

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação

EXPOSIÇÃO AO MERCÚRIO EM MULHERES-MÃES DA BACIA DO RIO
MADEIRA, AMAZÔNIA

Thayssa Cristina da Silva Bello

THAYSSA CRISTINA DA SILVA BELLO

EXPOSIÇÃO AO MERCÚRIO EM MULHERES-MÃES DA BACIA DO RIO
MADEIRA, AMAZÔNIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação, Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Conservação

Orientadora: Profa. Dra. Rejane Corrêa Marques

Macaé, RJ
2021

CIP - Catalogação na Publicação

BB446e Bello, Thayssa Cristina da Silva
Exposição ao mercúrio em mulheres-mães da Bacia
do Rio Madeira, Amazônia. / Thayssa Cristina da
Silva Bello. -- Rio de Janeiro, 2021.
68 f.

Orientador: Rejane Corrêa Marques.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Campus Macaé Professor Aloísio
Teixeira, Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais e Conservação, 2021.

1. Amazônia. 2. Contaminação ambiental. 3.
Mercúrio. 4. Mulher. I. Marques, Rejane Corrêa,
orient. II. Título.

THAYSSA CRISTINA DA SILVA BELLO

EXPOSIÇÃO AO MERCÚRIO EM MULHERES-MÃES DA BACIA DO RIO
MADEIRA, AMAZÔNIA

Volume 1

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação, Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Conservação

Aprovada em 31/03/2021.

Profa. Dra. Rejane Corrêa Marques
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. José Garrofe Dórea
Universidade de Brasília

Mauricio Mussi Molisani
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Profa. Dra. Ana Cristina Petry
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Profa. Dra. Mônica Pereira Lima Cunha
Universidade Federal de Rondônia

*Com gratidão, dedico esse trabalho aos
meus pais e marido.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, é que é meu sustento, sem Ele eu nada conseguiria.

Aos meus pais, que são minha fortaleza, meus amores, exemplos de fé e que me ensinam a cada dia o que é o amor incondicional. Tudo é por vocês e para vocês.

Ao Jan, meu marido, companheiro, amigo e incentivador. Você foi o meu gás e minha tranquilidade em meio as dificuldades. Obrigada por todo amor ofertado a mim.

As minhas avós Aurea e Gessi, obrigada por todo carinho, amor e apoio.

À minha orientadora Rejane Côrrea Marques, obrigada pela oportunidade de participar desse estudo, pelos ensinamentos acadêmicos, profissionais e da vida e por acreditar em mim. Já te disse pessoalmente e vale a pena repetir, hoje sou uma pessoa melhor. Gratidão e admiração pela mulher, professora, pesquisadora, enfermeira, mãe e esposa que eu tenho o prazer de conviver.

Aos meus amigos pelos incentivos, palavras de fé, estímulos e torcida.

Aos professores Ana Petry e Maurício Molisani, pelos ensinamentos em sala de aula e contribuições valiosas na qualificação. Ao Professor Dórea pela receptividade na UnB e conversas enriquecedoras e a professora Mônica Cunha por aceitar o convite desse momento tão especial.

À professora/amiga Flávia Villela pela ajuda e contribuição e ao professor Amarildo, ambos foram fundamentais na estatística deste trabalho.

Ao Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca pelas análises do mercúrio no cabelo.

A todos os pesquisadores, professores e pós-graduandos envolvidos nessa pesquisa.

As mulheres e crianças pela participação e por confiarem em nosso estudo.

Aos professores da Área Materno-infantil de Enfermagem/UFRJ Macaé, pelo crescimento acadêmico e profissional e por toda torcida durante esse processo.

Ao PPG CiAC, pela acolhida e oportunidade em fazer parte da turma de mestrado 2019.

À CAPES pelo apoio financeiro que possibilitou a realização desse mestrado.

BELLO, Thayssa Cristina da Silva Bello. Exposição ao mercúrio em mulheres-mães da Bacia do Rio Madeira, Amazônia. Macaé, 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) - Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2021.

RESUMO

O metilmercúrio (MeHg) é a forma mais tóxica do mercúrio, um metal com potencial de biomagnificação. Ao atravessar as barreiras hematoencefálica e placentária, o Hg é capaz de acumular em fetos de mulheres expostas ao contaminante. Uma vez que atividades de mineração e consumo de peixe potencializam o grau de exposição ao Hg, as populações amazônicas são altamente vulneráveis à contaminação. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de investigar a exposição ao Hg e suas implicações para saúde reprodutiva de mulheres. Por meio de uma abordagem longitudinal, observacional, e quantitativa, durante cinco anos foram avaliados parâmetros da saúde de 1433 mulheres em idade reprodutiva, todas elas residentes em regiões ribeirinhas, rurais e urbanas da bacia do rio Madeira, Estado de Rondônia. Hábitos alimentares e histórico familiar foram levantados por meio de questionários, na busca de fatores que identificassem a exposição a poluentes ambientais ou que pudessem afetar a saúde reprodutiva das mulheres. Durante as visitas foram coletadas amostras de cabelo para determinar o nível de contaminação de Hg e registradas informações sobre práticas de amamentação. Os dados foram analisados por modelos lineares de efeito misto, em ambiente R° . O número médio de filhos de mulheres entre 13 e 43 anos variou de 1,99 (DP \pm 1,70) a 3,83 (DP \pm 1,55), no início e no quinto ano do estudo, respectivamente. O tempo médio de escolaridade das entrevistadas foi 5,95 anos (DP \pm 3,22), a renda *per capita* média familiar foi R\$651,19 e a duração média do aleitamento materno foi 6,95 meses (DP \pm 5,69). Em média, essas mulheres consumiram peixe em 2,76 (DP \pm 2,03) dias na semana e o nível médio de Hg foi 8,47 $\mu\text{g}/\text{g}^{-1}$. Correlações significativas foram detectadas entre o consumo de peixe e o nível de Hg no pré-natal, 6, 24 e 60 meses após o parto. O tempo exerceu um efeito significativo na variação da concentração de Hg de mulheres em áreas de garimpo e urbanas. Sobretudo em áreas rurais e ribeirinhas, as concentrações de Hg foram superiores aos limites estabelecidos como seguros pela OMS. Essas mulheres devem estar mais expostas à contaminação de Hg devido a ingestão mais frequente de pescado contaminado. Este estudo revela a necessidade de seguir a Convenção de Minamata e implantar um programa nacional de monitoramento da exposição humana ao Hg no Brasil.

Palavras-chaves: Amazônia, contaminação ambiental, mercúrio, mulher.

BELLO, Thayssa Cristina da Silva Bello. Exposição ao mercúrio em mulheres-mães da Bacia do Rio Madeira, Amazônia. Macaé, 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) - Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2021.

ABSTRACT

Methylmercury (MeHg) is the most toxic form of mercury, a metal with the potential for biomagnification. When crossing the blood-brain and placental barriers, Hg is able to accumulate in fetuses of women exposed to the contaminant. Since mining activities and fish consumption increase the degree of exposure to Hg, Amazonian populations are highly vulnerable to contamination. This study was developed with the objective of investigating exposure to Hg and its implications for the reproductive health of women. Through a longitudinal, observational, and quantitative approach, health parameters of 1433 women of reproductive age were assessed for five years, all of whom lived in riverside, rural and urban regions of the Madeira River basin, State of Rondônia. Food habits and family history were raised through questionnaires, in search of factors that identified exposure to environmental pollutants or that could affect women's reproductive health. During the visits, hair samples were collected to determine the level of Hg contamination and information on breastfeeding practices was recorded. The data were analyzed by linear models of mixed effect, in an R® environment. The average number of children of women between 13 and 43 years old ranged from 1.99 (SD \pm 1.70) to 3.83 (SD \pm 1.55), at the beginning and in the fifth year of the study, respectively. The average education time of the interviewees was 5.95 years (SD \pm 3.22), the average per capita family income was R \$ 651.19 and the average duration of breastfeeding was 6.95 months (SD \pm 5.69). On average, these women consumed fish in 2.76 (SD \pm 2.03) days a week and the average Hg level was 8.47 $\mu\text{g} / \text{g}$ -1. Significant correlations were detected between fish consumption and the level of Hg in the prenatal period, 6, 24 and 60 months after delivery. Time had a significant effect on the variation in the Hg concentration of women in mining and urban areas. Especially in rural and riverside areas, Hg concentrations were higher than the limits established by WHO as safe. These women must be more exposed to Hg contamination due to more frequent ingestion of contaminated fish. This study reveals the need to follow the Minamata Convention and implement a national program to monitor human exposure to Hg in Brazil.

Keywords: Amazon, environmental contamination, mercury, women.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista de algumas espécies de peixes da Bacia do Rio Madeira e suas respectivas concentrações de mercúrio, f. 30.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localidades estudadas, 34 f.

Figura 2: Variável dependente (hgm_basal), transformada aplicando log10 para se aproximar da distribuição normal, 38f.

Figura 3: Variação no número de filhos por localidades no pré-natal e após 2 e 5 anos, 46f.

Figura 4: Variação do tempo de aleitamento materno (meses) entre as quatro localidades, 47f.

Figura 5: Variação da frequência do consumo de peixes (dias/semana) entre as localidades, 48f.

Figura 6: Variação da concentração de Hg capilar entre as localidades, 50f.

Figura 7: Comparação pareada entre os fatores Tempo e Hg capilar em mulheres residentes no garimpo Bom Futuro, Rondônia, Brasil, 51f.

Figura 8: Comparação pareada entre os fatores Tempo e Hg capilar em mulheres residentes em localidades urbanas, Rondônia, Brasil, 53f.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo das variáveis socioeconômicas e demográficas de gestantes residentes da Bacia do Rio Madeira, 39f.

Tabela 2: Resumo das variáveis do parto e duração da amamentação, 40f.

Tabela 3: Resumo das variáveis relacionadas ao consumo de peixes materno e níveis de Hg no cabelo para as localidades analisadas na bacia do Rio Madeira, 41f.

Tabela 4: Análise multivariada da regressão linear de efeitos mistos para o modelo do logaritmo decimal de Hg, com efeitos aleatórios no intercepto e nas mulheres da Bacia do Rio Madeira, Rondônia, Brasil, 42f.

Tabela 5: Análise de Pos Hoc entre as localidades de garimpo, ribeirinha, rural e urbana, 43f.

Tabela 6: Dados descritivos das variáveis número de filhos, tempo de aleitamento materno, frequência de consumo de peixe e Hg capilar de acordo com a localidade. N = 1433, 45f.

Tabela 7: Coeficiente de Correlação de Kendall entre as variáveis número de filhos e a concentração de Hg capilar (T-Hg) no pré-natal e após 2 e 5 anos, 46f.

Tabela 8: Coeficiente de Correlação de Kendall entre amamentação e a concentração de Hg capilar (T-Hg) no pré-natal, aos 6 meses, 2 e 5 anos, 47f.

Tabela 9: Coeficiente de Correlação de Kendall entre frequência do consumo de peixe e a concentração de Hg capilar (T-Hg) no pré-natal, 6 meses, 2 e 5 anos, 49f.

Tabela 10: Análise multivariada da regressão linear de efeitos mistos para o modelo do Hg capilar materno, com efeitos aleatórios no intercepto e nas mulheres residentes no garimpo de Bom Futuro, Rondônia, Brasil, 50f.

Tabela 11: Análise multivariada da regressão linear de efeitos mistos para o modelo do Hg capilar materno, com efeitos aleatórios no intercepto nas mulheres ribeirinhas, Rondônia, Brasil, 51f.

Tabela 12: Análise multivariada da regressão linear de efeitos mistos para o modelo do Hg capilar materno, com efeitos aleatórios no intercepto e nas mulheres rurais, Rondônia, Brasil, 52f.

Tabela 13: Análise multivariada da regressão linear de efeitos mistos para o modelo do Hg capilar materno, com efeitos aleatórios no intercepto e nas mulheres urbanas, Rondônia, Brasil, 53f.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AIC: Critério de Informação de Akaike

ATSDR: *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*

CDC: *Centers for Disease Control and Prevention*

CEP: Comitê de Ética em Pesquisa

d: Dia

DHA: Ácido docosa- hexaenoico

DP: Desvio padrão

EDTA: *EthyleneDiamineTetrAcetic acid*

EFSA: *European Food Safety Authority*

EtHg: Etilmercúrio

EU: União Europeia

EUA: Estados Unidos da América

FAO: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

FIV: Fertilização in vitro

g: Grama

GAR: Garimpo

H₂SO₄: Ácido sulfúrico

Hg: Mercúrio

Hgm: Hg materno

HNO₃: Ácido nítrico

IBCCF: Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano

IPCS: *International Programme On Chiminal Safety*

Kg: Quilo

Km: quilômetros

KMnO₄: Permanganato de potássio

KW: *Kruskal-Wallis*

LH: Hormônio luteinizante

MÁX: Máximo

MeHg: Metilmercúrio

MÍN: mínimo
ml: Mililitro
MS: Ministério da Saúde
N: Total no estrato
NHANES: *National Health and Nutrition Examination Survey*
NUSAU: Núcleo de Saúde
OMS: Organização Mundial da Saúde
PNUMA: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RIB: Ribeirinho
RN: Recém-nascido
RO: Rondônia
RUR: Rural
SE: *Standard Error*
SEM: Semanas
TAU: Coeficiente de Correlação de *Kendall*
T-Hg: Hg total
UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro
UnB: Universidade de Brasília
UNEP: *United Nations Environment Programme*
UNIR: Universidade Federal de Rondônia
URB: Urbano
US EPA: *United States Environmental Protection Agency*
V-AAS: Espectrofotometria de Absorção Atômica Acoplada ao Gerador de Vapor Frio
WHO: *World Health Organization*
β: Estimativa
μg: Micrograma
x̄: Média
%: porcentagem

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1.	MULHERES EM IDADE REPRODUTIVA E A EXPOSIÇÃO AO HG	10
2.2.	UTILIZAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE HG EM CABELO COMO MARCADOR DE EXPOSIÇÃO	12
2.3.	O MERCÚRIO NA AMAZÔNIA	14
2.4.	MERCÚRIO E CONSUMO DE PEIXE NA AMAZÔNIA BRASILEIRA	16
3.	OBJETIVOS	20
3.1.	OBJETIVO GERAL	20
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4.	JUSTIFICATIVA	21
5.	MATERIAIS E MÉTODOS	22
5.1.	TIPO DE PESQUISA E CASUÍSTICA	22
5.2.	ÁREA DE ESTUDO	22
5.3.	PARTICIPANTES	23
5.4.	OBTENÇÃO DOS DADOS	24
5.4.1.	Determinação da exposição ao Hg	25
5.4.2.	Determinação das concentrações de Hg total	25
5.4.3.	Controle de Qualidade Analítico	25
5.5.	ANÁLISE DOS DADOS	26
5.5.1.	Variáveis	26
5.5.2.	Análises estatísticas	26
6.	RESULTADOS	29
6.1.	DADOS DESCRITIVOS DA AMOSTRA	29
6.1.1.	Modelo Linear Misto da amostra	32
6.2.	ANÁLISES POR LOCALIDADE	33
6.2.1.	Número de filhos entre as localidades	36

6.2.2.	Amamentação entre as localidades.....	37
6.2.3.	Frequência do consumo de peixe entre as localidades.....	38
6.2.4.	Variação das concentrações Totais de Hg (T-Hg) capilar entre as localidades	39
6.3.	MODELO LINEAR MISTO	40
6.3.1.	Bom Futuro (Garimpo)	40
6.3.2.	Ribeirinho	41
6.3.3.	Rural	42
6.3.4.	Urbano	42
7.	DISCUSSÃO	44
8.	CONCLUSÃO.....	49
9.	REFERÊNCIAS	50
10.	ANEXOS	64
10.1.	ANEXO 1	64
	TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	64
10.2.	ANEXO 2	65
	QUESTIONÁRIO PARA MULHERES E RECÉM-NASCIDOS.....	65
10.3.	ANEXO 3	67
	QUESTIONÁRIO PARA MULHERES E CRIANÇAS DE 6 A 60 MESES.....	67

1. INTRODUÇÃO

A contaminação do ambiente por mercúrio (Hg) é um problema de escala global, que afeta a saúde de pessoas tanto em países desenvolvidos, como a Suécia, Canadá, Japão, Estados Unidos da América e Finlândia (WHO, 1990; REIN; HYLANDER, 2000; HARADA, 1995; SALONEN et al., 2000; LEGRAND et al., 2010; MOZAFFARIAN, et al., 2011), quanto em países em desenvolvimento, como Brasil, China, Venezuela, Colômbia e Iraque (BAKIR et al., 1973; MALM, 1998; DÍAZ et al., 2018; ROJAS et al., 2006, WHO, 1990; WANG et al., 2020). As consequências da exposição a xenobióticos como o Hg na saúde humana tem levado diversos países a implementar estudos de biomonitorização e avaliação da população em relação aos contaminantes químicos ambientais. Exemplos desses são o *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) nos Estados Unidos da América (CDC, 2005), o *German Environmental Surveys* na Alemanha (SCHULZ et al., 2007) e o *Environmental Health Monitoring System in the Czech Republic*, na República Tcheca (NIPH, 2007), que além de fornecerem recomendações, subsidiam ações na área da saúde e meio ambiente.

