno e cordão umbilical refletem de forma mais direta a exposição recente e a transferência materno-fetal (SANTOS et al., 2007; ALVES et al., 2017).

Estudo como o de Alves et al. (2017) em Portugal demonstram que o mercúrio atravessa a barreira placentária e está presente de forma correlacionada em cabelo, placenta e cordão umbilical, reforçando seu uso em biomonitoramento. Ainda assim, há escassez de estudos padronizados sobre o uso da placenta como marcador de exposição em contextos como o da Amazônia (ESTEBAN-VASALLO et al., 2012).

Considerando os níveis observados no nosso estudo, a exposição ao MeHg durante a gestação deve ser analisada à luz dos valores de referência internacionalmente estabelecidos. A US EPA define como dose de referência para MeHg o limite de $0,1 \mu\text{g/kg}$ de peso corporal por dia, o que corresponde, na prática clínica, em concentrações entre $3,5$ a $5 \mu\text{g/L}$ no sangue materno e de 5 a $6 \mu\text{g/L}$ no sangue do cordão umbilical (RICE et al., 2004; WHO, 2008; RUGGIERI et al., 2017). Esses parâmetros auxiliam na interpretação dos níveis detectados em populações expostas, permitindo estimar o grau de risco para o feto e propor intervenções em saúde pública.

Apesar de nossos resultados estarem expressos em $\mu\text{g/g}$ de peso úmido, considerando o tecido e o sangue do cordão umbilical, os limites de referência internacionalmente estabelecidos se referem exclusivamente ao sangue do cordão umbilical, geralmente expressos em $\mu\text{g/L}$ (5 a $6 \mu\text{g/L}$, conforme NRC e US EPA). Essa diferença de unidades e matrizes poderia limitar comparações diretas. No entanto, o estudo de Kozikowska et al. (2013) fornece respaldo científico para essa comparação, ao identificar uma correlação positiva significativa entre as concentrações de HgT no tecido do cordão e no sangue do cordão ($R = 0,4687$), além de relatar concentrações médias semelhantes entre placenta, cordão umbilical e sangue do cordão ($\sim 9 \mu\text{g/L}$). Esses achados corroboram a relevância do cordão umbilical como biomarcador fetal e reforçam a legitimidade da comparação dos nossos dados com os valores de referência disponíveis, mesmo diante das diferenças metodológicas.

Os achados do nosso estudo revelaram níveis de HgT no cordão umbilical abaixo dos limiares de risco estabelecidos, mas com clara associação à frequência de consumo de peixe. Esse padrão é consistente com o descrito na literatura, segundo o qual a ingestão de espécies predadoras está relacionada ao aumento das concentrações de mercúrio fetal.

A transferência materno-fetal do MeHg ocorre de forma eficiente, refletindo-se em biomarcadores circulantes como o sague do cordão (SANTOS et al., 2007). Ainda assim, persistem incertezas na definição de limites seguros de exposição, o que reforça a necessidade de avaliações contextualizadas e possíveis desfechos neonatais no contexto de Porto de Moz.

6.3 Efeitos da exposição pré-natal ao mercúrio sobre a saúde infantil

No estudo realizado em Porto de Moz, não foram observadas malformações congênitas nem prematuridade nos recém-nascidos, o que está em consonância com achados em populações com baixa a moderada exposição ao mercúrio, onde também não se identificaram associações significativas com esses desfechos (ALVES et al., 2017; WORLD HEALTH ORGANIZATION et al., 2008). No entanto, a literatura a respeito da influência da exposição pré-natal ao mercúrio sobre o peso ao nascer permanece inconsistente. Em Porto de Moz, foi observada uma tendência negativa entre os níveis de HgT no cordão umbilical e o peso ao nascer, ainda que essa associação não tenha alcançado significância estatística, indicando a necessidade de estudos com amostras maiores para elucidar essa relação.

Ainda que os resultados de Porto de Moz não tenham demonstrado uma associação estatisticamente confirmada, estudos realizados em outras regiões reforçam a possibilidade dessa relação. Na Espanha, Murcia et al. (2016) encontraram uma correlação inversa entre níveis de HgT no sangue do cordão umbilical e o peso placentário, além de uma associação marginal com o perímetro cefálico. Já em uma ampla coorte norueguesa com mais de 60.000 mulheres, Verjrup et al. (2014) observaram redução no peso ao nascer associada ao aumento da exposição ao mercúrio, independentemente dos níveis de consumo de frutos do mar. Jacques et al. (2025) também reportaram redução significativa no peso ao nascer e no perímetro cefálico em recém-nascidos com níveis elevados de mercúrio no cordão umbilical.

Esses achados indicam que o mercúrio pode exercer efeitos adversos sobre o crescimento fetal, embora o consumo de peixe, fonte tanto de mercúrio quanto de nutrientes essenciais, como os ácidos graxos ômega-3 (LCPUFA), possa exercer um papel protetor. Estudos destacam que os benefícios nutricionais do peixe podem atenuar ou mesmo mascarar os efeitos tóxicos do mercúrio, especialmente em níveis baixos a moderados de exposição (DÓREA, 2008; OKEN et al., 2008; MURATA et al., 2011; VAN WIJNGAARDEN et al., 2014; MEDEIROS et al., 2022; GOLDING et al., 2022;

JACQUES et al., 2024, 2025). Por exemplo, o consumo de peixe tem sido associado a melhores escores de QI e desempenho cognitivo, mesmo em presença de níveis crescentes de mercúrio materno (OKEN et al., 2008; MURATA et al., 2011; GOLDING et al., 2022).

Todavia, a ausência de medidas diretas dos níveis de LCPUPA em muitos estudos pode contribuir para a inconsistência dos resultados (MURATA et al., 2011). Portanto, é crucial que futuras investigações incorporem essas medições para melhor compreender a interação entre exposição ao mercúrio e benefícios nutricionais do peixe.

Em contrapartida, o MeHg é um neurotóxico estabelecido, com efeitos devastadores em níveis elevados. A doença de Minamata, causada pela exposição massiva a MeHg, ilustra os graves danos neurológicos possíveis, incluindo alterações no córtex cerebral e cerebelo, paralisia, fala incoerente, deficiência intelectual e declínio progressivo das funções cognitivas, mesmo em crianças nascidas de mães assintomáticas (MURATA et al., 2011). Yorifuji et al., (2018) demonstraram que crianças com doença congênita de Minamata apresentam declínio significativo em habilidade físicas e cognitivas ao longo de uma década.

Além do impacto em exposições elevadas, estudos recentes em populações amazônicas indicam que níveis ambientais de mercúrio também podem estar associados a atrasos no neurodesenvolvimento infantil. Em Porto Velho, por exemplo, aproximadamente 26% dos lactentes exclusivamente amamentados apresentaram atrasos neurodesenvolvimentais, sendo que múltiplos atrasos estavam associados a mães com menor renda e escolaridade (MARQUES et al., 2007; DE ASSIS ARAUJO et al., 2022).

Em crianças Yanomami, Jacques et al. (2024) relacionaram níveis de mercúrio no cabelo, idade e consumo de peixe a um QI médio baixo (68,6), evidenciando o impacto da contaminação decorrente da mineração ilegal sobre o desenvolvimento cognitivo. Também foram associadas exposições pré-natais a metais tóxicos, incluindo mercúrio, a comprometimentos no neurodesenvolvimento em bebê aos seis meses de idade (DE ASSIS ARAUJO et al., 2022). Adicionalmente, Dutra et al. (2016) relataram que crianças de 8 a 10 anos de idade em Itaituba, Pará, expostas ao mercúrio ainda na fase pré-natal, apresentaram desempenho inferior em testes de processamento auditivo central, sugerindo efeitos específicos da exposição no sistema auditivo.

Por fim, as desigualdades sociais, marcadas por baixa renda familiar, escolaridade materna insuficiente, desnutrição, anemia e infecções parasitárias, aparecem como fatores coadjuvantes que potencializam os efeitos adversos da exposição ao mercúrio sobre o crescimento e o desenvolvimento infantil (JACQUES et al., 2025; DE ASSIS ARAUJO

et al., 2022; MARQUES et al., 2007; CUNHA et al., 2018; MENDES et al., 2020; AL-SALEH et al., 2014; MEDEIROS et al., 2022).

No contexto do presente estudo, além dos fatores ambientais e da exposição ao mercúrio, observou-se que as condições de saúde materna durante a gestação também exercem papel relevante nos desfechos infantis. Observou-se, por exemplo, que a maioria das gestantes avaliadas apresentou ganho de peso gestacional dentro dos parâmetros recomendados pelo Institute of Medicine (IOM), com apenas 12,5% apresentando ganho acima do esperado. Esses dados sugerem um acompanhamento pré-natal relativamente eficaz, ao menos do ponto de vista nutricional, o que pode atuar como fator protetivo frente as exposições ambientais como o mercúrio.

Essa observação dialoga com os achados de Cunha et al. (2018), que, ao analisarem populações ribeirinhas da bacia do rio Madeira, verificaram que o consumo materno de peixe não influenciou negativamente com o crescimento, enquanto fatores como maior renda, peso ao nascer, escolaridade materna e duração da amamentação exerceram influência positiva sobre os indicadores antropométricos das crianças.

Dessa forma, mesmo diante da ausência de associação estatística entre a exposição ao mercúrio e os desfechos antropométricos neonatais em Porto de Moz, é possível que a condição nutricional satisfatória das gestantes tenha contribuído para atenuar possíveis efeitos adversos.

6.4 Dieta de pescado e suas implicações de saúde pública

A fim de garantir a segurança do consumidor, a OMS estabelece que a concentração máxima de mercúrio não deve exceder a 1 mgHg/kg em peixes predadores e 0,5 mgHg/kg em peixes não predadores (WORLD HEALTH ORGANIZATION et al, 2008).

Neste estudo, observou-se que espécies predadoras, como tucunaré, traíra e filhote apresentaram concentrações de mercúrio acima dos limites permitidos, o que pode se alinhar à diretriz da OMS quanto à maior bioacumulação em espécies de níveis tróficos superiores (LOWE-MCCONNELL, 1999). Já em espécies herbívoras ou onívoras, como o pacu, foram registrados níveis menores do metal, reforçando a importância de orientar o consumo de pescado com base no tipo de espécie. Esses achados, embora em parte antecipados no perfil alimentar das gestantes, ganham aqui aprofundamento ao se vincularem diretamente à identificação de risco alimentar específico por espécie.

Destaca-se que, no presente estudo, uma preferência local por espécies nativas não carnívoras e de maior porte, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) valorizado por seu sabor, textura e fácil acesso. No entanto, espécies carnívoras como tucunaré (*Cichla* sp.) também permaneceram entre as mais consumidas, o que reflete seu valor simbólico, nutricional e cultural para a dieta amazônica; mesmo frente a riscos conhecidos de contaminação (CUNHA et al., 2018).

Estudos na bacia do Rio Branco confirmam essa relação entre posição trófica e bioacumulação: espécies não piscívoras apresentam apenas 0,116 µg/g, enquanto as piscívoras alcançam níveis médios de mercúrio de 0,869 µg/g (DE VASCONCELLOS et al., 2022). Complementarmente foi relatado que 21% dos peixes comercializados na região excedem os limites seguros, com níveis até 14 vezes superiores entre carnívoros (BASTA et al., 2023), o que reforça a urgência de diretrizes alimentares contextualizadas regionalmente.

No presente estudo, 88% das gestantes relataram consumo médio de peixe durante a gestação. Embora os níveis de HgT no cordão umbilical tenham permanecido dentro dos limites considerados seguros ($< 0,63 \mu\text{g/g}$), foi observada uma tendência de aumento proporcional à frequência de consumo de peixe. Essa tendência reforça a importância de estratégias preventivas em saúde pública.