O Hg é um metal pesado brilhante, branco-prateado, com propriedades físicas e químicas únicas, que é usado há séculos em todo o mundo para fins comerciais e medicinais (CLARKSON et al., 2003; WHO, 1990). Como elemento persistente e de ciclagem global, o Hg é classificado como o terceiro dos elementos mais tóxicos para a saúde humana pela Agência Americana para Registro de Substâncias e Doenças Tóxicas (ATSDR) (US ATSDR, 1999) e um dos dez principais elementos químicos de "grande preocupação de saúde pública" para a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017). Devido as suas propriedades tóxicas, o Hg afeta o meio ambiente e, conseqüentemente, os seres humanos (MERGLER et al., 2007). Por esta razão, é considerado prioritário em estudos ambientais e de saúde humana (UNEP, 2013).

Como um elemento químico onipresente, o Hg pode ser encontrado na forma elementar (ou metálico), inorgânica (p.ex. cloreto de Hg) e orgânica (etil-, metil-, alquil-, ou fenil-Hg), e uma vez que variam na toxicidade e implicações para a saúde humana, exigem medidas específicas para evitar a exposição (IPCS, 2000). Apesar de suas fontes de emissão serem naturais e antrópicas, são as últimas que potencialmente acarretam em alterações ambientais mais graves e irreversíveis (MERGLER et al., 2007; UNEP, 2013). O Hg pode ser encontrado nas seguintes formas: elementar (ou metálico), inorgânico (p.ex. cloreto de Hg) e orgânico (etil-, metil-, alquil-, ou fenil-Hg). Todas essas formas têm diferentes toxicidades e implicações para a saúde humana e medidas específicas para evitar a exposição (IPCS, 2000). É um elemento

químico onipresente, emitido de fontes naturais e antropogênicas, porém os lançamentos antrópicos são os que podem levar a mudanças ecológicas graves e irreversíveis (MERGLER et al., 2007; UNEP, 2013). Erupções vulcânicas, evaporação natural e minas de mercúrio são as principais fontes de liberação Hg. No meio aquático, o Hg pode ser metilado por bactérias metanogênicas, que o reduzem a metilmercúrio (MeHg), a forma mais tóxica do Hg e que facilita a disseminação do metal na cadeia alimentar (WHO, 1989; 1990; BOENING, 2000). Ao ser incorporado por organismos aquáticos, o MeHg torna-se, então, biodisponível e é biomagnificado pelos níveis ascendentes da cadeia alimentar, até alcançar os seres humanos, por meio do consumo de pescado (WHO, 1989; USEPA, 2015).

Cerca de 90% do MeHg ingerido é absorvido no intestino e passa para a corrente sanguínea, atravessa facilmente a barreira hematoencefálica e afeta o sistema nervoso central (CLARKSON, 1995; MYERS; DAVIDSON, 1998; COLVIN et al., 2016). Por ser altamente lipossolúvel, o MeHg pode atravessar a barreira placentária e resultar em altas concentrações de Hg no feto (DING, et al, 2013, XIANG et al., 2019). Nesse sentido, exposições maternas e fetais ao MeHg são as que apresentam maiores riscos para a saúde humana (GRANDJEAN; WEIHE; NIELSEN, 1994b, HA et al., 2017).

Os principais efeitos adversos para a saúde associados à exposição ao Hg incluem neurotoxicidade, teratogenicidade, nefrotoxicidade e imunotoxicidade (SWEET, ZELIKOFF, 2001; COUNTER et al, 2002; RUGGIERI et al., 2017). A magnitude desses efeitos tóxicos pode variar consideravelmente, dependendo do estágio da vida, dose e duração da exposição (CLARKSON; MAGOS, 2006), sendo que os sintomas podem se intensificar, tornar-se irreversíveis e, eventualmente, levar à morte (WHO, 2003). Embora os efeitos adversos à saúde atribuídos aos compostos de Hg sejam bem conhecidos, a base molecular subjacente ao desenvolvimento da toxicidade ainda não está totalmente esclarecida. Dados os efeitos adversos dos compostos de Hg, é imperativo avaliar a exposição e detectar efeitos precoces preditivos de toxicidade, especialmente em populações mais vulneráveis à contaminação (RUGGIERI et al., 2017).

O estilo de vida e a dieta desempenham um papel importante no grau de exposição ao MeHg (SCHOEMAN et al., 2009). Ao recrutar 146 gestantes durante o pré-natal, um estudo realizado na Dinamarca mostrou que, em virtude do seu potencial neurotóxico, a exposição por mercúrio através de frutos do mar gera um custo anual de aproximadamente 10 bilhões de euros para a União Europeia (UE) (REF). Diante dos resultados reportados por Kirk et al (2017), a UE concentrou esforços na orientação dietética focada na diminuição da ingestão de frutos de

mar para o público-alvo, visto que a redução nos níveis de contaminação do pescado é inalcançável a curto prazo (KIRK et al., 2017).

Em 2017 entrou em vigor a Convenção de Minamata sobre Mercúrio – um tratado internacional para reduzir o uso e a emissão de mercúrio – resultado de negociações que envolveram 140 países no âmbito do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Até o momento, a Convenção tem 128 signatários, incluindo o Brasil (GUIMARÃES, 2020). Ela entrou em vigor em 16 de agosto de 2017, após a data de depósito do 50º instrumento de ratificação, aceitação, aprovação ou adesão (UNEP, 2019). Essa Convenção tem por objetivo a proteção do meio ambiente e da saúde humana das emissões e liberações antropogênicas de Hg e de compostos de Hg, em especial populações vulneráveis, sobretudo mulheres, crianças e, por meio dessas, as futuras gerações (BRASIL, 2018). Para cumprir esse objetivo, a Convenção de Minamata inclui medidas de controle de emissão e liberação de Hg, tais como o controle do fornecimento e comércio de Hg e de produtos com Hg adicionado (UNEP, 2019).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MULHERES EM IDADE REPRODUTIVA E A EXPOSIÇÃO AO Hg

Gestantes, crianças e mulheres em idade fértil, constituem um dos grupos mais vulneráveis e sensíveis aos efeitos da exposição a longo prazo ao Hg (EFSA, 2015). Ao modular o sistema endócrino, o Hg ocasiona uma diminuição do hormônio luteinizante (LH), estradiol, progesterona e prolactina e um aumento nos distúrbios menstruais (HENRIQUES et al., 2019). Esses hormônios são essenciais para a manutenção do ciclo reprodutivo feminino e uma desordem pode causar resultados reprodutivos adversos. Diversos estudos têm associado a exposição ao Hg com distúrbios do ciclo reprodutivo da mulher, afetando os níveis e função do estrogênio, além de alguns distúrbios menstruais, síndrome do ovário policístico, endometriose, distúrbios benignos na mama e uma variação na lactação (BJØRKLUND et al., 2019; HENRIQUES et al., 2019; GARCÍA-FORTEA et al., 2018; DICKERSON et al., 2011; JONES et al., 2007). Na fase gestacional, foram encontrados desfechos adversos associados à exposição ao Hg, tais como, abortos espontâneos, partos prematuros, natimorto, malformações congênitas e atrasos no neurodesenvolvimento fetal (BJØRKLUND et al., 2019; CABALLERO et al., 2017; SIKORSKI et al., 1987).

A exposição pré-natal ao Hg pode estar associada a efeitos adversos na gravidez, nascimento e desenvolvimento infantil (Dórea e Marques, 2016). O consumo de pescado com altas concentrações de MeHg por gestantes pode causar graves problemas no desenvolvimento neurológico da prole (SCHOEMAN et al., 2010). Ao final da gestação, altos níveis de Hg no sangue materno estão associados a um risco maior de recém-nascidos com baixo peso ao nascer (LEE, 2010).

Alguns mecanismos de modulação do Hg ainda não estão definidos na literatura, porém estudos anteriores revelam que a contaminação por este metal pode levar a uma gestação pré-termo devido a inflamação e estresse oxidativo provocado pelo Hg (JAUNIAUX; POSTON; BURTON, 2006). Este estresse oxidativo pode acometer a função placentária e consequentemente afetar o crescimento normal intrauterino (CABALLERO et al., 2017).

Os efeitos do Hg no ciclo ovulatório em mulheres que se submeteram ao tratamento de fertilização in vitro (FIV) foi descrito por Al-Saleh et al. (2008). Os autores encontraram uma correlação positiva entre a concentração de Hg no sangue dessas mulheres e no líquido folicular ($r= 0,25$, $p<0,01$), e uma correlação negativa entre os níveis de Hg no sangue e a quantidade de

número de óvulos. Esses dados demonstram uma possível relação entre concentração de Hg e diminuição da fertilidade.

Mulheres estão expostas a diversas fontes de contaminação por Hg. No Norte da Tanzânia, Nyanza et al. (2020) compararam a exposição de mulheres grávidas residentes em áreas com atividades de mineração artesanal de ouro e áreas controle, sem essas atividades. Amostras de urina e sangue de gestantes com 16 e 27 semanas de gestação revelaram que mulheres expostas ao Hg, seja na água, alimentos, solo e ar apresentaram resultados reprodutivos adversos quando comparadas às áreas controle. Os autores encontraram também uma associação entre o Hg total (T-Hg) e o risco aumentado de natimorto e de nascimento prematuro.

Em exposição considerada baixa a moderada ao Hg, um aumento no risco de nascimentos pré-termos tem sido reportado (Xue et al., 2007). As mulheres que pariram antes das 35 semanas de gestação apresentavam concentrações de Hg capilar acima do percentil 90 (superior a 0,55 µg/g) em comparação com mulheres que deram à luz a bebês a termos (37 a 41 semanas e 6 dias de gestação). Já Dallaire et al. (2013) constataram uma correlação negativa entre os níveis de Hg no sangue do cordão umbilical e a idade gestacional no momento do nascimento.

Mulheres brasileiras também estão expostas a diversas vias de contaminação do Hg. No sul da Amazônia, mulheres expostas ao Hg por atividade laboral (garimpo) e consumo de peixe apresentaram variação na concentração de Hg capilar entre 0.05 a 8.2 µg/g (HACON et al., 2000). Em áreas urbanas da Amazônia, em geral com menor consumo de peixe em relação a áreas ribeirinhas, foi encontrada uma correlação significativa entre as concentrações de Hg em mães e recém-nascidos (MARQUES et al., 2007a; 2013a). Comparadas às mães urbanas, as mães ribeirinhas tradicionais apresentaram concentrações significativamente mais altas de Hg no cabelo (MARQUES et al., 2013a; VIEIRA et al., 2013) e no leite (VIEIRA et al., 2013). Na população ribeirinha, as concentrações de Hg total no cabelo demonstrou ser um marcador confiável da exposição ao MeHg (MARQUES et al., 2013b).

A exposição ao Hg é, em sua maioria, proveniente do consumo de peixe contaminado. Porém, o peixe pode representar uma das principais fontes de proteína para a saúde da mulher. Em Nunavik (norte do Quebec, Canadá), níveis elevados do ácido docosa-hexaenoico (DHA), uma das substâncias que compõe o Ômega 3 foram detectados em peixes e mamíferos marinhos. Os resultados demonstraram que uma dieta rica neste ácido graxo essencial está associada a uma melhora na memória e nas habilidades visuais. Diante desses resultados, os

autores endossam as recomendações para que mulheres grávidas não mudem seu estilo tradicional de alimentação, porém evitem peixes topo de cadeia, devido à bioacumulação do Hg (BOUCHER et al., 2011).

Um outro benefício do consumo de pescado é a prevenção de obesidade e doenças cardiovasculares (CASTAÑO et al., 2015). Dessa forma, é razoável que os benefícios da ingestão de peixes por mulheres grávidas, em especial para aquelas que tem no pescado sua fonte majoritária de proteína, supere os riscos da contaminação (Boucher et al., 2011).

Contudo, conhecer a real influência da exposição a esse metal na saúde da mulher é uma questão de grande relevância para a saúde pública (DI RENZO et al., 2015). É fundamental a criação de estratégias e políticas públicas apropriadas para atenuar os riscos associados.

2.2. UTILIZAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE HG EM CABELO COMO MARCADOR DE EXPOSIÇÃO

O monitoramento dos níveis de exposição na população humana, em particular em grupos de risco, como mulheres grávidas, recém-nascidos, crianças e trabalhadores expostos ao Hg, tem sido a base da avaliação de riscos associada ao Hg (BRANCO et al., 2017). Os biomarcadores mais comuns de exposição ao Hg são marcadores internos de concentração, que abrangem medidas dos níveis de Hg total no cabelo, urina e sangue (BERGLUND et al., 2005). Outros biomarcadores, como os níveis de Hg no sangue do cordão umbilical, placenta, fezes, leite materno ou unhas, raramente são usados, embora em situações particulares tenham se mostrado bastante úteis (GRANDJEAN et al., 1997; BOSE-O'REILLY et al., 2010; COOKE, 2014; OHONO et al., 2007; VIEIRA et al., 2013). Apesar de seu uso comum na avaliação da toxicidade induzida por Hg (MAIER et al., 2004) deve-se enfatizar que, devido à variação individual, os níveis de Hg no cabelo, sangue ou urina não refletem necessariamente a presença ou ausência de toxicidade (BOSE O'REILLY et al., 2010).

A concentração de Hg no cabelo tem sido usada em muitos estudos como bioindicador da exposição humana (CASTRO; LIMA, 2018; DÓREA; MARQUES, 2016), porque ser de fácil coleta, armazenamento e manipulação (AIREY, 1983, MARQUES et al., 2013b). Além disso, a estabilidade química do Hg facilita estudos retrospectivos (CASTRO; LIMA, 2018; MARQUES et al. 2007a). No momento da formação do fio, o Hg dos capilares sanguíneos penetra nos folículos capilares e à medida que o fio cresce (ca. 1 cm por mês), a exposição ao Hg é recapitulada nos fios (CLARKSON et al., 1998; SROGI, 2007). Assim, concentrações de Hg nas frações mais próximas do couro cabeludo refletem a exposição mais recente, enquanto

as mais distantes do couro cabeludo são representativas das concentrações sanguíneas anteriores, ou seja, refletem a exposição passada (SROGI, 2007). Esse gradiente na concentração pelo fio de cabelo resulta da ligação do MeHg liga-se aos grupos sulfidrila da queratina. Integrado ao fio, o MeHg constitui mais de 80% da carga do metal do cabelo (BERGLUND et al., 2005). A concentração de Hg no cabelo é um biomarcador apropriado para abordar a exposição ao MeHg de maneira não invasiva (BRANCO et al., 2017; MARQUES et al., 2007a; BERGLUND et al., 2005). Marques et al. (2007a) afirmam que os fios de cabelo são o melhor integrador da exposição passada a MeHg.

Os níveis aceitáveis de Hg no cabelo variam entre 1 e 2 $\mu\text{g/g}^{-1}$, mas indivíduos que consomem grandes quantidades de peixes podem ter níveis de Hg acima de 10 $\mu\text{g/g}^{-1}$ (WHO/UNEP, 2008), com o menor nível de efeito adverso observável (LOAEL) para efeitos neurotóxicos (parestesia) em adultos estabelecidos em 50 $\mu\text{g/g}^{-1}$ (CLARKSON; MAGOS, 2006). Durante a gravidez, os níveis de Hg no cabelo materno podem diminuir em até 20%, indicando transferência placentária de Hg para o feto (Barbosa et al., 1998). De fato, a transferência placentária de MeHg é muito mais importante do que a transferência pelo leite materno (BARBOSA et al., 1998; BJÖRNBERG et al., 2005) na determinação da relação entre os níveis de Hg nos cabelos maternos e recém-nascidos, em populações cuja dieta é baseada em peixes (BARBOSA et al., 1998; DÍEZ et al., 2009; KIM et al., 2008; MARQUES et al., 2013a; 2015; OLIVEIRA et al., 2010; OU et al., 2015; SAVABIEASFAHANI et al., 2012).