Diante desse cenário, é crucial integrar orientações alimentares baseadas em evidências locais aos serviços de atenção pré-natal. Protocolos como os propostos por Medeiros et al. (2022) e Jacques et al. (2025), que incluem mapeamento do consumo de pescado, avaliação de espécies consumidas e aconselhamento nutricional com substituições seguras (ex: castanha-do-pará), devem ser adaptados à realidade amazônica.

A atuação da enfermagem na atenção básica, conforme diretrizes da Política Nacional de Atenção à Saúde da Mulher, deve incorporar anamnese sobre hábitos alimentares, exposição ambiental e encaminhamento para avaliação nutricional especializada. Tais medidas ganham ainda mais relevância diante do perfil socioeconômico das gestantes, marcado por baixa renda, escolaridade limitada e dificuldades de acesso à saúde, fatores que acentuam a vulnerabilidade (BELLO et al., 2023; MEDEIROS et al., 2022; CUNHA et al., 2018).

Por fim, a efetiva implementação da Convenção de Minamata no território amazônico depende da superação de fragilidades estruturais. As ações precisam articular educação ambiental, fiscalização da cadeia produtiva do pescado, combate ao garimpo ilegal e vigilância alimentar e nutricional (BASTA et al., 2023; SILVA et al., 2017).

6.5 Limitações, importância do estudo e perspectivas futuras

Apesar do número reduzido de gestantes com dados de biomarcadores, o estudo em Porto de Moz se destaca por sua validade externa, já que a subamostra analisada reflete o perfil geral das gestantes locais atendidas. A ausência de avaliação de nutrientes como LCPUFAs limita a compreensão completa sobre a relação entre o consumo de peixe, exposição ao mercúrio e desenvolvimento fetal. Ainda assim, o estudo é relevante por trazer dados inéditos sobre um contexto amazônico marcado por vulnerabilidades socioambientais e pelo consumo frequente de pescado como base alimentar.

Os dados reforçam a importância de incluir no pré-natal ações específicas como a anamnese sobre o consumo de pescado, orientações sobre espécies com menor risco de contaminação (como tambaqui e pirapitinga) e encaminhamento nutricional. A atuação da equipe de enfermagem na atenção básica é estratégica para a educação alimentar e ambiental, especialmente em regiões expostas ao garimpo. Além disso, é necessário avançar na fiscalização ambiental e implementar a Convenção de Minamata de forma efetiva na Amazônia.

Esses achados reforçam a importância do monitoramento contínuo da exposição ao mercúrio em gestantes amazônicas, contribuindo diretamente para o cumprimento do ODS 3 – Saúde e Bem-Estar, ao promover ações preventivas voltadas à saúde materno-infantil. Ao abordar práticas alimentares locais e seus riscos associados, o estudo também dialoga com o ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável, ao evidenciar a necessidade de segurança alimentar em comunidades ribeirinhas. A valorização do conhecimento científico como base para políticas públicas voltadas à proteção de populações vulneráveis está alinhada ao ODS 10 – Redução das Desigualdades e ao ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, destacando a relevância de estratégias sustentáveis e inclusivas no contexto amazônico, conforme estabelecido pela Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ONU, 2015).

Novas pesquisas devem ampliar o número de participantes, incorporar marcadores nutricionais (como ômega-3 e selênio) e explorar os efeitos na exposição ao MeHg ao longo do tempo, especialmente no neurodesenvolvimento infantil. Investigações com abordagem comunitária e comparações entre áreas com diferentes níveis de contaminação também são recomendadas para subsidiar políticas públicas mais eficazes e culturalmente sensíveis.

7 CONCLUSÃO

Em Porto de Moz foi identificado níveis de mercúrio total no cordão umbilical abaixo dos limiares de risco internacionalmente estabelecidos, mesmo entre gestantes com consumo frequente de peixe. A análise revelou uma associação proporcional entre a frequência de ingestão de pescado e os níveis de mercúrio fetal, confirmando o pescado como a principal via de exposição ao MeHg na população estudada. Embora não tenham sido observadas malformações congênitas ou prematuridade, identificou-se uma tendência de redução do peso ao nascer associada ao aumento dos níveis de mercúrio, ainda que sem significância estatística. As análises das espécies consumidas indicaram maiores concentrações de HgT em peixes carnívoros, como tucunaré e traíra, em comparação com espécies de hábitos alimentares não carnívoros, como tambaqui, pirapitinga e pacu, o que reforça a influência do nível trófico na bioacumulação de mercúrio. O consumo predominante de espécies não carnívoras pode ter contribuído para os baixos níveis de exposição encontrados. De modo geral, os resultados sugerem que, mesmo em contextos de exposição moderada, há indícios de efeitos sutis sobre desfechos neonatais, o que reforça a relevância do monitoramento contínuo da exposição ao mercúrio em gestantes amazônicas.

8 REFERÊNCIAS

- ALHO, C. J.; REIS, R. E.; AQUINO, P. P. U. Amazonian freshwater habitats experiencing environmental and socioeconomic threats affecting subsistence fisheries. *Ambio*, v. 44, n. 5, p. 412–425, 2015.
- AL-SALEH, I. et al. Birth outcome measures and maternal exposure to heavy metals (lead, cadmium and mercury) in Saudi Arabian population. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 217, n. 2–3, p. 205–218, 2014.
- ALVES, A. C. et al. Mercury levels in parturient and newborns from Aveiro region, Portugal. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, v. 80, n. 13–15, p. 697–709, 2017.
- ARRIFANO, G. P. F. et al. Grandes projetos na Amazônia e exposição humana ao mercúrio: o caso da Barragem de Tucuruí. *Ecotoxicologia e Segurança Ambiental*, Brasil, 2018, p. 247. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.048>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- BARBETTA, P. A. *Estatística aplicada às ciências sociais*. 9. ed. rev. Florianópolis: Editora UFSC, 2015.
- BASTA, P. C. et al. Risk assessment of mercury-contaminated fish consumption in the Brazilian Amazon: an ecological study. *Toxics*, v. 11, n. 9, p. 800, 2023.

BASTOS, W. R.; DÓREA, J. G.; et al. Mercury in fish of the Madeira River (Amazon Basin): high exposure for subsistence fishers. *Environmental Research*, 2006.

BATISTA, G. C. V. et al. Fundamentos da assistência de enfermagem na atenção primária às gestantes ribeirinhas afetadas pelo despejo de mercúrio em corpos d'água. Universidade Veiga de Almeida; Universidade Estácio de Sá; Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2022.

BELLO, T. C. S. et al. Mercury exposure in women of reproductive age in Rondônia state, Amazon Region, Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 20, n. 6, p. 5225, 2023.

BÉNÉ, C. et al. Fish as the “bank in the water”–Evidence from chronic-poor communities in Congo. *Food Policy*, v. 34, n. 1, p. 108–118, 2009.

BOUDOU, A.; RIBEYRE, F. Mercury in the food web: accumulation and transfer mechanisms. In: SIGEL, A.; SIGEL, H. (ed.). *Mercury and its effects on environment and biology*. New York: Dekker, 1997. v. 34. (Metal Ions in Biological Systems).

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n.º 441, de 12 de maio de 2011. Dispõe sobre pesquisas clínicas com medicamentos na área da saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2011/res0441_12_05_2011.html. Acesso em: 29 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n.º 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html. Acesso em: 29 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e de Vigilância das Emergências em Saúde Pública. *Cartilha – Intoxicações por Mercúrio*. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cartilha_notificacao_intoxicacoes_mercurio.pdf. Acesso em: 16 fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde lança campanha Novembro Roxo de prevenção à prematuridade. Brasília: Ministério da Saúde, nov. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br>. Acesso em: 16 fev. 2024.

BRASIL. Projeto de Lei n.º 191, de 2020. Portal da Câmara dos Deputados. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2236765>. Acesso em: 16 fev. 2024.

BRUCE, D. et al. Mercury exposure and fish consumption patterns among Amazonian populations. *Journal of Environmental Health*, v. 53, n. 4, p. 12–18, 1991.

CAMACHO, K. G. et al. Vivenciando repercussões e transformações de uma gestação: perspectivas de gestantes. *Ciencia y Enfermería*, Concepción, v. 16, n. 2, p. 115–125, 2010.

- CARDOSO, E. F. S. et al. Revisão integrativa: concentrações acumulativas do mercúrio em gestante e recém-nascido através do consumo de peixe. *Recima21*, Brasil, v. 4, n. 3, 2023. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/2770/2106>. Acesso em: 11 jan. 2025.
- CARDOSO, F. C. et al. Consumo de peixes e exposição pré-natal ao mercúrio na região do Xingu-PA. *Revista Acervo em Saúde*, Brasil, v. 15, n. 9, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.25248/REAS.e11101.2022>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- CERBINO, M. R. Abordagem metaloproteômica do mercúrio em leite materno de comunidades da bacia amazônica. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil.
- CHEN-YAN, G. et al. Blood mercury concentration, fish consumption and anthropometry in Chinese children: a national study. *Environment International*, v. 110, p. 14–21, 2018.
- COSTA, E. F. Consumo de pescado local, segurança alimentar e bem-estar de mulheres em comunidades pesqueiras costeiras potiguaras. 2023. Monografia (Graduação em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Biociências, Natal. Disponível em: Repositório UFRN. Acesso em: 9 ago. 2025.
- CUNHA, M. P. L. et al. Influence of maternal fish intake on the anthropometric indices of children in the Western Amazon. *Nutrients*, v. 10, n. 9, p. 1146, 2018.
- DE ASSIS ARAUJO, M. S. et al. Prenatal exposure to metals and neurodevelopment in infants at six months: Rio Birth Cohort Study of Environmental Exposure and Childhood Development (PIPA Project). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 7, p. 4295, 2022.
- DE FELICE, E. M. *A psicodinâmica do puerpério*. São Paulo: Editora Vetor, 2000.
- DE VASCONCELLOS, A. C. S. et al. Health risk assessment attributed to consumption of fish contaminated with mercury in the Rio Branco Basin, Roraima, Amazon, Brazil. *Toxics*, v. 10, n. 9, p. 516, 2022.
- DEBES, F. et al. Impact of prenatal methylmercury exposure on neurobehavioral function at age 14 years. *Neurotoxicology and Teratology*, v. 28, p. 536–547, 2006.
- DÓREA, J. G. Effects of prenatal exposure to pollutants on children's development: Additional issues. *Environmental Health Perspectives*, v. 116, n. 10, p. A418–A418, 2008.
- DUTRA, M. D. S. et al. Efeitos da exposição pré-natal ao metilmercúrio no processamento auditivo de crianças. *Cadernos Saúde Coletiva*, v. 24, p. 70–76, 2016.
- DUTRA, M. D. S. et al. Longitudinal assessment of mercury exposure in schoolchildren in an urban area of the Brazilian Amazon. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 28, p. 1539–1545, 2012.
- ESTEBAN-VASALLO, M. D. et al. Mercury, cadmium, and lead levels in human placenta: a systematic review. *Environmental Health Perspectives*, v. 120, n. 10, p. 1369–1377, 2012.

FADINI, P. S.; JARDIM, W. F. Is the Negro River Basin Amazon impacted by naturally occurring mercury? *The Science of the Total Environment*, v. 275, n. 1, p. 71–82, jul. 2001.

FARINA, F. et al. Metals, oxidative stress and neurodegeneration: a focus on iron, manganese and mercury. *Neurochemistry International*, v. 62, n. 5, p. 575–594, abr. 2013.

FEARNSIDE, P. M. Impacts of Brazil's Madeira River dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science & Policy*, v. 38, p. 164–172, 2014.

FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. Ingestão diária de mercúrio excede os limites seguros em seis estados na Amazônia. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/ingestao-diaria-de-mercuro-excede-os-limites-seguros-em-seis-estados-na-amazonia>. Acesso em: 11 jan. 2025.