Já no cabelo infantil, a concentração de Hg é um biomarcador confiável para a exposição ao MeHg no útero. Crianças amamentadas que receberam vacinas contendo timerosal mostraram alterações assimétricas nos níveis de Hg no cabelo em relação à mãe, indicando que as concentrações de Hg no cabelo também refletem a exposição a etilmercúrio (EtHg) além de MeHg (MARQUES et al., 2007b). A análise de especiação demonstrou que os níveis de EtHg no cabelo estão positivamente correlacionados com o número de vacinas contendo timerosal e negativamente com o tempo decorrido desde a última vacinação (DÓREA et al., 2011). Essa carga adicional de EtHg de vacinas aumenta ainda mais a carga de Hg pré e pós-natal (DÓREA et al., 2012).

No Brasil, muitos estudos realizados na região amazônica utilizaram o cabelo como biomarcador da exposição ao Hg (MARQUES et al., 2019a; 2019b; CORVELO et al., 2014; VIEIRA et al., 2013; DÓREA et al., 2003). Barbosa et al. (1995) compararam populações expostas ao Hg por diferentes rotas (garimpo de ouro artesanal e consumo de peixe) e, em geral,

os níveis no cabelo eram um descritor mais confiável para a exposição ao Hg via consumo (principalmente MeHg) do que via atividades de garimpo.

Os níveis de Hg no cabelo estão fortemente correlacionados com a ingestão de MeHg na dieta de um indivíduo (DÓREA; MARQUES, 2016). Porém, Castro e Lima (2018) lembram que o Hg pode ser incorporado ao cabelo de outras maneiras – como a absorção de espécies voláteis (Hg elementar) – e suas concentrações podem ser afetadas pela cor do cabelo e pelas taxas de crescimento, consideradas fontes de variação pré-analíticas, o que pode causar viés e interpretações enganosas. Apesar dessas limitações, a versatilidade proporcionada pelos fios cabelos para avaliar a exposição ao Hg, especialmente em áreas remotas, tem sido valiosa para estudar a exposição a este metal em diferentes populações (DÓREA; MARQUES, 2016; PASSOS et al., 2008; CASTRO; LIMA, 2018).

2.3. O MERCÚRIO NA AMAZÔNIA

A contaminação da bacia amazônica por Hg tem sido motivo de muita preocupação nas últimas quatro décadas. No fim dos anos 70, a "corrida do ouro" levou centenas de milhares de garimpeiros para a região, em busca de riquezas (CLEARY, 1990). Segundo Feijão e Pinto (1992), em 1989, mais de um milhão de garimpeiros trabalhavam na Amazônia Brasileira em pelo menos dois mil garimpos, extraindo anualmente cerca de 100 t de ouro. A atenção mundial se voltou para a situação dos mineiros e daqueles expostos a vapores de Hg do refino de ouro (PASSOS et al., 2008; CLEARY, 1990; MALM et al., 1990).

Na década de 1980 despontaram estudos sobre a quantidade de Hg metálico que foram lançados nos rios e atmosfera na região amazônica (MARTINELLI et al., 1988; PFEIFFER; LACERDA, 1988; MALM et al., 1990). Estudos biogeoquímicos mostraram que essas atividades descontroladas de mineração de ouro liberavam milhares de toneladas de Hg no meio ambiente e níveis crescentes desse metal foram relatados na água, sedimentos e peixes (PFEIFFER et al, 1989; MALM et al., 1990). A contaminação da Amazônia foi relacionada ao uso do Hg como amalgamador durante o processo de extração do ouro (NIAGRU, 1992; HYLANDER et al., 1994). Nessa época, foram estimados lançamentos com cerca de 100 a 500 t apenas na bacia do Rio Madeira (PFEIFFER; LACERDA, 1988). O estudo realizado por Branches et al. (1993) entre 1986 e 1991 mostrou concentrações elevadas de Hg na urina e no sangue de garimpeiros associadas a sinais e sintomas de intoxicação por Hg. Assim, a mineração de ouro na Amazônia tornou-se sinônimo de poluição por Hg (MALM, 1998).

No início dos anos 1990 comprovou-se a bioacumulação e biomagnificação de MeHg nos peixes Amazônicos, bem como a ligação entre o consumo de peixes e as concentrações elevadas de Hg de cabelo (MALM et al., 1990). Com uma quantidade considerável de dados acumulados sobre altas concentrações de Hg em peixes e seres humanos, inclusive entre aqueles que vivem geograficamente distantes de atividades de mineração de ouro, outras fontes primárias de Hg foram propostas.

Estudos posteriores evidenciaram que a região amazônica tem altas concentrações de Hg de fonte natural, presente em sedimentos e solos (ROULET et al., 1998; AKAGI; NAGANUMA, 2000). Roulet et al. (2000a) demonstraram que a inundação sazonal dos rios e suas planícies de inundação governam a produção e biodisponibilidade de MeHg para as cadeias alimentares. Florestas inundadas e extensos bancos de macrófitas aquáticas são formações características de muitas áreas da Amazônia e locais de berçário e alimentação de diversas espécies de peixes (GOULD, 1980; PETRY et al., 2013). Dessa forma constituem ligações importantes entre fontes naturais e antropogênicas de Hg e a exposição das populações locais através da ingestão de pescado (GUIMARÃES et al., 2000).

Existem outros fatores que contribuem para os altos níveis de Hg na região, como o desmatamento (ALMEIDA et al., 2005; SOUZA et al., 2019; SILVA et al., 2019), o represamento e formação de reservatórios hidrelétricos (MALM et al., 2004; RAINEY; RAINEY, 2016) e o transporte atmosférico do Hg (HACON et al., 1995; LACERDA, 1995). Veiga et al. (1994) estimaram que incêndios florestais e queima de biomassa representam uma contribuição importante para a carga ambiental de Hg. Outros estudos mostraram que os solos da Amazônia constituem grandes reservatórios naturais de Hg, que liberam grandes quantidades do metal nos ecossistemas aquáticos por meio da erosão e lixiviação do solo resultantes de práticas de desmatamento, como a agricultura de corte e/ou criação de gado (FADINI; JARDIM, 2001; ROULET et al., 2000b; FARELLA et al., 2001; LACERDA et al., 2004; ALMEIDA et al., 2005).

O desmatamento e a erosão do solo resultantes de atividades de mineração de ouro, bem como a liberação de Hg de locais de mineração abandonados são fontes adicionais de Hg para o meio ambiente (PASSOS et al., 2008). Segundo Amaro et al. (2014), as regiões onde o garimpo é realizado na Amazônia representam uma das principais fontes de Hg na atmosfera e ecossistemas aquáticos, maximizando a exposição dos indivíduos inseridos nesta área ao contaminante.

Nas primeiras décadas do século XXI, os avanços no conhecimento sobre o comportamento do Hg na Amazônia foram abordados em artigos de revisão focados no ciclo biogeoquímico do metal (WASSERMAN et al., 2003; CASTRO; LIMA, 2018; MORAES PINTO et al., 2019), nos estudos clínicos e epidemiológicos nas bacias dos principais tributários (KHOURY et al., 2013; DA SILVA-JUNIOR et al., 2018; MARQUES et al., 2019a; 2019b; CORVELO et al., 2014; FILLION et al., 2013), no consumo de ribeirinhos (OLIVEIRA et al., 2010; PASSOS et al., 2008) e na avaliação da grande quantidade de dados produzidos por pesquisadores brasileiros durante expedições na bacia Amazônica (PASSOS et al., 2008; DÓREA; MARQUES, 2016; CASTRO; LIMA 2018; MORAES PINTO et al., 2019). Esses estudos deixam claro que a Amazônia tem seu próprio reservatório de Hg no solo e que os povos nativos estão sob risco de exposição, mesmo em áreas remotas, sem histórico de mineração de ouro.

2.4. MERCÚRIO E CONSUMO DE PEIXE NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Atualmente, Amazônia brasileira é habitada por uma população diversificada, oriunda de diferentes partes do país e influenciada pela rápida urbanização e mudanças no estilo de vida (DÓREA; MARQUES, 2016). Apesar de um incremento no consumo de alimentos processados (PIPERATA, 2007; DÓREA; MARQUES, 2016), o peixe ainda tem grande importância socioeconômica, cultural e nutricional para as populações tradicionais da região (DÓREA, 2003; DÓREA; MARQUES, 2016).

A abundância natural de rios na região Amazônica torna os peixes a principal fonte de proteína animal, principalmente por populações ribeirinhas e uma importante via de exposição ao MeHg nas populações da região (MARQUES et al., 2013b). As populações com dietas baseadas nesta proteína têm sido relatadas como aquelas que apresentam as maiores concentrações de Hg corporal (DÓREA; MARQUES, 2016; DIX-COOPER; KOSATSKY, 2018, LIU et al., 2018). A ingestão em grande quantidade de peixe contaminado em taxas superiores ao que o corpo humano consegue excretar pode provocar efeitos nocivos (WHO, 1990). Logo, as concentrações de Hg presentes no organismo dependem de um equilíbrio entre a ingestão e a excreção. Segundo a EPA (1989), a dose mercurial em que um indivíduo adulto começa a sentir os primeiros sintomas da contaminação é de 4µg de Hg por quilograma de peso corporal por dia (4 µg Hg.Kg⁻¹.d⁻¹).

Quadro 1: Lista de algumas espécies de peixes na Bacia do Rio Madeira e suas respectivas concentrações de Hg.

Nome científico	Nome comum	Hábito alimentar	Mín	Média	Máx
<i>Acestrorhynchus falcirostris</i>	Peixe Cachorro	Piscívoro	0.90	1.29*	1.68
<i>Araipa gigas</i>	Piracucu	Piscívoro	0.23	0.34*	0.73
<i>Acestrorhynchus falcirostris</i>	Peixe Cachorro	Piscívoro	0.90	1.29*	1.68
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Pescada	Piscívoro	0.002	0.44 *	1.10
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	Peixe-cachorro	Piscívoro	0.40	0.93 *	2.50
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Pescada	Piscívoro	0.002	0.44 *	1.10
<i>Acestrorhynchus sp.</i>	-	Piscívoro	0.09	0.41 **	1.27
<i>Rhaphiodon sp</i>	-	Piscívoro	0.21	1.19 **	6.06
<i>Hydrolycus sp.</i>	Peixe Cachorro	Piscívoro	0.70	1.02 *	1.33
			0.38	1.29**	2.90
<i>Ageneiosus brevifilis</i>	Mandubé	Carnívoro	0.25	0.85 *	1.39
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	Filhote	Carnívoro	0.49	1.85*	4.75
<i>Brachyplatystoma flavicans</i>	Dourada	Carnívoro	0.14	0.90*	3.1
<i>Cichla monoculus</i>	Tucunaré	Carnívoro	0.33	0.52 *	1.09
<i>Hemisorubim</i>	Liro/Braço de moça	Carnívoro	0.08	0.57 *	1.55
			0.60	0.71**	0.81
<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra	Carnívoro	0.03	0.43*	1.18
<i>Paulicea Lukteni</i>	Jaú	Carnívoro	0.31	0.57*	0.72
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Surubim	Carnívoro	0.08	0.66*	1.56
<i>Pseudoplatystoma sp.</i>	Pintado	Carnívoro	0.04	0.96*	2.89
			0.25	0.63**	1.74
<i>Brachyplatystoma sp.</i>	-	Carnívoro	0.12	1.58**	4.89
<i>Cichla sp.</i>	Tucunaré - açú	Carnívoro	0.17	0.50 **	1.14
<i>Hoplias sp.</i>	-	Carnívoro	0.15	0.30**	0.54
<i>Serrasalmus sp.</i>	-	Carnívoro	0.02	0.41**	1.70
<i>Hypophthalmus sp.</i>	-	Detritívoro	0.19	0.69 **	1.11
<i>Potamorhina latior</i>	Branquinha	Detritívoro	0.04	0.11*	0.28
<i>Prochilodus theraponura</i>	Curimatã	Detritívoro	0.006	0.02*	0.04
<i>Anodus sp.</i>	-	Detritívoro	0.17	0.43**	0.75
<i>Potamorhina sp.</i>	-	Detritívoro	0.01	0.12**	0.41

<i>Prochilodus sp.</i>	-	Detritívoro	0.02	0.09**	0.41
<i>Psectrogaster sp.</i>	-	Detritívoro	0.03	0.15**	0.89
<i>Brycon sp.</i>	Matrinchã	Onívoro	0.05	0.09*	0.25
			0.05	0.08**	0.11
<i>Calophysus macropterus</i>	Pintadinho	Onívoro	0.71	1.38*	2.24
<i>Geophagus sp.</i>	Acará	Onívoro	0.02	0.17*	0.64
			0.09	0.18**	0.23
<i>Leporinus sp</i>	Aracu	Onívoro	0.03	0.09**	0.27
<i>Pimelodus sp.</i>	Mandi	Onívoro	0.08	0.26*	0.56
			0.05	0.21**	0.53
<i>Triportheus sp.</i>	-	Onívoro	0.04	0.28**	1.04
<i>Triportheus elongatus</i>	Sardinha	Onívoro	0.01	0.18*	0.58
<i>Pterygoplichthys gibbiceps</i>	Acari-bodó	Herbívoro	0.11	0.46*	0.64
<i>Laemolyta varia</i>	Piau	Herbívoro	0.03	0.15**	0.41
<i>Mylossoma sp.</i>	Pacu	Herbívoro	0.001	0.05*	0.44
			0.02	0.07**	0.19
<i>Schizodon sp.</i>	Piau-cabeça-gorda	Herbívoro	0.02	0.11*	0.40
			0.01	0.27**	0.76

Fonte: Cunha, 2017.

Legenda: *Bastos *et al.*, 2008.

** Hacon *et al.*, 2014.

Vários estudos sobre exposição ao Hg na Amazônia brasileira relatam altos valores de consumo de peixe por grande parte da população (BARBOSA *et al.*, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 2010), além de relações significativas entre o consumo de peixes e bioindicadores de exposição ao Hg (GRANDJEAN *et al.*, 1994a, 1994b; BARBOSA *et al.*, 2001; MARQUES *et al.*, 2013a). O hábito de consumo de peixes influencia as concentrações de Hg no cabelo e são influenciados pelo estilo de vida, tais como isolamento e subsistência baseada nos recursos florestais e fluviais (DÓREA, 2010; MARQUES *et al.*, 2016; HACON *et al.*, 2014). Este padrão observado põe em risco os grupos vulneráveis à contaminação por este metal, que são as crianças, gestantes e mulheres em idade reprodutiva (MARQUES *et al.*, 2013b). Não obstante, Hacon *et al.* (2014) sugerem que o consumo geral de peixe tem diminuído no tempo.

Em função de sua diversidade e extensão, o território amazônico impõe desafios na compreensão da complexidade das questões relacionadas à metilação e bioacumulação de Hg

na cadeia alimentar aquática. O corpo de estudos publicados já permite uma interpretação integrada das concentrações de Hg nos peixes amazônicos (HACON et al., 2014; FREITAS; SIQUEIRA-SOUZA, 2009). Dórea (2010) postula que o consumo de peixe faz parte de uma estratégia bem-sucedida de sobrevivência de populações tradicionais da Amazônia e deve ser considerado como um ativo de saúde. Além disso, o autor adverte que essas populações geralmente não têm a opção de abdicar do peixe como fonte de proteína.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Investigar a exposição ao Hg em mulheres residentes na bacia do rio Madeira, Estado de Rondônia, Amazônia.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a relação entre o consumo de peixe das localidades na área de estudo e a sua relação com a exposição ao Hg;
- Analisar as concentrações de Hg no cabelo das mulheres ao longo de cinco anos, para avaliação do curso da exposição pós-natal ao Hg.