FRANCISCO, A. R. C. *Química e toxicidade do mercúrio*. Lisboa: Universidade de Lisboa – Faculdade de Farmácia, 2021.

GALVÃO, R. C. F. et al. Uso de krigagem indicativa para verificação da distribuição de mercúrio total em sedimentos de fundo no alto rio Madeira. In: CONFERÊNCIA PROGRAMA PILOTO PARA A PROTEÇÃO DAS FLORESTAS TROPICAIS – PPG7, 1., 2008, Belém. Anais [...]. Belém: PPG7, SPC&T – Fase II, 2008.

GARCIA, B. T. et al. Teratogenic agents and their unfavorable perinatal implications in risk newborns referred to the Center for Diagnosis and Early Intervention. *Brazilian Journal of Health Review*, Brasil, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.34119/bjhrv6n6-058>. Acesso em: 11 jan. 2025.

GOKOEL, A. R. et al. Influence of prenatal exposure to mercury, perceived stress, and depression on birth outcomes in Suriname: Results from the Mekitamara Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 12, p. 4444, 2020.

GOLDING, J. et al. The benefits of fish intake: Results concerning prenatal mercury exposure and child outcomes from the ALSPAC prebirth cohort. *Neurotoxicology*, v. 91, p. 22–30, 2022.

GRANDJEAN, P. et al. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicology and Teratology*, v. 20, n. 6, p. 517–528, 2001. DOI: 10.1016/S0892-0362(01)00190-0.

GRANATO, R. R. et al. Impacts of prenatal exposure to mercury on arterial hypertension in parturients in the Xingu-Amazon region. *Electronic Journal Collection Health*, 2023. ISSN 21178-2091.

GRANDJEAN, P. et al. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicology and Teratology*, v. 20, n. 6, p. 517–528, 2001. DOI: 10.1016/S0892-0362(01)00190-0.

GUNDACKER, C.; HENGSTSCHLÄGER, M. The role of the placenta in fetal exposure to heavy metals. *Wiener Medizinische Wochenschrift (1946)*, v. 162, n. 9–10, p. 201–206, 2012.

HA, E. et al. Current progress on understanding the impact of mercury on human health. *Environmental Research*, v. 152, p. 419–433, 2017.

HACON, S. S. et al. Mercury exposure through fish consumption in traditional communities in the Brazilian Northern Amazon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 15, p. 5269, 2020.

HALLWASS, G. et al. Behavioral and environmental influences on fishing rewards and the outcomes of alternative management scenarios for large tropical rivers. *Journal of Environmental Management*, v. 128, p. 274–282, 2013.

INSTITUTE OF MEDICINE. *Weight gain during pregnancy: reexamining the guidelines*. Washington, DC: National Academies Press, 2009.

JACOBSON, J. L. et al. Relation of prenatal methylmercury exposure. In: JULIANA et al. Exposure to toxic metals and per- and polyfluoroalkyl substances and the risk of preeclampsia and preterm birth in the United States: a review. *American Journal of Obstetrics & Gynecology MFM*, v. 3, n. 3, p. 100308, 2021.

JACQUES, A. D. et al. Clinical, laboratory and neurodevelopmental findings in children from the Yanomami-Ninam population chronically exposed to methylmercury. *Toxics*, v. 12, n. 3, p. 193, 2024.

JACQUES, A. D. et al. Exposição ao metilmercúrio e neurodesenvolvimento em crianças indígenas: um modelo teórico. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 41, p. e00228623, 2025.

KRAMER, M. S. Determinants of low birth weight: methodological assessment and meta-analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 65, n. 5, p. 663–737, 1987.

KEHRIG, H. A. et al. Bioconcentração e biomagnificação de metilmercúrio na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. *Química Nova*, v. 34, p. 377–384, 2011.

KOZIKOWSKA, I. et al. Mercury concentrations in human placenta, umbilical cord, cord blood and amniotic fluid and their relations with body parameters of newborns. *Environmental Pollution*, v. 182, p. 256–262, 2013.

KOZIKOWSKA, I. et al. Viabilidade celular no sangue de cordão umbilical para quantificação de CD34+ por citometria de fluxo utilizando o marcador 7-amino-actinomicina. In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CONIC, 2013. Anais [...]. São Paulo: SEMESP, 2013. Disponível em: Anais do CONIC 2013. Acesso em: 9 ago. 2025.

LACERDA, L. D.; MALM, O. Mercury contamination in aquatic ecosystems: an analysis of the critical areas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 173–190, 2008.

LARMA, J. D.; IAMS, J. D. Is sonographic assessment of the cervix necessary and helpful? *Clinical Obstetrics and Gynecology*, v. 55, n. 1, p. 324–335, 2012.

LINO, A. S. et al. Mercury and selenium in fishes from the Tapajós River in the Brazilian Amazon: an evaluation of human exposure. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 48, p. 196–201, 2018.

LOWE-MCCONNELL, R. H. *Ecologia de peixes em águas tropicais*. Tradução de Anna Emília A. de M. Vazzoler, Angelo A. Agostinho e Patrícia T. M. Cunningham. São Paulo: Edusp, 1999.

LUCIANELLI JUNIOR, D. et al. Sociobehavioral, biological, and health characteristics of riverside people in the Xingu Region, Pará, Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 20, n. 8, p. 5542, 2023.

MANDUCA, P. et al. Specific association of teratogen and toxicant metals in hair of newborns with congenital birth defects or developmentally premature birth in a cohort of couples with documented parental exposure to military attacks: observational study at Al Shifa Hospital, Gaza, Palestine. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 11, n. 5, p. 5208–5223, 2014.

MARQUES, R. C. et al. Changes in children hair-Hg concentrations during the first 5 years: maternal, environmental and iatrogenic modifying factors. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 49, n. 1, p. 17–24, 2007.

MARQUES, R. C. et al. Maternal mercury exposure and neuro-motor development in breastfed infants from Porto Velho (Amazon), Brazil. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 210, n. 1, p. 51–60, 2007.

MARQUES, R. L. S. et al. Uso de mercúrio na Amazônia brasileira: contaminação, problemas e legislação vigente. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, v. 13, n. 2, 2022.

MARTOREDJO, I. B. I. Tendências na distribuição da contaminação por mercúrio entre humanos e animais na Amazônia influenciadas pela mineração de ouro em pequena escala: uma revisão sistemática. 2023. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Macapá, 2023. Disponível em: UNIFAP – Dissertação de Martoredjo. Acesso em: 9 ago. 2025.

MEDEIROS, A. P. S. Impactos das desigualdades sociais na exposição ao mercúrio e no desenvolvimento infantil na Amazônia. 2022. 85 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2022.

MELO, F. et al. Anemia ferropriva em crianças no Brasil: principais causas e consequências. *Revista Sociedade Científica*, v. 7, n. 1, p. 3151–3174, 2024. DOI: 10.61411/rsc202447417. Disponível em: <https://revista.scientificsociety.net/wp-content/uploads/2024/07/Art.179-2024.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2025.

MELO, V. B. et al. Crescimento em crianças com doença renal crônica e fatores de risco associados à baixa estatura. *Brazilian Journal of Nephrology*, v. 46, n. 4, 2024. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/jbn/a/kKwQxKnwsdyY4SQzK8bRyZr/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 9 ago. 2025.

MENDES, V. A. et al. Prevalence and factors associated with mercury exposure in riverside communities in the Brazilian Western Amazon. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 73, supl. 5, p. e20200100, 2020.

MOORE, K. L. et al. *Embriologia Básica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Elviesier, 2012. p. 347.

MOTA, D. P. Fatores de risco para o nascimento de recém-nascidos de baixo peso a termo em uma maternidade de referência em Salvador. 2016. Monografia (Graduação em Medicina) – Universidade Federal da Bahia, Salvador. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/21320/1/DANIELA%20PROTASIO%20MOTA%20MONOGRAFIA.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MSD MANUALS. Índice de Apgar. Edição para profissionais. Disponível em: Tabela do Índice de Apgar – MSD Manuals. Acesso em: 9 ago. 2025.

MURATA, K. et al. Recent evidence from epidemiological studies on methylmercury toxicity. *Nihon Eiseigaku Zasshi – Japanese Journal of Hygiene*, v. 66, n. 4, p. 682–695, 2011.

MURCIA, M. et al. Prenatal mercury exposure and birth outcomes. *Environmental Research*, v. 151, p. 11–20, 2016.

NEVADO, J. J. B. et al. Mercury in the Tapajós River basin, Brazilian Amazon: a review. *Environment International*, v. 36, n. 6, p. 593–608, 2010.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Toxicological Effects of Methylmercury*. Washington, DC: Academic Press, 2000.

OKEN, E. et al. Maternal fish intake during pregnancy, blood mercury levels, and child cognition at age 3 years in a US cohort. *American Journal of Epidemiology*, v. 167, n. 10, p. 1171–1181, 2008.

ONG PREMATURIDADE.COM. Prematuridade no Brasil: dados e ações. 2022. Disponível em: <https://prematividade.com>. Acesso em: 9 ago. 2025.

OPALEYE, E. S. Avaliação de risco teratogênico em gestações expostas ao misoprostol: um estudo de caso-controle. 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Fortaleza. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/4214/1/2006_dis_esopaleye.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. ONU Brasil, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 10 ago. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Programa Internacional sobre Segurança Química. *Saúde Ambiental do IPCS Critério 101: Metilmercúrio*. Genebra: OMS, 1990.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Proporção de nascidos vivos com baixo peso ao nascer. Datasus. Disponível em: <https://datasus.gov.br>. Acesso em: 18 fev. 2024.

- OIKAWA, T. et al. Evaluation mercury meaning in urine of dentistry undergraduate students. *Revista Paraense de Medicina*, v. 21, n. 3, Belém, set. 2007.
- OHNO, T. et al. Total mercury levels in hair, toenail, and urine among women free from occupational exposure and their relations to renal tubular function. *Environmental Research*, v. 103, p. 191–197, 2007.
- OKEN, E. et al. Maternal prenatal fish consumption and cognition in mid childhood: mercury, fatty acids, and selenium. *Neurotoxicology and Teratology*, v. 57, p. 71–78, 2016.
- OLIVEIRA, T. R.; SIMÕES, S. M. F. O consumo de bebida alcoólica pelas gestantes: um estudo exploratório. *Escola Anna Nery Revista de Enfermagem*, v. 11, n. 4, Brasil, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ean/a/MbcwSLghPSWt44YwpkTzzGM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- ONG PREMATURIDADE.COM. Prematuridade no Brasil: dados e ações. 2022. Disponível em: <https://prematuridade.com>. Acesso em: 9 ago. 2025.
- PAIÃO, A. Observatório da Prematuridade traz dados alarmantes sobre o parto prematuro no país. *ONG Prematuridade.com*, abr. 2022. Acesso em: 16 fev. 2024, às 18h15.
- PINHEIRO, A. C. et al. Avaliação da exposição ao mercúrio em gestantes ribeirinhas da Amazônia: frequência de consumo de pescado e níveis de mercúrio em cabelo. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*, v. 16, n. 2, p. 175–183, 2016.
- PINHEIRO, M. C. N. et al. Avaliação da contaminação mercurial mediante análise do teor de Hg total em amostras de cabelo em comunidades ribeirinhas do Tapajós, Pará, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 33, n. 2, p. 181–184, 2000.
- PINHEIRO, M. C. N. et al. A ingestão de pescado e as concentrações de mercúrio em famílias de pescadores de Imperatriz (MA). *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 16, n. 1, 2016. Apud BRUCE, D. et al., 1991.
- POZZETTI, V. C. et al. Uso de mercúrio na Amazônia brasileira: contaminação, problemas e legislação vigente. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, v. 13, n. 2, 2022.
- RAIMANN, X. et al. Mercurio en pescados y su importancia en la salud. *Revista Médica*, 2014, p. 1174–1180.
- RAMOS, A. P. et al. Prevalência de malformações congênitas em recém-nascidos em hospital da rede pública. *Revista Saúde.Com*, v. 4, n. 1, p. 27–42, 2008.
- RANDALL, P. M.; CHATTOPADHYAY, S. Mercury contaminated sediment sites – An evaluation of remedial options. *Environmental Research*, v. 125, p. 131–149, 2013.
- R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 9 ago. 2025.
- RICE, D. C. The US EPA reference dose for methylmercury: sources of uncertainty. *Environmental Research*, v. 95, n. 3, p. 406–413, 2004.