4. JUSTIFICATIVA

Diante da preocupação com o ambiente e repercussões que uso indiscriminado de substâncias químicas tóxicas traz para a saúde humana e ecossistemas, este contexto representa um desafio, para o setor saúde que o obriga a revisar, de forma permanente, a situação de deterioração ambiental e sua repercussão sobre a qualidade de vida. O componente saúde deste estudo demonstra a relação de mulheres-mães da Bacia do Rio Madeira, e a exposição ao Hg proveniente da ingestão de pescado com altos níveis de Hg. Buscamos preencher as lacunas existentes de pesquisas realizadas na região Amazônica através da análise do nível de Hg capilar em mulheres em diferentes localidades e demonstrar a heterogeneidade cultural, social e econômica da região, e assim trazer o cenário da exposição de Hg através das amostras de cabelo dessas mulheres. A flutuação do Hg no cabelo materno é uma questão importante, com implicações para políticas de saúde pública com repercussões na saúde pré e pós-natal. Diante desta conjuntura, torna-se um desafio para a saúde pública a necessidade de novas estratégias, sob uma perspectiva ambiental. Contudo, torna-se claro a necessidade de realizar esse estudo acerca da avaliação da exposição que o Hg gera na saúde das mulheres do estado de Rondônia.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. TIPO DE PESQUISA E CASUÍSTICA

Este estudo de coorte prospectivo integra um conjunto de pesquisas que são desenvolvidas no Estado de Rondônia. Para a sua execução, foram estabelecidas parcerias entre a Universidade Federal de Rondônia, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF) e Campus Macaé da Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade de Brasília. Estas instituições – UNIR, UnB e UFRJ – vêm desde 1986 desenvolvendo estudos na região por meio de uma equipe interdisciplinar, com ênfase na toxicologia ambiental e humana do Hg

Este estudo caracteriza-se como longitudinal, observacional, analítico, de abordagem quantitativa referente à avaliação de saúde de 1433 mulheres em idade reprodutiva, residentes na bacia do rio Madeira, Estado de Rondônia, Amazônia Ocidental.

O estudo em questão está baseado em uma reanálise de dados trabalhados anteriormente. O banco de dados foi utilizado para correlação das variáveis socioeconômicas, crescimento e desenvolvimento com as concentrações de Hg em crianças de 0 a 5 anos, em trabalhos anteriores (MARQUES et al, 2013a; 2013b; 2016; 2019b).

O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) desde 2006, e emenda ao protocolo aprovada sob parecer de nº 012/CEP/NUSAU de 14 de julho de 2008.

5.2. ÁREA DE ESTUDO

Este estudo de coorte prospectivo foi realizado no Estado de Rondônia (RO), localizado na Região Norte do país, na Amazônia Ocidental. Como o terceiro maior e mais populoso estado da Região Norte, o Estado de Rondônia possui uma extensão territorial de 237.765,293 km² e em 2015 possuía aproximadamente 1.768.204 habitantes (IBGE, 2017). A população rondoniense é uma das mais diversificadas do Brasil, composta de migrantes oriundos de todas as regiões do país. O crescimento demográfico é de 1,2% ao ano, a densidade demográfica é de, aproximadamente, 6,58 hab/km² e 52 municípios. O estado apresenta Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,690, sendo o 15º colocado no ranking brasileiro (IBGE, 2017). Sua economia se baseia primordialmente na agricultura e no extrativismo. No extrativismo, a cassiterita é o principal produto de exploração mineral e a maior parte da produção tem origem nos garimpos manuais (IBGE, 2017).

Na área da saúde, segundo o Conselho Federal de Medicina (2018) existem 2.744 médicos, em uma razão de 1,52 profissionais por mil habitantes, 31% a menos que a média

nacional. Ademais, existem apenas 2.264 leitos hospitalares para internação em estabelecimento público de saúde (IBGE, 2009). Em um estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil (2014), somente 35,4% dos domicílios em Rondônia possuíam água tratada e 2,8% tinham acesso à rede de esgoto.

Na Amazônia, os rios são o principal meio de comunicação, comércio na região, além de fornecerem uma das principais fontes de proteínas, através do peixe para grande parte população. A figura 1 ilustra as localidades investigadas nesse estudo.

5.3. PARTICIPANTES

As mulheres incluídas neste estudo residiam na área de abrangência dos rios Jamari, Madeira e Mamoré. O procedimento adotado para selecionar os sujeitos do estudo foi a amostra de conveniência, realizada entre os anos de 2006 a 2008, com gestantes com data provável do parto entre 2007 e 2008. Foram convidadas a participar do estudo todas as mulheres grávidas que residiam na área do estudo e selecionadas aquelas que concordaram em participar da pesquisa, de acordo com os seguintes critérios: mulheres saudáveis durante a gravidez, ausência de malformações congênitas e residir pelo menos cinco anos na área de estudo.

Os dados das participantes foram obtidos por meio de questionários, preenchidos após autorização por escrito (anexo 1). As perguntas tinham por objetivo caracterizar os hábitos alimentares, histórico familiar e pessoal, na busca de fatores de risco ou variáveis que melhor identificassem a exposição a poluentes ambientais ou que pudessem afetar a saúde reprodutiva de mulheres (anexo 2; anexo 3).

Foram identificadas e convidadas a participar do estudo, 1668 gestantes. Destas, 215 recusaram o convite e 11 gestações terminaram em morte fetal. Houve 1442 nascidos vivos no período, entretanto, 9 crianças foram excluídas devido a anomalias congênitas (defeitos do tubo neural e gastrosquise). Ao todo, foram avaliados 1.433 pares mãe-recém-nascido de nove comunidades, abrangendo diferentes localidades:

- (a) Ribeirinhas (n= 401): mulheres de núcleos familiares situados ao longo das margens dos rios Jamari, Madeira e Mamoré (RV1 a RV12), que dependem essencialmente do rio para seu sustento;
- (b) Urbano (n= 687): mulheres de núcleos familiares situados na área urbana dos municípios de Ariquemes (U1), Porto-Velho (U4) Guajará-Mirim (U5), Itapuã do Oeste (U2) e Candeias do Jamari (U3);

(c) Rural (n=51): mulheres de núcleos familiares de agricultores situados na área rurais (R1 a R3)

(d) garimpo de estanho (n=294): mulheres de núcleos familiares de garimpeiros que residem no Distrito de Bom Futuro, área de garimpo de cassiterita.

A figura 1 as 21 localidades de estudo, ao longo de 733 km do rio Madeira e afluentes.

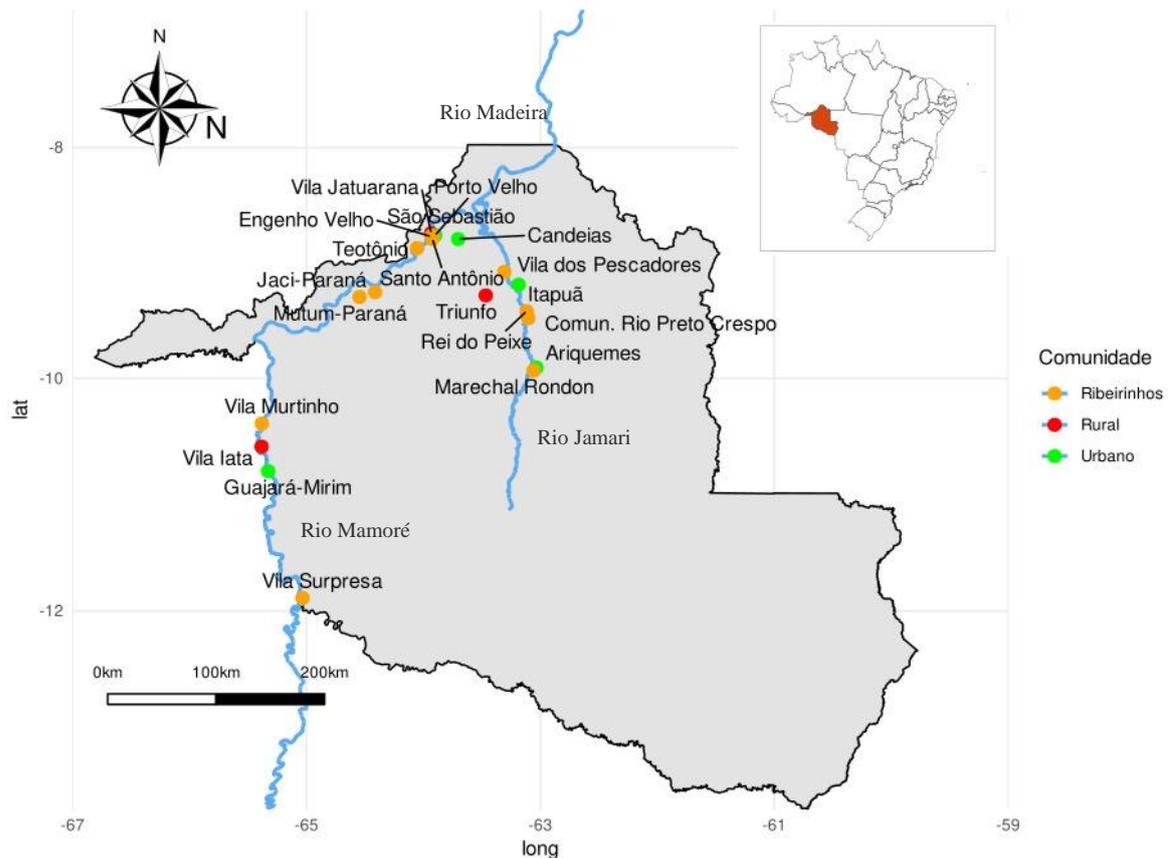


Figura 1: localidades estudadas. Fonte: Adaptado de Marques et al., 2013b

5.4. OBTENÇÃO DOS DADOS

A equipe de entrevistadores recebeu treinamento específico para aplicação do questionário, que continha perguntas abertas e fechadas, a fim de obter informações sociodemográficas, hábitos alimentares e de saúde das participantes do estudo. Um questionário foi aplicado no momento da inclusão no estudo. Nas visitas domiciliares programadas (6 meses após o parto, 2 anos e 5 anos), os pesquisadores aplicaram novo questionário e coletaram amostras de cabelo da mãe e da criança. As mães foram questionadas sobre a ingestão diária de peixe. As informações sobre práticas de amamentação foram baseadas nas respostas das mães durante as visitas.

5.4.1. Determinação da exposição ao Hg

Compartimento estudado: Cabelo

O uso do fio de cabelo como bioindicador está bem estabelecido e descrito na literatura, tendo como vantagens a fácil coleta e preservação (AIREY, 1983, MARQUES et al., 2013b). O cabelo apresenta níveis de concentração mais altos que a urina e o sangue, facilitando a análise. Possibilita, ainda, um levantamento histórico da exposição ao contaminante, pois a velocidade de crescimento do cabelo é relativamente constante e a eliminação do Hg para o cabelo é proporcional à concentração no sangue (BASTOS et al., 1998). Uma vez que o Hg se acumula no cabelo durante o período de vida intrauterino, ele pode ser um indicador proveitoso da exposição humana in útero. A OMS considera como o limite máximo de segurança de Hg no cabelo de mulheres em idade reprodutiva é de $6\mu\text{g}/\text{g}^{-1}$ (WHO, 1990), razão pela qual esse valor passou a ser adotado como referência no presente estudo.

5.4.2. Determinação das concentrações de Hg total

As concentrações de Hg total foram verificadas em amostras de cabelo (5 a 10 gramas), coletadas da região occipital das participantes, próximo ao couro cabeludo, com a utilização de tesoura de aço inoxidável. A amostra foi acondicionada em saco plástico transparente e devidamente identificada, estocada à temperatura ambiente e levada para o Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Biofísica da Universidade Federal do Rio de Janeiro para análise.

As amostras de cabelo foram lavadas com uma solução de EDTA 0,01%, enxaguada com água ultrapura e seca em estufa à 50°C. As amostras, foram fracionadas ao máximo com tesoura de aço inox para melhor homogeneização e aumento da eficiência dos ácidos na digestão (MALM et al., 1989). Após serem pesadas, as amostras foram digeridas com 5 ml de HNO_3 e H_2SO_4 (1: 1) e 4 ml de 5% de KMnO_4 usando um bloco de digestor a 80 ° C durante 40 minutos. A determinação de Hg total se deu por espectrofotometria de absorção atômica com geração de vapor frio (CV-AAS) em equipamento FIMS-400 da Perkin-Elmer®. Os resultados foram expressos em microgramas de Hg total por grama de cabelo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) (MARQUES et al, 2007b).

5.4.3. Controle de Qualidade Analítico

A qualidade analítica nas determinações de Hg total realizadas na UFRJ e UNIR foi possibilitada pelo Programa de Exercícios de Intercalibração entre o laboratório de

Radioisótopos do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho e o Laboratório de Biogeoquímica Ambiental, respectivamente. Para a precisão segura na determinação de Hg total, cada série (60 tubos) de amostras foi analisada com brancos. Também foram realizados testes de recuperação adicionando solução padrão de Hg. A precisão foi averiguada pela análise do material de cabelo fornecido pelo Laboratório do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da UFRJ. As amostras foram analisadas em triplicata.

5.5. ANÁLISE DOS DADOS

5.5.1. Variáveis

As seguintes variáveis foram consideradas: renda familiar, anos de escolaridade, local de residência, idade materna, idade gestacional, número de filhos, local onde ocorreu o parto, tipo de parto, tempo de aleitamento materno em meses, tipo de residência, situação do domicílio, tipo de abastecimento de água, número de habitantes do domicílio, energia elétrica instalada, frequência de consumo semanal materno de peixe, Hg total da mãe.

5.5.2. Análises estatísticas

Inicialmente, foi realizada análise descritiva das variáveis socioeconômicas e demográficas (tabela 1), parto e tempo de amamentação (tabela 2) e variáveis relacionadas ao consumo de peixes pelas participantes e níveis de Hg (tabela 3).

Posteriormente as análises foram realizadas com auxílio do programa estatístico R[®] (RStudio, Version 1.2.5001, 2019) e SPSS Statistic 21.0. A construção de histogramas e a aplicação do teste de *Shapiro-Wilk* foram utilizados para verificar a distribuição das frequências dos dados e testar a normalidade desses. Como os dados não apresentaram distribuição normal, optou-se pelo uso de procedimentos analíticos não-paramétricos. Afim de verificar se há diferença entre as localidades (figura 1), foi realizada a comparação através do teste de *Kruskal-Wallis* (KW) com teste post hoc sempre que o teste KW detectava diferenças significativas. A comparação entre dois grupos dependentes foi realizada através do teste de *Wilcoxon*. Foram realizadas também correlações entre as variáveis através do teste de *Kendall*, a fim de avaliar o grau de associação entre elas.

Gráficos do tipo diagrama em caixa, comumente conhecidos como *box-plot*, foram utilizados neste trabalho com o objetivo de oferecer uma representação gráfica da distribuição dos conjuntos de dados em quartis. Na sua construção, os quartis são representados na

distribuição do conjunto de dados entre o valor mínimo e máximo, sendo os valores discrepantes (*outliers*) ilustrados como círculos.

A modelagem foi realizada utilizando o software R versão 4.0.2 disponível em <https://www.r-project.org> e utilizando o pacote lme4 (BATES et al., 2015). Foi usado o método “modelo linear misto” para investigar as relações entre as variáveis de estudo. O modelo é adequado para uso em medidas repetitivas, com grupos desbalanceados ou quando se espera uma certa dependência entre as observações. Nele pode ser definido efeitos fixos e efeitos aleatórios. Portanto, essa é uma abordagem mais sofisticada que estima curvas individuais e também uma curva média da amostra. O modelo também considera a existência de efeitos fixos, que podem ser variáveis independentes categóricas ou contínuas (neste caso atuando como covariáveis), e efeitos aleatórios que organizam parte da variação dos dados que não podem ser explicados diretamente. No caso específico dessa modelagem a variável “id”, que representa a contribuição de cada indivíduo foi usada na parte aleatória do modelo (JOHNSON et al., 2013; CUNHA, 2017, GAŁECKI; BURZYKOWSKI, 2013; BERRIDGE; CROUCHLEY, 2011; CNAAN, 1997).

A modelagem partiu de modelos minimalísticos e cada efeito ou variável foi adicionado sequencialmente e mantido caso fosse relevante para o modelo, tornando-o mais complexo ao longo da modelagem. O Critério de Informação de Akaike (AIC) foi empregado para decisão na escolha dos melhores modelos, quando se fez necessário a comparação entre eles (AKAIKE, 1974).

As variáveis Hg basal, tempo, localidade, amamentação, peixes, incremento de filhos, filhos, foram consideradas como efeito fixo e usadas para modelar o valor esperado da variável resposta (carga de Hg capilar), enquanto os efeitos aleatórios (sujeito) foram utilizados para modelar sua estrutura de covariância. O modelo completo ficou melhor ajustado quando se considerou o efeito quadrático do tempo. Assim, a variável “tempo²” também foi adicionada ao modelo.

Antes da realização da modelagem, foram verificadas inspeções gráficas com o objetivo de verificar a distribuição da variável dependente e da covariável hgm_basal, que representa a carga de Hg capilar coletada no pré-natal, considerada como tempo 0. O método de BoxCox (BOX; COX, 1964) foi utilizado para determinar a melhor transformação a ser aplicada a essas variáveis, para uma melhor aproximação da distribuição normal. Neste caso específico, a transformação foi realizada aplicando-se o log10 nas mesmas (figura 2).

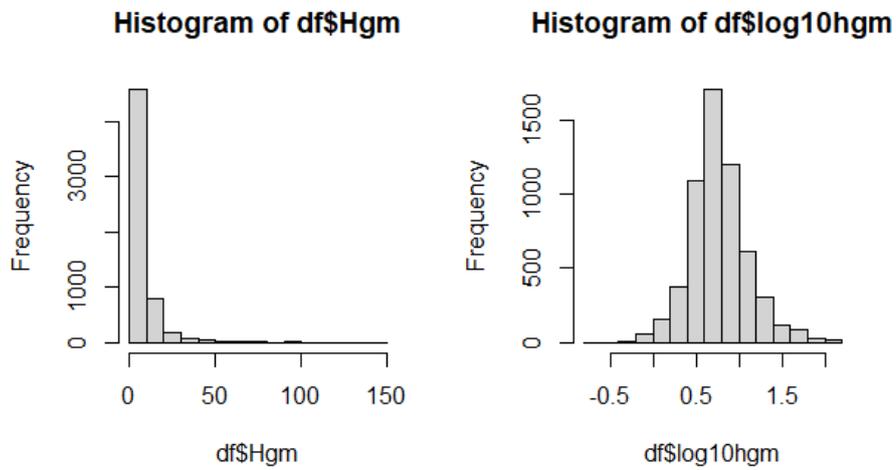


Figura 2: variável dependente (hgm_basal), transformada aplicando log10 para se aproximar da distribuição normal

Durante a execução da modelagem foi conveniente a criação de uma nova variável (“Incrementfilhos”) que leva em consideração a alteração do número de filhos ao longo da pesquisa. Ela foi calculada subtraindo o número de filhos em cada tempo medido, do número de filhos inicial. O nível de significância de 5 % ($\alpha = 0,05$) foi considerado em todos os testes.

6. RESULTADOS

6.1. DADOS DESCRITIVOS DA AMOSTRA

A idade das participantes do estudo variou entre 13 e 43 anos. A faixa etária média foi de 22,83 anos (DP=5,97), o que caracteriza gestantes jovens. A média do número de filhos por mulheres foi de 1,99 (DP=1,70) no início do estudo e de 3,83 (DP=1,55) aos 5 anos. A educação materna (anos de estudos) se caracterizou por uma mediana de 5 anos (mín= 0; máx=17) e uma média de 5,95 (DP=3,22). Vale ressaltar que na educação brasileira, equivale ao primeiro segmento do Ensino Fundamental (tabela 1).

A renda *per capita* média familiar foi de R\$651,19 reais (DP=443,77). O salário mínimo à época da entrevista era de R\$350,00. Quanto ao número de residentes do domicílio encontramos a média de 6,91 (DP=2,41). A maioria das participantes do estudo viviam em casas próprias (54,57%), de madeira (63,64%), onde o abastecimento de água era proveniente de poço (48,88%) e com fornecimento de energia elétrica (71,24%).

Tabela 1: Resumo das variáveis socioeconômicas e demográficas de gestantes residentes da Bacia do Rio Madeira.

Variáveis	Mediana (Mín-Máx)	Média±DP
Gestantes (n = 1433)		
Idade (Anos)	21 (13-43)	22,83 ±5,97
Número de filhos no início da coleta	2 (0-12)	1,99 ±1,70
Número de filhos após 2 anos	3 (1-13)	3,15±1,63
Número de filhos após 5 anos	4 (1-13)	3,83±1,55
Anos de estudo	5 (0-17)	5,95±3,22
Renda familiar (R\$)	560,00 (50,00-4500,00)	651,19 ±443,77
Quantos residem no domicílio	6 (2-16)	6,91 ±2,41
Tipos de residência		
	N	%
Madeira	912	63,64
Alvenaria	263	18,35
Mista	230	16,05
Palha	28	1,95
Situação de casa		
Própria	782	54,57
Alugada	207	14,45

Parentes	280	19,53
Cedida	164	11,44
Abastecimento de Água		
Encanada	273	19,06
Poço	700	48,88
Rio	293	20,46
Encanada/poço	146	10,19
Torneira Pública	14	0,97
Encanada/rio	6	0,42
Energia elétrica		
Sim	1021	71,24
Não	412	28,76

Legenda: N= total no estrato. % = valor relativo à porcentagem no estrato. DP= desvio padrão.
Mín= mínimo; Máx= máximo

Os dados relacionados à saúde reprodutiva, condições do nascimento e duração da amamentação são apresentados na tabela 2. As mulheres participantes do estudo pariram, em média, com 39,09 (DP=1,58) semanas de idade gestacional, sendo 90,09% com maturidade fetal a termo (pleno desenvolvimento dos órgãos sistemas fetais), o que caracteriza o tempo normal de gestação (37 a 42 semanas). O ambiente de parto/nascimento da maioria foi hospitalar (74,8%), sendo 58,47% de parto normal. Em relação ao sexo do recém-nascido, não houve variação nos dados: 50,52% de meninas e 49,48% de meninos. A duração média do aleitamento materno foi de 6,95 meses (DP=5,69).

Tabela 2: Resumo das variáveis do parto e duração da amamentação.

Variáveis	Mediana (Mín-Máx)	Média ±DP
Gestantes (n = 1433)		
Idade Gestacional (semanas)	39 (32-43)	39,09 ±1,58
Aleitamento materno (meses)	6 (0-24)	6,95 ±5,69
Local de parto	N	%
Hospitalar	1072	74,8
Domiciliar	361	25,2
Tipo de parto		
Normal	838	58,47

Cesárea	595	41,53
Sexo do RN		
Feminino	724	50,52
Masculino	709	49,48
Maturidade fetal		
Pré-termo	84	5,86
A termo	1291	90,09
Pós-termo	58	4,04

Legenda: N= total no estrato. % = valor relativo à porcentagem no estrato. DP= desvio padrão. Mín= mínimo; Máx= máximo; RN= recém-nascido

Um total de 93,64% das gestantes entrevistadas relatou consumo de peixe, com uma frequência média semanal de 2,76 dias (DP=2,03). O nível médio de Hg capilar materno no pré-natal foi de 8,47 $\mu\text{g/g}^{-1}$, nas coletas subsequentes os valores foram de 7,79 $\mu\text{g/g}^{-1}$; 8,37 $\mu\text{g/g}^{-1}$ e 8,64 $\mu\text{g/g}^{-1}$ aos 6, 24 e 60 meses, respectivamente.

Tabela 3: Resumo das variáveis relacionadas ao consumo de peixes materno e níveis de Hg no cabelo para as localidades analisadas na bacia do Rio Madeira.

Variáveis	Mediana (Mín-Máx)	Média \pm DP
Gestantes (n = 1433)		
Mercúrio no pré-natal ¹ ($\mu\text{g/g}^{-1}$)	5,82 (0,22-130,72)	8,47 \pm 10,11
Mercúrio 6 meses após o parto ($\mu\text{g/g}^{-1}$)	5 (0,50- 125,21)	7,79 \pm 10,11
Mercúrio 24 meses após o parto ($\mu\text{g/g}^{-1}$)	5,59 (0,49- 129,15)	8,37 \pm 10,02
Mercúrio 60 meses após o parto ($\mu\text{g/g}^{-1}$)	5,64 (0,55- 146,87)	8,64 \pm 10,31
Frequência de consumo de peixes (dias/semana)	2 (0-7)	3 \pm 2
Consumo de peixes	n	%
Sim	1342,00	93,64
Não	91,00	6,4

Legenda: N= total no estrato. % = valor relativo à porcentagem no estrato. DP= desvio padrão. Mín= mínimo; Máx= máximo

O teste de *Wilcoxon* mostrou que há diferença estatisticamente significativa de Hg capilar materno entre os pares (pré-natal e 6 meses; pré-natal e 2 anos e pré-natal e 5 anos), sendo, [Z= -17, 231 e p< 0,01]; [Z= -2,354 e p< 0,02]; [Z= -2,008; p<0,04], respectivamente. A

mediana da concentração de Hg no pré-natal foi de 5,82, decaindo ao longo de 6 meses (5,00), aos 24 meses (5,59) e aos 60 meses (5,62).

6.1.1. Modelo Linear Misto da amostra

Conforme apresentado na tabela 4, o logaritmo decimal dos níveis basais de Hg influenciara nos valores dos níveis de Hg encontrados nas coletas posteriores (6, 24 e 60 meses). Apesar de significativo, o tempo (basal, 6, 24 e 60 meses) teve pouca influência nos níveis de Hg. Entretanto, foram encontradas diferenças significativas entre as localidades do estudo.

A duração do tempo de amamentação teve pouca influência nos níveis de Hg. Apesar disso, os resultados sugerem que essa influência foi negativa, ou seja, o aumento no tempo de amamentação diminui os níveis de Hg.

A ingestão semanal de peixes esteve no limite da significância ($p=0,05$). A variável filhos (Incrementfilhos) contribuiu significativamente para o modelo, com um efeito pouco pronunciado. Foram encontradas interações entre os valores basais do logaritmo de Hg e os estilos de vida, mas essas variáveis tiveram pouca interação com a variável tempo. Foi significativa a interação do incremento de filhos com os valores basais do logaritmo de Hg, assim como a interação dessa variável com as localidades. Contudo, essas influências apesar de pequenas, contribuem para a queda dos valores de Hg.

Tabela 4: Análise multivariada da regressão linear de efeitos mistos para o modelo do logaritmo decimal de Hg, com efeitos aleatórios no intercepto e nas mulheres da Bacia do Rio Madeira, Rondônia, Brasil.

Efeitos Fixos	β	SE	p-valor	efeitos aleatórios	Nome	Variância	DP
(Intercepto)	0,3	0,03	0,00	Mulheres	(Intercepto)	0,1265	0,1125
log10hgm_basal	0,27	0,05	0,00	Resíduo		0,01361	0,1167
Tempo (Hg)	0,01	0,00	0,00				
I (tempo^2)	-0,00	0,00	0,00				
Ribeirinhos	-0,38	0,04	0,00				
Rural	-0,32	0,08	0,00				
Urbano	-0,12	0,04	0,00				
Amamentação	-0,00	0,00	0,01				
Peixes (dias/semana)	0,01	0,00	0,05				
Filhos (incremento)	0,08	0,01	0,00				
log10hgm_basal:tempo	-0,00	0,00	0,02				
log10hgm_basal:ribeirinhos	0,73	0,06	0,00				
log10hgm_basal:rural	0,7	0,09	0,00				

log10hgm_basal:urbano	0,37	0,06	0,00
log10hgm_basal:filhos	-0,10	0,01	0,00
Ribeirinhos:filhos	-0,06	0,01	0,00
Rural:filhos	-0,05	0,02	0,01
Urbano:filhos	-0,03	0,01	0,00
Peixes:filhos	0,01	0,00	0,00
log10hgm_basal:tempo:ribeirinho	0,00	0,00	0,00
log10hgm_basal:tempo:rural	0,00	0,00	0,62
log10hgm_basal:tempo:urbano	0,00	0,00	0,41
Observações (n)	4299		
Mulheres (n)	1433		

β : estimativa; SE: standard error; DP: desvio padrão; Hg: mercúrio; log10hgm_basal: valor de Hg no pré-natal; tempo (Hg): basal, 6, 24 e 60 meses; n: números;

6.1.1.1. Pos Hoc

No teste de Pos Hoc encontramos uma diferença estatisticamente significativa entre a população do garimpo e as demais (tabela 5).

Tabela 5: Análise de Pos Hoc entre as localidades de garimpo, ribeirinha, rural e urbana.

	β	SE	p-valor
GAR-RIB	-0,18319	0,0153	<0,0001
GAR-RUR	-0,19178	0,0218	<0,0001
GAR-URB	-0,15927	0,0127	<0,0001
RIB-RUR	-0,00859	0,00204	1,0000
RIB-URB	0,02392	0,0103	0,1238
RUR-URB	0,03252	0,0193	0,5512

β : estimativa; SE: standard error; GAR: garimpo. RIB: ribeirinha; RUR: rural; URB: urbana.

6.2. ANÁLISES POR LOCALIDADE

Nesta etapa foram analisadas as variáveis número de filhos no pré-natal, após 2 e 5 anos, frequência de consumo de peixe (dias/semana), tempo de aleitamento materno (meses) e concentração de Hg no pré-natal, após 6 meses, 2 e 5 anos. A tabela 6 apresenta os dados descritivos de acordo com a localidade.

O *Teste de Kruskal-Wallis* evidenciou que há efeito da localidade sobre as concentrações de Hg capilar no pré-natal, após 6 meses, 2 anos e 5 anos [$\chi^2(3) = 428,334$; $p < 0,01$]; [$\chi^2(3) = 544,405$; $p < 0,01$]; [$\chi^2(3) = 431,837$; $p < 0,01$] e [$\chi^2(3) = 463,759$; $p < 0,01$], respectivamente. No teste de *Post Hoc* entre pares, ao analisar a concentração de Hg e as

localidades, verificamos que, no que se refere ao Hg no pré-natal, 6 meses e 2 anos, não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos rural e ribeirinho ($p= 0,246$; $p= 0,492$ e $p= 0,710$, respectivamente). Na distribuição do Hg após 5 anos, todos os pares apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$).

Tabela 6: Dados descritivos das variáveis número de filhos, tempo de aleitamento materno, frequência de consumo de peixe e Hg capilar de acordo com a localidade. N = 1433

Variável	Garimpo (n= 294)		Ribeirinho (n=396)		Rural (n=67)		Urbano (n=676)	
	Média (DP)	Med (Mín-Máx)	Média (DP)	Med (Mín-Máx)	Média (DP)	Med (Mín-Máx)	Média (DP)	Med (Mín-Máx)
<i>Número de filhos</i>								
Pré-natal	1,69 (1,35)	2 (0-5)	2,19 (2,02)	2 (0-12)	2,31 (1,99)	2 (0-10)	1,96 (1,60)	2 (0-8)
2 anos	2,95 (1,35)	3 (1-7)	3,29 (1,97)	3 (1-13)	3,49 (1,85)	3 (1-11)	3,12 (1,50)	3 (1-9)
5 anos	3,45 (1,20)	3 (1-7)	4,23 (1,83)	4 (2-13)	4,29 (1,68)	4 (2-11)	3,71 (1,40)	4 (1-10)
<i>Aleitamento materno (meses)</i>								
	5,46 (3,93)	5 (1-24)	8,66 (5,83)	6 (0-24)	6,79 (5,09)	6 (1-24)	6,61 (6,08)	5 (0-24)
<i>Consumo de peixe (sem)</i>								
	1,21 (0,56)	1 (0-2)	4,71 (2,03)	5 (0-7)	3,56 (2,17)	3 (1-7)	2,22 (1,48)	2 (0-7)
<i>Hg ($\mu\text{g/g}^{-1}$)</i>								
pré-natal	4,60 (1,69)	4,45 (1,53-11,94)	16,17 (16,20)	12,11 (1,02-130,72)	9,82 (6,57)	7,82 (2,56-41,10)	5,50 (2,78)	5,36 (0,22-24,14)
6 meses	3,31 (1,39)	3,07 (0,88-9,66)	15,64 (15,92)	11,33 (0,70-125,21)	9,62 (7,07)	7,09 (2,64-41,75)	4,97 (2,41)	4,66 (0,50-19,59)
24 meses	4,08 (1,39)	3,92 (1,04-9,14)	15,94 (16,64)	11,50 (0,87-129,15)	10,21 (7,57)	7,73 (1,91-42,34)	5,63 (2,74)	5,28 (0,49-29,72)
60 meses	3,94 (1,58)	3,75 (0,68-9,88)	16,94 (17,93)	12,22 (0,56-146,80)	9,65 (7,73)	7,74 (1,53-44,86)	5,69 (2,70)	5,36 (0,55-15,84)

Legenda: Med = Mediana; Mín= mínimo; Máx= Máximo; Sem = semana; N= total no estrato

6.2.1. Número de filhos entre as localidades

O número de filhos em relação aos grupos é apresentado na figura 3, ribeirinho (\bar{x} = 2,19; 3,29 e 4,23) e rural (\bar{x} = 2,31; 3,49 e 4,29) configuraram os dois grupos com o maior número de filhos, nos três diferentes tempos (início/pré-natal, após 2 e 5 anos, respectivamente).