- RUGGIERI, F. et al. Mercury in children: current state on exposure through human biomonitoring studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 14, n. 5, p. 519, 2017.
- SAKAMOTO, M. et al. Effects of prenatal exposure to methylmercury: neurodevelopmental delay and dose-response relationship in infants. *Environmental Research*, v. 149, p. 575–582, 2016. DOI: 10.1016/j.envres.2016.06.020.
- SAKAMOTO, M. et al. Fetal exposure to methylmercury and neurodevelopmental outcomes: current evidence and future perspectives. *Environmental Health and Preventive Medicine*, v. 26, n. 1, p. 1–9, 2021. DOI: 10.1186/s12199-021-00959-2.
- SAKAMOTO, M. et al. Health impacts and biomarkers of prenatal exposure to methylmercury: lessons from Minamata, Japan. *Toxics*, v. 6, p. 45, 2018. DOI: 10.3390/toxics6030045. Disponível em: www.mdpi.com/journal/toxics.
- SANTOS, E. O. et al. Correlação de teores de mercúrio no sangue entre mulheres e recém-nascidos do Município de Itaituba, Pará, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 23, p. S622–S629, 2007.
- SANTOS-FRANCÉS, F. et al. Distribution and mobility of mercury in soils of a gold mining region, Cuyuni River Basin, Venezuela. *Journal of Environmental Management*, 2021.
- SANTOS-SACRAMENTO, L. et al. Human neurotoxicity of mercury in the Amazon: a scoping review with insights and critical considerations. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 208, p. 111686, 2021.
- SHEEHAN, M. C. et al. Global methylmercury exposure from seafood consumption. *Environmental Research*, 2014.
- SILVA, E. C. A. Povos indígenas e o direito à terra na realidade brasileira. *Serviço Social & Sociedade*, n. 133, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0101-6628.155>. Acesso em: 9 ago. 2025.
- SILVA, R. R. et al. Minamata Convention: analysis of the socio-environmental impacts of a long-term solution. *Saúde em Debate*, v. 41, p. 50–62, 2017.
- SOUZA, E. P. et al. Contaminação por mercúrio em peixes na Amazônia brasileira. *Revista Acervo em Saúde*, Brasil, v. 24, n. 8, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.25248/REAS.e15348.2024>. Acesso em: 9 ago. 2025.
- TATSUTA, N. et al. Psychomotor ability in children prenatally exposed to methylmercury: the 18-month follow-up of Tohoku Study of Child Development. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, v. 242, p. 1–8, 2017.
- TAYLOR, C. M. et al. Blood mercury levels and fish consumption in pregnancy: risks and benefits for birth outcomes in a prospective observational birth cohort. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2016.
- TUA SAÚDE. Escala de Apgar: o que é, como é feito, tabela e resultado. Revisão médica: Dr.^a Sani Ribeiro. Atualizado em nov. 2022. Disponível em: Escala de Apgar – Tua Saúde. Acesso em: 9 ago. 2025.

TURCIOS, R. I. L. et al. Exposição a la contaminación antropogénica por mercurio y sus efectos en la salud. *Revista de Salud Ambiental*, 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *Global Mercury Assessment 2018*. Geneva: UNEP, 2019. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018>. Acesso em: 1 set. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). Observatório da Saúde da Criança e do Adolescente – ObservaPED. Belo Horizonte: Faculdade de Medicina, Departamento de Pediatria, 2022. Disponível em: <https://www.medicina.ufmg.br/observaped/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

VAN OOSTENBRUGGE, J. A. E. et al. Characterizing catch variability in a multispecies fishery: implications for fishery management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 59, n. 6, p. 1032–1043, 2002.

VAN WIJNGAARDEN, E. et al. Prenatal exposure to methylmercury and LCPUFA in relation to birth weight. *Annals of Epidemiology*, v. 24, n. 4, p. 273–278, 2014.

VEJRUP, K. et al. Prenatal mercury exposure and infant birth weight in the Norwegian Mother and Child Cohort Study. *Public Health Nutrition*, v. 17, n. 9, p. 2071–2080, 2014.

VEJRUP, K. et al. Prenatal methylmercury exposure and language delay at three years of age in the Norwegian Mother and Child Cohort Study. *Environment International*, v. 92–93, p. 63–69, 2016.

VIEIRA, E. C. et al. Avaliação dos níveis de exposição ao mercúrio entre índios Pakaanóva, Amazônia, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 111–120, fev. 2003. Disponível em: SciELO Brasil. Acesso em: 9 ago. 2025.

WIENER, J.; SPRY, D. Toxicological significance of mercury in freshwater fish. In: BEYER, W. N.; HEINZ, G. H. et al. (Ed.). *Environmental contaminants in wildlife: interpreting tissue concentrations*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1996. p. 297–339.

WILCOX, A. J. On the importance – and the unimportance – of birth weight. *International Journal of Epidemiology*, v. 30, n. 6, p. 1233–1241, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ije/30.6.1233>. Acesso em: 11 jan. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure*. Switzerland: WHO, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Primary health care: now more than ever*. Geneva: WHO, 2008.