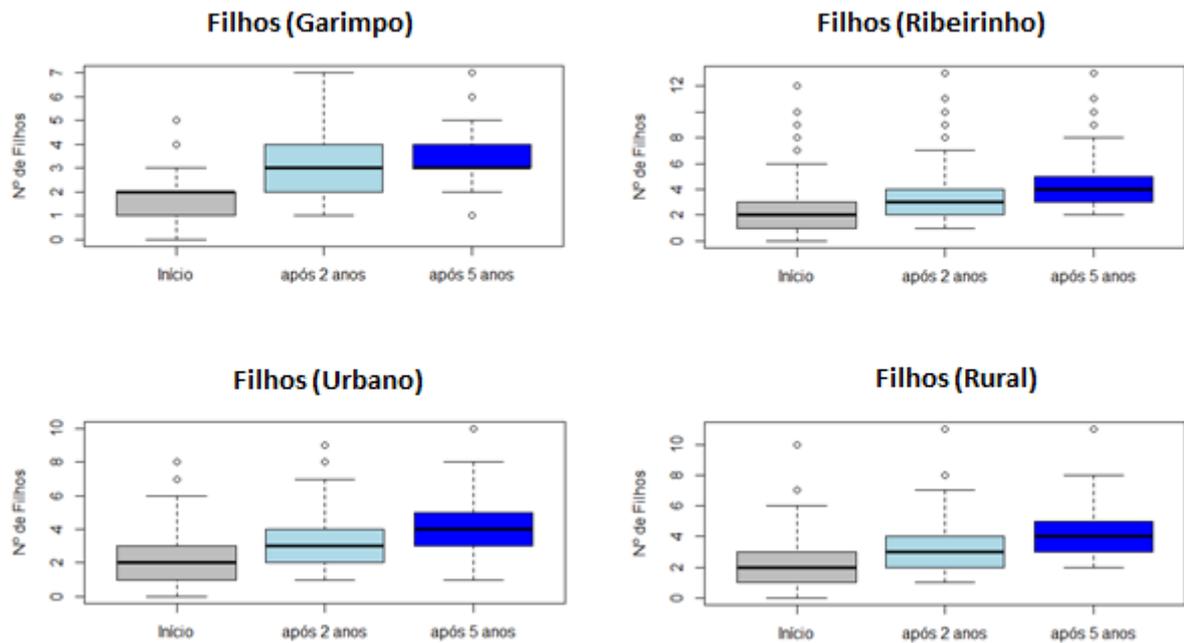


Figura 3: Variação no número de filhos por localidades no pré-natal e após 2 e 5 anos

Não houve uma significância estatística na correlação entre o número de filhos e as concentrações de Hg capilar (T-Hg), como demonstrado na tabela 7.

Tabela 7: Coeficiente de Correlação de Kendall entre as variáveis número de filhos e a concentração de Hg capilar (T-Hg) no pré-natal e após 2 e 5 anos

Característica	Garimpo	Ribeirinho	Rural	Urbano
	(tau) p-valor	(tau) p-valor	(tau) p-valor	(tau) p-valor
Número de filhos e mercúrio no pré-natal	(0,041) 0,33	(0,046) 0,20	(-0,020) 0,82	(0,004) 0,86
Número de filhos e mercúrio 2 anos	(-0,028) 0,51	(0,056) 0,12	(-0,052) 0,56	(-0,020) 0,47
Número de filhos e mercúrio 5 anos	(-0,063) 0,14	(0,060) 0,09	(-0,007) 0,93	(0,002) 0,94

Tau: correlação de Kendall

6.2.2. Amamentação entre as localidades

Em todos os grupos o tempo máximo de aleitamento materno foi de 24 meses, sendo o tempo mínimo 0. As localidades ribeirinhas e rurais apresentaram mediana de 6 meses, enquanto os residentes de Bom Futuro (garimpo) e urbanos exibiram mediana de 5 meses. A população ribeirinha apresentou a maior média entre os grupos ($\bar{x}= 8,66$) (figura 4).

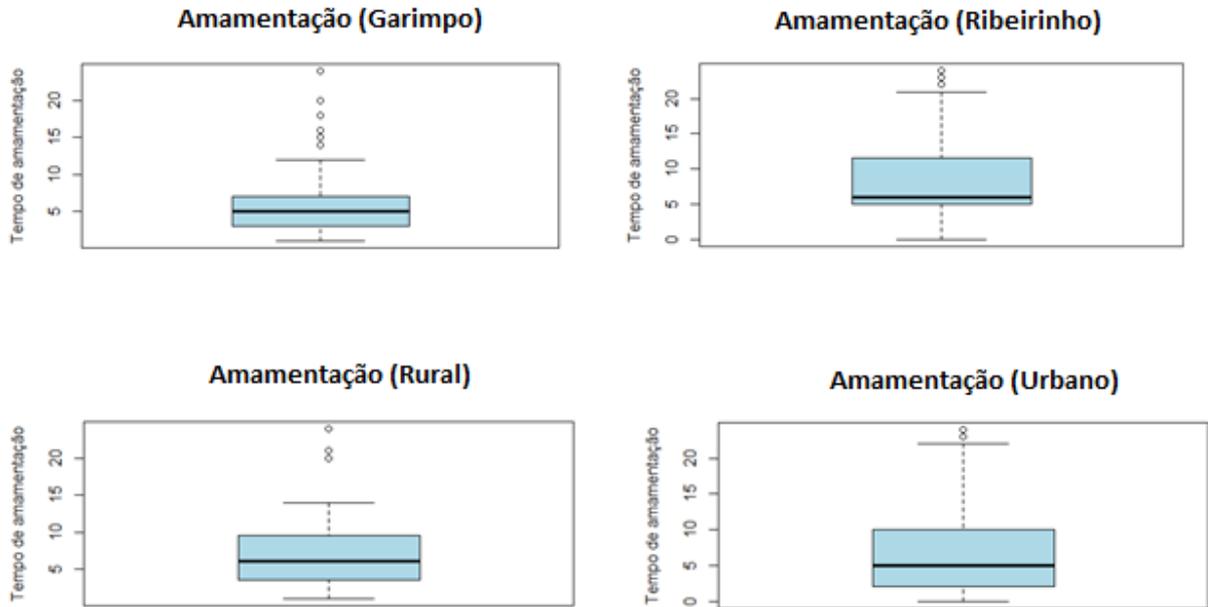


Figura 4: Variação do tempo de aleitamento materno (meses) entre as quatro localidades

Para as mulheres ribeirinhas, houve uma correlação significativa entre amamentação e as concentrações de Hg no pré-natal e aos 6 meses ($p= 0,02$ e $p=0,03$, respectivamente), enquanto para aquelas das localidades de Bom Futuro, urbano e rural, não foram encontradas associações estatisticamente significativas (tabela 8).

Tabela 8: Coeficiente de Correlação de Kendall entre amamentação e a concentração de Hg capilar (T-Hg) no pré-natal, aos 6 meses, 2 e 5 anos

Característica	Garimpo	Ribeirinho	Rural	Urbano
	(tau) p-valor	(tau) p-valor	(tau) p-valor	(tau) p-valor
Amamentação e nível de Hg no pré-natal	(0,045) 0,26	(0,077) 0,02	(0,152) 0,08	(0,042) 0,10
Amamentação e nível de Hg após 6 meses	(-0,007) 0,84	(0,073) 0,03	(0,08) 0,32	(-0,002) 0,92
Amamentação e nível de Hg após 2 anos	(0,009) 0,81	(0,021) 0,54	(0,133) 0,12	(0,0288) 0,28

Amamentação e nível de Hg após 5 anos	(-0.005) 0.89	(-0,013) 0,71	(0.064) 0.46	(-0.002) 0.94
---------------------------------------	---------------	------------------	--------------	---------------

Tau: correlação de Kendall

6.2.3. Frequência do consumo de peixe entre as localidades

A localidade do Garimpo (Bom Futuro) é caracterizada pelo menor consumo médio de peixe semanal (\bar{x} = 1,211; Mediana= 1; Mín= 0 e Máx= 2), enquanto, a população ribeirinha representa o maior consumo (dias/semana) de peixe entre os grupos (\bar{x} = 4,71; Mediana= 7; Mín= 0 e Máx= 7).

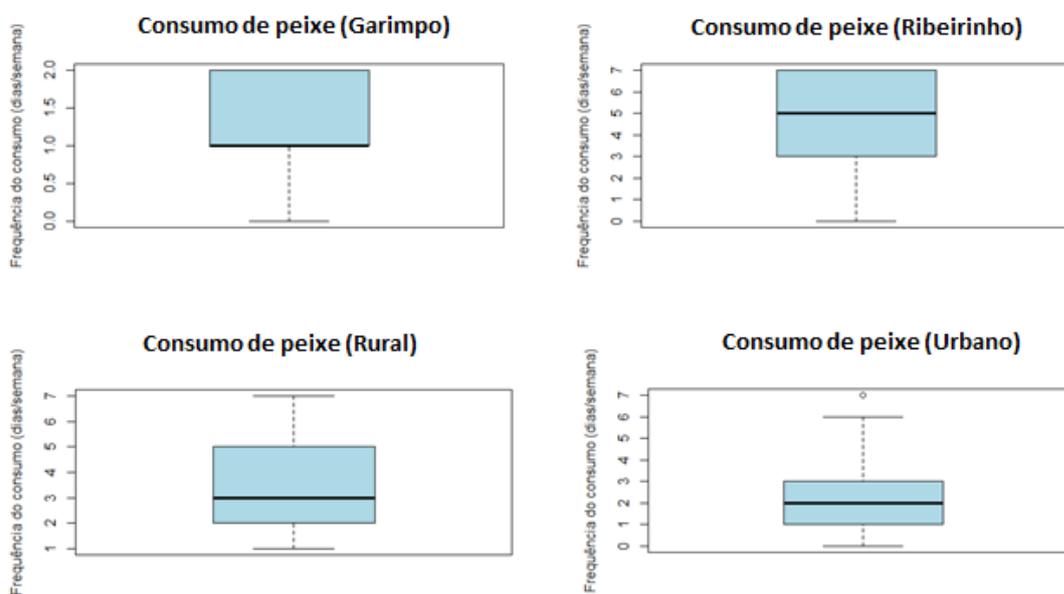


Figura 5: Variação da frequência do consumo de peixes (dias/semana) entre as localidades

O consumo de peixe e concentração de mercúrio apresentaram correlações estatisticamente significativas, exceto o grupo de garimpo (tabela 9). As localidades ribeirinho, rural e urbano alcançaram o valor de $p < 0,01$ nas concentrações de Hg capilar ao longo do tempo (pré-natal, 6 meses, 2 e 5 anos).

Tabela 9: Coeficiente de Correlação de Kendall entre frequência do consumo de peixe e a concentração de Hg capilar (T-Hg) no pré-natal, 6 meses, 2 e 5 anos

Característica	Garimpo	Ribeirinho	Rural	Urbano
	(tau) p-valor	(tau) p-valor	(tau) p-valor	(tau) p-valor
Consumo de peixe e concentração de Hg no pré-natal	(0,024) 0,59	(0.663) <0,01	(0.418) <0,01	(0.541) <0,01
Consumo de peixe e concentração de Hg após 6 meses	(0,025) 0,59	(0.676) <0,01	(0.455) <0,01	(0.495) <0,01
Consumo de peixe e concentração de Hg após 2 anos	(0,002) 0,96	(0.687) <0,01	(0.393) <0,01	(0.263) <0,01
Consumo de peixe e concentração de Hg após 5 anos	(-0,001) 0,98	(0.686) <0,01	(0.470) <0,01	(0.426) <0,01

Tau: correlação de Kendall

6.2.4. Variação das concentrações Totais de Hg (T-Hg) capilar entre as localidades

Na figura 6, observamos que as localidades rural e ribeirinho apresentam as maiores concentrações de Hg capilar (T-Hg) nos quatro diferentes tempos. Ribeirinho também representa o grupo com maior número de *Outliers*. Por outro lado, o garimpo apresenta as menores médias e medianas de concentrações de Hg ao longo do tempo analisado (pré-natal: \bar{x} = 4,607 e Med= 4,45; 6 meses: \bar{x} = 3,314 e Med= 3,075; 2 anos: \bar{x} = 4,082 e Med= 3,925 e 5 anos: \bar{x} = 3,948 e Med= 3,755).

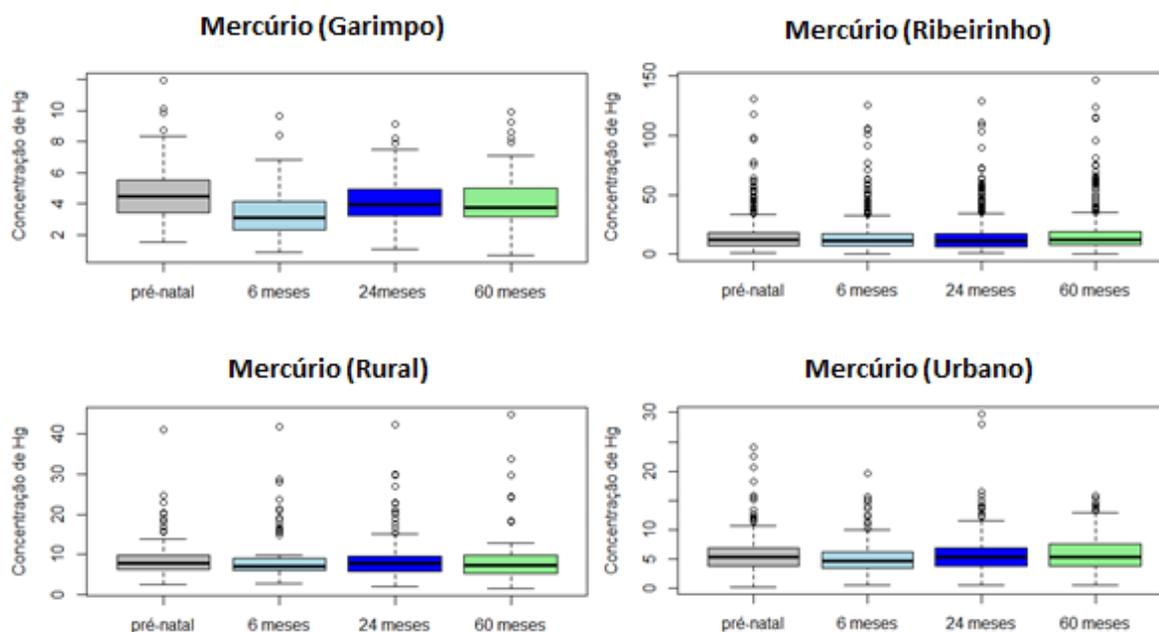


Figura 6: Variação da concentração de Hg capilar entre as localidades

6.3. MODELO LINEAR MISTO

6.3.1. Bom Futuro (Garimpo)

As variáveis amamentação e consumo de peixes não foram significativas para o modelo. Já o efeito do tempo foi significativo para alterar o valor do Hg.

Tabela 10: Análise multivariada da regressão linear de efeitos mistos para o modelo do Hg capilar materno, com efeitos aleatórios no intercepto e nas mulheres residentes no garimpo de Bom Futuro, Rondônia, Brasil.

Efeitos Fixos	β	SE	p-valor	Efeitos aleatórios	Nome	Variância	DP
(Intercepto)	2,12	0,04	0,00	Mulheres	(Intercepto)	0,08459	0,2908
Tempo.L	-0,06	0,05	0,22	Resíduo		0,11686	0,3418
Tempo.Q	0,13	0,05	0,01				
Tempo.C	-0,16	0,04	0,00				
Filhos	-0,01	0,01	0,49				
Tempo.L:filhos	-0,00	0,02	0,79				
Tempo.Q:filhos	0,02	0,02	0,11				
Tempo.C:filhos	-0,03	0,01	0,07				
Observações (n)	1176						
Mulheres (n)	294						

β : estimativa; SE: standard error; SD: desvio padrão; n:números

6.3.1.1. Pos Hoc

Conforme a figura 7, houve diferença significativa entre o tempo basal e os demais tempos (0-6 p-valor <0,0001; 0-24 p-valor = 0,0001; 0-60 p-valor <0,0001; 6-24 p-valor <0,0001; 6-60 p-valor <0,0001).

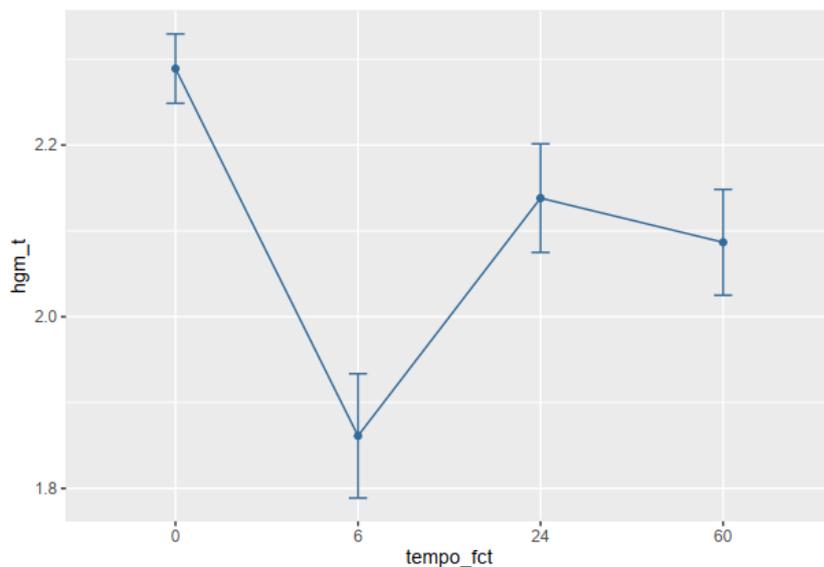


Figura 7: Comparação pareada entre os fatores Tempo e Hg capilar em mulheres residentes no garimpo Bom Futuro, Rondônia, Brasil.

6.3.2. Ribeirinho

As variáveis amamentação e filhos não foram significativas para o modelo. O efeito do tempo também não foi significativo para alterar o valor do Hg, mas o consumo de peixes teve um efeito significativo (tabela 11).

Tabela 11: Análise multivariada da regressão linear de efeitos mistos para o modelo do Hg capilar materno, com efeitos aleatórios no intercepto nas mulheres ribeirinhas, Rondônia, Brasil.

Efeitos Fixos	β	SE	p-valor	Efeitos aleatórios	Nome	Variância	DP
(Intercepto)	0,43	0,17	0,01	Mulheres	(Intercepto)	0,3822	0,6182
Tempo.L	-0,07	0,07	0,26	Resíduo		0,06552	0,256
Tempo.Q	0,05	0,04	0,26				
Tempo.C	0,02	0,04	0,64				
Peixes (dias/semana)	0,54	0,03	0,00				
Filhos	0,06	0,03	0,07				
Tempo.0:amamentação	0,03	0,02	0,05				

Tempo.6:amamentação	0,03	0,02	0,07
Tempo.24:amamentação	0,02	0,02	0,22
Tempo.60:amamentação	0,01	0,02	0,41
Tempo.L:filhos	-0,01	0,01	0,15
Tempo.Q:filhos	-0,01	0,01	0,04
Tempo.C:filhos	-0,01	0,01	0,43
Tempo.L:peixes	0,06	0,01	0,00
Tempo.Q:peixes	0,02	0,01	0,00
Tempo.C:peixes	-0,00	0,01	0,55
Peixes:filhos	-0,02	0,01	0,00
Peixes:amamentação	-0,01	0,00	0,02
Observações (n)	1584		
Mulheres (n)	396		

β: estimativa; SE: standard error; SD: desvio padrão; n:números

6.3.3. Rural

As variáveis amamentação e filhos não foram significativas para o modelo. O efeito do tempo também não foi significativo para alterar o valor do Hg. No entanto, mais uma vez o consumo de peixes teve um efeito significativo (tabela 12).

Tabela 12: Análise multivariada da regressão linear de efeitos mistos para o modelo do Hg capilar materno, com efeitos aleatórios no intercepto e nas mulheres rurais, Rondônia, Brasil.

Efeitos Fixos	β	SE	P-valor	Efeitos aleatórios	Nome	Variância	DP
(Intercepto)	1,19	0,05	0,00	Mulheres	(Intercepto)	0,03534	0,188
Tempo.L	-0,03	0,01	0,08	Resíduo		0,01422	0,119 2
Tempo.Q	-0,01	0,01	0,63				
Tempo.C	-0,02	0,01	0,11				
Peixes (dias/semana)	0,10	0,01	0,00				
Observações (n)	268						
Mulheres (n)	67						

β: estimativa; SE: standard error; SD: desvio padrão; n:números

6.3.4. Urbano

As variáveis amamentação e filhos não foram significativas para o modelo. O efeito do tempo foi significativo para alterar o valor do Hg. O consumo de peixes também teve efeito

significativo, assim como a interação com o tempo (tabela 13).

Tabela 13: Análise multivariada da regressão linear de efeitos mistos para o modelo do Hg capilar materno, com efeitos aleatórios no intercepto e nas mulheres urbanas, Rondônia, Brasil.

Efeitos fixos	β	SE	p-valor	Efeitos aleatórios	Nome	Variância	DP
(Intercepto)	1,54	0,05	0,00	Mulheres	(Intercepto)	0,3495	0,5912
Tempo.L	0,31	0,04	0,00	Resíduo		0,299	0,5468
Tempo.Q	-0,16	0,04	0,00				
Tempo.C	-0,41	0,04	0,00				
Peixes (dias/semana)	0,34	0,02	0,00				
Tempo.L:peixes	-0,09	0,01	0,00				
Tempo.Q:peixes	0,11	0,01	0,00				
Tempo.C:peixes	0,11	0,01	0,00				
Observações (n)	2704						
Mulheres (n)	676						

β : estimativa; SE: standard error; SD: desvio padrão; n:números

6.3.4.1. Pos Hoc

Como pode ser observado na figura 8, existe uma queda do valor Hg com o tempo 6 quando comparado com o tempo 0 ($p < 0,0001$). Há uma diferença estatisticamente significativa entre os tempos 6-24 e 6-60 ($p < 0,0001$; $p < 0,0001$, respectivamente).

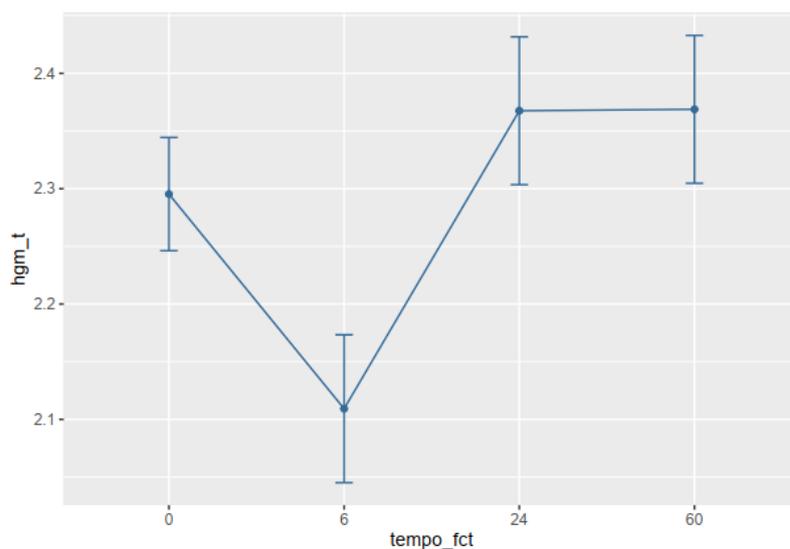


Figura 8: Comparação pareada entre os fatores Tempo e Hg capilar em mulheres residentes em localidades urbanas, Rondônia, Brasil.

7. DISCUSSÃO

As concentrações de Hg no cabelo de mulheres em idade fértil das 21 localidades investigadas nos permitem várias observações. A primeira é que as mulheres-mães deste estudo fazem parte do segmento populacional mais sensível à toxicidade do Hg. No período gestacional e puerperal elas podem expor seus filhos ao MeHg através da transferência placentária e aleitamento materno.

Os resultados apontam uma clara tendência em direção a níveis elevados de Hg entre as mulheres da região onde a amostragem ocorreu. Usando o nível de referência de $6 \mu\text{g}/\text{g}^{-1}$, estabelecido como seguro para mulheres em idade reprodutiva pela OMS (WHO, 1990), conclui-se que os níveis médios de Hg encontrados podem trazer efeitos prejudiciais à saúde das mulheres de Rondônia. Quando analisamos as concentrações de Hg capilar, os resultados mostraram clara evidência da heterogeneidade da região, mostrando alta variabilidade, como por exemplo, entre a localidade ribeirinha e Bom Futuro (garimpo), evidenciando o fator cultural e socioeconômico.

A comparação dos nossos resultados com a literatura disponível mostra que os níveis encontrados são similares aos relatados para outras comunidades na região amazônica (BARBOSA et al., 1998; HACON et al., 2000; CORVELO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2010; VIEIRA et al., 2013; FAIAL et al., 2015; VEGA et al., 2018) e na América do Sul (PEPLOW; AUGUSTINE, 2011; ALCALA-OROZCO et al., 2019; VALDELAMAR-VILLEGAS; OLIVERO-VERBEL, 2020) todos excedendo os níveis de segurança internacionalmente aceitos para Hg total no cabelo.

Foi encontrada diferença entre as localidades, apontando que a população ribeirinha e rural apresentou as maiores concentrações de Hg e que, na região amazônica, a análise de correlação reforça o Hg capilar como um biomarcador da ingestão de pescado (Dórea e Marques, 2016). Essas populações com altas concentrações de Hg se caracterizam habitarem áreas remotas, afastadas dos grandes centros e por ter a pesca como parte importante de seu sustento.

Alves et al. (2006), constataram que há um aumento nas concentrações de Hg capilar em função da distância das áreas urbanas para as áreas de subsistência. Drouillet-Pinard et al. (2010) e Sakamoto et al. (2008) também descreveram seus achados de Hg capilar associados ao consumo de pescado. Um estudo norueguês atribui que 88% do Hg encontrado na população avaliada provém da dieta (VEJRUP et al., 2014), corroborando com o estudo das ilhas

Seychelles, que encontrou altas concentrações de Hg nos biomarcadores analisados devido ao elevado consumo de peixes topo de cadeia (MYERS et al., 1997; 2003).

Mesmo em baixas concentrações, o Hg não é seguro. Yokoo et al. (2003) encontraram associação entre a alterações no desempenho motor fino e níveis de Hg no cabelo acima de $0,56 \mu\text{g/g}^{-1}$. Além disso, Harada et al. (1977; 2001) constataram que concentrações de Hg total superiores a $30 \mu\text{g/g}^{-1}$ podem gerar efeitos neurológicos graves em populações expostas ao metal.

Com o avanço do desenvolvimento econômico as comunidades da região da Bacia do Rio Madeira vêm sendo impactada há pelo menos quatro décadas. A busca desenfreada pelo ouro, abertura de estradas, desmatamentos e construções de barragens de hidrelétrica, desencadearam imigrações e mudanças no estilo de vida da população local (FEARNSIDE et al., 2012; FEARNSIDE, 2005; DÓREA; MARQUES, 2016), ocasionando diferenças culturais, mudanças nos hábitos alimentares, a procura por outras fontes nutricionais, justificando a diferença encontrada nos quatro grupos analisados.

As diferenças entre os grupos estudados refletiram mudanças nas populações amazônicas. Quando analisada a localidade Garimpo de Bom Futuro, que recebe imigrantes de outras regiões do Brasil, verifica-se o quanto o componente cultural influencia os hábitos de consumo da população. Nestas mulheres, a alimentação incluía poucas refeições semanais com peixe, enquanto as mulheres rurais e ribeirinhas mantem hábitos tradicionais de alto consumo de peixe.

Os níveis de Hg claramente elevados entre as mulheres das localidades rurais e ribeirinhas parecem ser quase inteiramente devidos à dieta rica em peixes, provavelmente peixes predadores de nível trófico superior, que sabidamente acumulam níveis significativos de Hg em seus tecidos. Esta via de exposição é suportada pelos dados coletados no questionário, indicando alta frequência no consumo de peixes.

É necessário ponderar que em 2011, um comitê conjunto da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e Organização Mundial da Saúde publicou um relatório que concluiu que os benefícios à saúde associados aos ácidos graxos ômega-3 dos peixes superavam os possíveis efeitos neurológicos adversos da ingestão de Hg contidos nos peixes (FAO/WHO, 2011). As recomendações para a diminuição do consumo de peixes em mulheres na idade fértil, gestantes e lactantes são para diminuir possíveis riscos reprodutivos maternos e crescimento e desenvolvimento infantil. Por outro lado, o consumo de peixes

oferece benefícios que podem proporcionar neuroproteção infantil devido ao alimento ser em rico em selênio e ômega-3 (BRAMANTE et al., 2018; TAYLOR et al., 2018).

Contudo, tendo em vista que mesmo em baixas concentrações o Hg pode apresentar riscos aos seres humanos e que parte importante das mulheres deste estudo apresentam níveis de Hg capilar acima do limite de segurança estabelecido pela OMS, que estas se encontram em idade fértil e podem transferir este metal tóxico via placentária (MARQUES et al., 2007a) e através do aleitamento materno (BARBOSA; DÓREA, 1998), temos que salientar que essa exposição é capaz de interferir no desenvolvimento e crescimento intra e extrauterino. Isto porque já está comprovado por diversos estudos que o feto é especialmente sensível à exposição ao Hg e que atrasos no desenvolvimento infantil têm sido associados com níveis de exposição que resultam em pouco ou nenhum sinal de toxicidade materna (GRANDJEAN et al., 1994b; 1997; DAVIDSON et al., 1998; MYERS et al., 2003; PARAJULI et al., 2014).

Dentre vários fatores considerados ideais para o crescimento infantil, destaca-se alimentação adequada. O aleitamento materno é uma estratégia de vínculo, afeto, nutrição e proteção, sendo ele recomendado exclusivamente durante os seis primeiros meses de vida e de forma complementar a outros alimentos até dois anos de idade (BRASIL, 2009). Por essa razão, as crianças também fazem parte do grupo prioritário nos estudos sobre Hg, pois são mais sensíveis aos efeitos e apresentam diferenças nas taxas metabólicas e de excreção aos contaminantes (US EPA, 2005).

As mulheres deste estudo relataram tempo médio de aleitamento materno de 6 meses. Ressalta-se que a OMS (WHO, 2008) e Ministério da Saúde (BRASIL, 2015) recomendam o aleitamento materno por dois anos ou mais, sendo este exclusivo nos seis primeiros meses. O leite materno possui componentes essenciais para o desenvolvimento infantil favorável, proporcionando evidências claras para o desenvolvimento da criança amamentada pelo leite materno, ainda que estas estejam sendo expostas ao Hg (MARQUES et al., 2007a; MARQUES, 2007; AGOSTONI et al., 2001). Já se conhece sobre a capacidade do MeHg de ser transferido via aleitamento materno. Entretanto, não é possível definir com exatidão o quanto a criança absorve do MeHg excretado pelo leite humano (GRANDJEAN et al. 1994a). Bakir et al. (1973) e Greenwood et al. (1978) verificaram que os níveis de Hg em lactantes eram menores do que em mulheres que não amamentavam, indicando a excreção do metal pelo leite.

Barbosa e Dórea (1998) estudaram uma população da região amazônica e constataram que a transferência placentária possui uma taxa de transferência de Hg superior à do leite materno, mesmo quando o aleitamento se deu por um longo período. Tal achado pode justificar

a fraca correlação entre amamentação e Hg capilar neste estudo. No entanto, a falta de associação deste resultado não exclui a importância da exposição pós-natal, que pode trazer riscos ao lactente.

Barbosa et al. (1998) observaram uma queda de até 20% do Hg no cabelo materno do primeiro para o terceiro trimestre da gestação, com retorno aos níveis pré-gravídicos no primeiro trimestre após o parto, reforçando a importância da transferência placentária e assumindo que a transferência de Hg pelo leite materno tem menor relevância.

Ao comparar as médias de Hg do pré-natal e aos seis meses após o parto, observou-se uma queda nas concentrações em todos os grupos, reforçando os achados dos estudos citados anteriormente sobre a transferência placentária e aleitamento materno. Entretanto, após 2 e 5 anos esse padrão não se repetiu em todos os grupos. Os grupos de populações ribeirinhas e rurais foram aqueles onde o alto consumo de pescado permaneceu mesmo durante a gestação e lactação, o que nos faz inferir que esta é a razão pela qual os níveis de Hg permaneceram altos mesmo após a transferência placentária e lactacional.

Nossos resultados também demonstraram que a carga de Hg capilar nas mulheres após 24 e 60 meses, se aproximam dos valores gestacionais em todas as localidades.