XU, Y. et al. Low-level gestational exposure to mercury and maternal fish consumption: associations with neurobehavior in early infancy. *Neurotoxicology and Teratology*, 2016.

YORIFUJI, T. et al. Accelerated functional losses in ageing congenital Minamata disease patients. *Neurotoxicology and Teratology*, v. 69, p. 49–53, 2018.

9 APÊNDICES

Apêndice 1: **DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS (Perguntar só uma vez)**

1. Nome:
2. Local de Nascimento:
3. Endereço:
4. Telefone: ()
5. Idade (anos):
6. Estado civil: () solteira, () casada, () união estável, () viúva, () divorciada/separada
7. Etnia : () branca, () preta, () parda, () amarelo
8. Renda Familiar (salário mínimo – sm): () até 1 sm, () de 1 a 2 sm, () de 3 a 4 sm, () +5 sm, () NT renda
9. Escolaridade: () Fundamental Incompleto, () Fundamental completo, (
10.) Médio Incompleto, () Médio Completo, () Sup. Incompleto, () Sup. Completo
11. Atividade de Ocupação Atual: () Dona de casa, () Estudante, () Comerciária, () Pequena empresária, () Auxiliar Administrativo, () Diarista, () Garimpo, () outros: _____
12. Trabalhou no garimpo de Ouro: () Não,
() Sim de _____ a _____
13. Tempo de residência Local:

Apêndice 2: **DADOS CLÍNICOS/OBSTÉTRICOS**

2.1 (Perguntar só uma vez)

1. Data da última menstruação: _____

2. N° de Gestações: ____N° de abortos: ____
3. Data de Início Pré-Natal: ____/____/____Local: .
4. Possui doenças genéticas:()Não, ()Sim: Qual:_____,
5. () não sabe informar.
6. Altura da gestante:
7. Peso médio da gestante antes da gravidez (pré-gestacional): _____

2.2 (Perguntar em TODAS consultas)

1. 1.Peso atual da gestante:
2. Uso de Vitaminas: () não, () sim
3. Qual(ais) Vitaminas? _____, Não sabe informar: ____
4. Faz uso de Álcool: () Não, () Sim: Frequência/semana ____
5. Faz uso de Fumo: () Não, () Sim: Quantidade/dia, Tempo/ano
6. Faz uso de Drogas Ilícitas: () Não, () Sim: Frequência/semana
7. Faz Exercício Físico: () Não, () Sim: Frequência/semana____, Modalidade: _____
8. Apresentou doenças na gravidez: () Não, () Sim:
9. () HAS, () DM, () pré-eclâmpsia, () eclâmpsia, () outras
10. Faz tratamento para HAS: () não () sim.Desde quando: _____, Qual(ais)____
11. Desenvolveu HAS em alguma gravidez passada: () não () sim.
12. Faz tratamento para DM? () não () sim.Desde quando: _____, Qual(ais)____
13. Desenvolveu DM em alguma gravidez passada: () não () sim.
14. Pressão arterial: Consultas Pré- natal:_____
15. Realização de Consulta pré-natal: () 1ª consulta, () 2ª consulta, () 3ª consulta () 4ª consulta, () 5ª consulta, () 6ª consulta, () 7ª consulta, () 8ª consulta, () 9ª consulta
16. Quais vacinas tomou no pré-natal: () hepatite B, () dupla-viral “dT”, () tríplice bacteriana “dTpa”, () Influenza, () pneumocócitas, () febre amarela, () Covid-19.

2.3 (No momento do Parto)

1. Parto (atual): () Normal/Vaginal () Cesáreo

2. Duração da gestação (atual): () a termo [37 a 40 semanas], () Pré-termo [antes de 37 semanas], () Pós-termo [após 40 semanas]

Pressão arterial (Antes do parto): _____

Apêndice 3: CONSUMO DE PEIXE DURANTE O PRÉ-NATAL

(Perguntar em TODAS consultas)

1. Consome Peixe quantas vezes por semana:
() nenhum consumo,
() menos de duas refeições por semana
() entre duas e quatro refeições por semana () maior que quatro vezes por semana
() consumo desconhecido

2. Qual tipo de peixe: _____, Procedência: _____

Apêndice 4: DADOS DO RECÉM-NASCIDO

1. Sexo: () Feminino, () Masculino
2. Condições do RN: Índice de Apgar no 1º minuto ___ 5º minuto ___
3. Peso: ___g, Estatura: ___cm, Perímetro Cefálico (PC): _____cm,
a. Perímetro Torácico (PT): _____cm
4. Peso da Placenta: _____
5. Circular de Cordão: () Não () Sim. Foi Reanimado: () Não, () Sim:
6. () oxigênio nasal, () ambu, () entubação
7. Desfecho ao nascer: Malformações: () Não, () Sim
8. Parto (atual): () Normal/Vaginal () Cesáreo
9. Duração da gestação (atual): () a termo [37 a 40 semanas], () Pré-termo [antes de 37 semanas], () Pós-termo [após 40 semanas]
10. Pressão arterial (Antes do parto):
11. Condições do RN: Índice de Apgar no 1º minuto 5º minuto

12. Peso: g, Estatura: cm, Perímetro Cefálico (PC): cm, Perímetro Torácico (PT): cm
13. Peso da Placenta:
14. Circular de Cordão: () Não () Sim. Foi Reanimado: () Não, () Sim:
15. () oxigênio nasal, () ambu, () entubação
16. Desfecho ao nascer: Malformações: () Não, () Sim
17. Tipos de Malformações: () Defeito de Tubo Neural, () Microcefalia, () Fendas orais, () Cardiopatias congênicas, () Defeito de parede abdominal, () Defeito de membros (), Defeito de órgãos genitais (), Outros:
18. Natimortalidade: _____
19. Prematuridade: () não () sim: Quantas semanas: . Ignorado:
20. Baixo peso: _____
21. Doenças de transmissão vertical: () Zica vírus, () Dengue, () Sífilis, () Toxoplasmose, () Hepatite. Se outras doenças virais, citar: _____