Nas localidades onde há um maior consumo de pescado, os níveis de Hg capilar são mais elevados em comparação com as localidades urbanas e de garimpo, visto que dieta alimentar dessas populações são mais diversificadas, o que pode ser explicado pela maior acessibilidade a outras fontes de proteínas e diversificação cultural.

No modelo de regressão linear misto, o incremento do número de filhos contribuiu para o modelo, mas apresentou um efeito pequeno. Diversos estudos comprovam a transferência placentária de MeHg (DÓREA; BARBOSA, 1998; BARBOSA et al., 1998), porém, na população estudada, o número de gestações não pareceu causar uma diminuição significativa na carga de Hg capilar ao longo dos anos.

Os efeitos tóxicos de Hg pré e pós-natal são descritos em diversas populações ao redor do mundo, através de diferentes fontes de contaminação. Estudos alertam para o potencial neurotóxico deste metal, além dos outros riscos para a saúde de gestantes expostas a ele. Xue et al. (2007) referem um aumento no risco de nascimentos pré-termos em mulheres que tiveram exposição de baixa a moderada ao mercúrio. Nossos resultados mostram que 5,86% das mulheres tiveram partos prematuros. Yu et al. (2019) recrutaram 528 mulheres (381 mulheres selecionadas aleatoriamente que tiveram seus filhos a termo e 147 de mães que foram incluídas no grupo de parto prematuro espontâneo) da província de Shanxi, China, para investigar as

associações de metais tóxicos séricos e o risco de parto prematuro espontâneo. Os autores constataram que as participantes do grupo dos partos pré-termos que foram recrutadas no primeiro trimestre de gestação (n=74) apresentaram concentrações séricas de Hg [0.326 (0.211–0.631) ng/mL] maiores em comparação com o grupo controle (n= 207) [0.255 (0.189–0.389) ng/mL], $p=0,015$. Em relação as participantes do segundo trimestre não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ($p=0,221$). Outros fatores epidemiológicos podem favorecer esses achados, como perfil sociodemográfico, história reprodutiva e condições clínicas gestacionais.

Esta coorte analisou a exposição ao Hg em uma amostra de mulheres de diferentes regiões do Estado de Rondônia, Brasil, com diferentes características sociais e culturais, com o objetivo de identificar possíveis implicações para a saúde reprodutiva do grupo estudado.

O sucesso da implementação da Convenção de Minamata para proteger a saúde humana e o meio ambiente depende de pesquisas científicas adequadas. Portanto, para aprimorar a pesquisa em saúde pública, promover a saúde da população e a proteção contra a exposição ao Hg, precisamos ter uma compreensão geral da situação atual para planejar e formular políticas apropriadas no futuro. Salientamos que é necessário um sistema de saúde capacitado, que permita a detecção precoce e garanta a promoção e prevenção de agravos aos grupos sensíveis a contaminação por Hg.

Assim, evidenciamos que os riscos para a saúde humana, especialmente de mulheres em idade fértil, são multifatoriais e devemos entender a individualidade cultural dos grupos estudados e a complexidade do sistema amazônico para entendermos a exposição ao Hg e suas consequências.

8. CONCLUSÃO

Hg é um dos poluentes ambientais mais perigosos devido à persistência ambiental e bioacumulação na cadeia alimentar. A exposição de gestantes e lactantes ao Hg e a subsequente exposição infantil é uma importante preocupação dos sistemas de saúde devido à sua toxicidade. Neste estudo, os valores de concentração foram comparados com os padrões da OMS e foram encontrados valores superiores aos limites estabelecidos como seguros. Este estudo confirma a diferença entre as localidades, demonstrando que populações ribeirinhas e rurais estão mais expostas a contaminação de Hg devido a ingestão de pescado contaminado.

Salientamos a importância de novos estudos epidemiológicos que nos ajudem a identificar todas as implicações dessa exposição na saúde da mulher e no desenvolvimento infantil, e conhecer melhor os efeitos positivos e negativos da ingestão de pescado contendo Hg na Amazônia.

Devido à toxicidade e perigos da exposição ao Hg, o gerenciamento e monitoramento periódico dos níveis de Hg em mulheres são essenciais. Ressaltamos a importância de identificar todos os fatores de risco potenciais para exposição ao Hg.

Devemos apoiar e fazer cumprir a Convenção de Minamata para controlar a poluição e a exposição ao Hg de mães grávidas e crianças em desenvolvimento. Porém, não existe um programa nacional de monitoramento da exposição humana ao Hg implementado no Brasil. Logo, para entender melhor a situação atual dos níveis de Hg na Amazônia e no Brasil, um programa nacional de monitoramento bem coordenado e projetado é urgentemente necessário.

9. REFERÊNCIAS

AGOSTONI, C. et al. Prolonged breast-feeding (six months or more) and milk fat content at six months are associated with higher developmental scores at one year of age within a breast-fed population. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, v. 501, p. 137-141, 2001.

AIREY, D. Mercury in human hair due to environment and diet: A review. *Environmental Health Perspectives*, v. 52, p. 303–316, 1983.

AKAGI, H.; NAGANUMA, A. Human exposure to mercury and the accumulation of methylmercury that is associated with gold mining in the Amazon Basin. *Brazilian Journal of Health Sciences*, v. 46, p. 323-328, 2000.

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, v. 19, n. 6, p. 716–723, 1974.

AL- SALEH, I. et al. Exposure to heavy metals (lead, cadmium and mercury) and its effect on the outcome of *in-vitro* fertilization treatment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 211, n. 5-6, p. 560-579, 2008.

ALCALA-OROZCO, M. et al. Mercury exposure assessment in indigenous communities from Tarapaca village, Cotuhe and Putumayo Rivers, Colombian Amazon. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 26, n. 36, p. 36458-36467, 2019.

ALMEIDA, M.D. et al. Mercury loss from soils following conversion from forest to pasture in Rondônia, Western Amazon, Brazil. *Environmental Pollution*, v. 137, n. 2, p. 179-186, 2005.

ALVES, M.F.A. et al. Fish consumption, mercury exposure and serum antinuclear antibody in Amazonians. *International Journal of Environmental Health Research*, v. 16, p. 255-262, 2006.

AMARO, C.S.O. et al. Concentração de mercúrio total (Hg-T) em peixes comercializados em diferentes períodos sazonais no Mercado do Ver-o-Peso, Belém, Estado do Pará, Brasil. *Revista Pan- Amazônica de Saúde*, v.5, n.1, p. 53-60, 2014.

BAKIR, F. et al. Methylmercury poisoning in Iraq. *Science*, v. 181, n. 4096, p. 230-241, 1973.

BARBOSA, A.C. et al. Mercury contamination in the Brazilian Amazon. Environmental and occupational aspects. *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 80, p. 109–121, 1995.

_____. Concentration of mercury in hair of indigenous mothers and infants from the Amazon basin. *Archives of Environmental Contamination Toxicology*, v. 34, n.1, p. 100-105, 1998.

_____. Hair mercury speciation as a function of gender, age, and body mass index in inhabitants of the Negro River Basin, Amazon, Brazil. *Archives of Environmental Contamination & Toxicology*, v. 40, p. 439-444, 2001.

BARBOSA, A.C.; DÓREA, J.G. Indices of mercury contamination during breast feeding in Amazon Basin. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v.6, p.71-79, 1998.

BASTOS, W.R. et al. A description of mercury in fishes from the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Acta Amazonica*, v. 38, n. 3, p. 431-438, 2008.

_____. Establishment and analytical quality control of laboratories for Hg determination in biological and geological samples in the Amazon-Brazil. *Ciência e Cultura: Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*, v. 50, n. 4, p. 255-260, 1998.

_____. Mercury in fish of the Madeira River (temporal and spatial assessment), Brazilian Amazon. *Environmental Research*, v. 140, p. 191- 197, 2015.

BATES, D. et al. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, v. 67, n. 1, p. 1–48, 2015.

BERGLUND, M. et al. Inter-individual variations of human mercury exposure biomarkers: a cross-sectional assessment. *Environmental Health*. v. 4, n. 20, p.1-11, 2005. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1262739/pdf/1476-069X-4-20.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2020.

BERRIDGE, D. M.; CROUCHLEY, R. *Multivariate Generalized Linear Mixed Models Using R*. 0. ed. [s.l.] CRC Press, 2011.

BJØRKLUND, G. et al. Mercury exposure and its effects on fertility and pregnancy outcome. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, v. 125, p. 317-327, 2019.

BJÖRNBERG, K. A. et al. Transport of methylmercury and inorganic mercury to the fetus and breast-fed infant. *Environmental Health Perspectives*, v. 113, n. 10, p. 1381-1385, 2005.

BOENING, D.W. Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere*, v.40, n. 12, p.1335-1351, 2000.

BOSE-O'REILLY, S. et al. Mercury exposure and children's health. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, v. 40, n. 8, p.186-215, 2010.

BOUCHER, O. et al. Neurophysiologic and neurobehavioural evidence of beneficial effects of prenatal omega-3 fatty acid intake on memory function at school age. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 93, n.5, p. 1025-1037, 2011.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An Analysis of Transformations. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, v. 26, n. 2, p. 211–252, 1964.

BRAMANTE, C.T.; SPILLER, P.; LANDA, M. Fish consumption during pregnancy: an opportunity, not a risk. *JAMA Pediatrics*, v. 172, n. 9, p. 801-802, 2018.

BRANCHES, et al. The price of gold: mercury exposure in the Amazonian rain forest. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, v. 31, n. 2, p. 295-306, 1993.

BRANCO, V. et al. Biomarkers of mercury toxicity: Past, present, and future trends. *Journal of Toxicology and Environmental Health- Part B: Critical Reviews*. v. 20, n. 3, p.119–154, 2017.

BRASIL. Decreto nº 9.470, de 14 de agosto de 2018. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 15 de ago de 2018, Seção 1, p. 65.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. *Saúde da criança: aleitamento materno e alimentação complementar*. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde; 2015.

_____. _____. _____. _____. *Saúde da criança: nutrição infantil: aleitamento materno e alimentação complementar*. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2009.

CABALLERO, B. et al. Methylmercury: induced developmental toxicity is associated with oxidative stress and cofilin phosphorylation. Cellular and human studies. *NeuroToxicology*. v. 59, p. 197-209, 2017

CASTAÑO, A. et al. Fish consumption patterns and hair mercury levels in children and their mothers in 17 EU countries. *Environmental Research*, v. 141, p. 58-68, 2015.

CASTRO, N.S.S; LIMA M.O. Hair as a Biomarker of Long Term Mercury Exposure in Brazilian Amazon: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 15, n. 3:500, 2018.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. *Third National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals*. EUA: CDC, 2005. 18p. Disponível em: <https://www.npr.org/documents/2005/jul/cdcreport_summary.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2020.

CLARKSON, T. W. Environmental contaminants in the food chain. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 61, n.3, 682s-686s, 1995.

CLARKSON, T.W. et al. Mercury in fish. *Science*, v.279, p.459-460, 1998.

_____. The toxicology of mercury- current exposures and clinical manifestations. *New England Journal of Medicine*, v. 349, n. 18, p. 1731-1737, 2003.

CLARKSON, T.W.; MAGOS, L. The toxicology of mercury and its chemical compounds. *Critical Reviews in Toxicology*, v. 36, n. 8, p. 609-662, 2006.

CLEARY, D. *Anatomy of the Amazon Gold Rush*. 1ªed. Iowa City: University of Iowa Press, 1990.

CNAAN, A. et al. Using the general linear mixed model to analyse unbalanced repeated measures and longitudinal data. *Statistics in Medicine*, v. 16, n. 20, p. 2349-80, 1997.

COLVIN, N.E.; MAHAN, P.L.; HARRIS, J. Methylmercury exposure in women of childbearing age and children. *Workplace Health & Safety*, v. 64, n. 11, p. 550-555, 2016.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA (CFM). Na avaliação dos conselhos de medicina, baixo número de profissionais decorre da falta de políticas públicas para fixação em municípios mais distantes e regiões menos desenvolvidas. *Portal CFM. Brasília*, 20 mar. 2018. 3p. Disponível em:

<https://portal.cfm.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=27545:2018-04-02-15-27-27&catid=3>. Acesso em: 19 jan. 2019.

COOKE, G.M. Biomonitoring of human fetal exposure to environmental chemicals in early pregnancy. *Journal of Toxicology and Environmental Health- Part B: Critical Reviews*, v. 17, n. 4, p.205-24, 2014.

CORVELO, T.C.O. et al. Monitoring mercury exposure in reproductive aged women inhabiting the Tapajós River Basin, Amazon. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 93, p. 42-46, 2014.

COUNTER, S.A. et al. Elevated blood mercury and neuro-otological observations in children of the Ecuadorian gold mines. *Journal of Toxicology and Environmental Health- Part A*, v. 65, n. 2, p. 149-63, 2002.

CUNHA, M. P. L. Influência da ingestão materna de peixe utilizando o mercúrio no cabelo como biomarcador sobre os índices antropométricos de crianças em Rondônia, Amazônia ocidental. Brasília, 2017. 134f. Tese de doutorado (Doutorado em Ciências da Saúde). Programa de Pós graduação em Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

DA SILVA-JUNIOR, F.M.R. et al. Vulnerability associated with "symptoms similar to those of mercury poisoning" in communities from Xingu River, Amazon basin. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 40, n .3, p. 1145-1154, 2018.

DALLAIRE, R. et al. Exposure to organochlorines and mercury through fish and marine mammal consumption: associations with growth and duration of gestation among Inuit newborns. *Environmental International*, v. 54, p. 85–91, 2013.

DAVIDSON, P.W.et al. Effects of prenatal and postnatal methylmercury exposure from fish consumption on neurodevelopmental outcomes at 66 months of age in the Seychelles Child Development Study. *Journal of the American Medical Association*, v. 280, p. 701-707, 1998.

DI RENZO, G.C. et al. International Federation of Gynecology and Obstetrics opinion on reproductive health impacts of exposure to toxic environmental chemicals. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, v. 131, p. 219-225, 2015.

DÍAZ, S.M. et al. Exposure to mercury in workers and the population surrounding gold mining areas in the Mojana Region, Colombia. *Internacional Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 15, n. 11, p.2337, 2018.

DICKERSON, E.H. et al. Endocrine disruptor & nutritional effects of heavy metals in ovarian hyperstimulation. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, v. 28, p.1223-1228, 2011.

DÍEZ, S. et al. Prenatal and early childhood exposure to mercury and methylmercury in Spain, a high-fish-consumer country. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 56, n. 3, p. 615-622, 2009.

DING, G. et al. Prenatal low-level mercury exposure and neonatal anthropometry in rural northern China. *Chemosphere*, v. 92, n. 9, p. 1085-1089, 2013.

DIX-COOPER, L.; KOSATSKY, T. Blood mercury, lead and cadmium levels and determinants of exposure among newcomer South and East Asian women of reproductive age living in Vancouver, Canada. *Science of the Total Environment*, v. 619–620, p. 1409-1419, 2018.

DÓREA, J. G.; MARQUES, R. C. Mercury levels and human health in the Amazon Basin. *Annals of Human Biology*, v.43, n.4, p.349–359, 2016.

DÓREA, J.G. et al. Mercury in hair and in fish consumed by Riparian women of the Rio Negro, Amazon, Brazil. *International Journal of Environmental Health Research*, v. 13, p. 239-248, 2003.

_____. Speciation of methyl- and ethyl-mercury in hair of breastfed infants acutely exposed to Thimerosal-containing vaccines. *Clinica Chimica Acta*. v. 412, n. 17-18, p. 1563–1566, 2011.

DÓREA, J.G. Fish are central in the diet of Amazonian riparians: should we worry about their mercury concentrations? *Environmental Research*, v. 92, n. 3, p. 232-244, 2003.

_____. Research into mercury exposure and health education in subsistence fish-eating communities of the Amazon Basin: potential effects on public health policy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 7, n. 9, p. 3467-3477, 2010.

DÓREA, J.G.; MARQUES, R.C.; ISEJIMA, C. Neurodevelopment of Amazonian infants: antenatal and postnatal exposure to methyl- and ethylmercury. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. v. 2012, 9 p., 2012.

DROUILLET-PINARD, P. et al. Prenatal mercury contamination: relationship with maternal seafood consumption during pregnancy and fetal growth in the ‘EDEN mother –child’ cohort. *British Journal of Nutrition*, v. 104, p. 1096-1100, 2010.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). Statement on the benefits of fish/seafood consumption compared to the risks of methylmercury in fish/seafood. *EFSA Journal*, v.13, n.1, p. 3982, 2015.

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

FAIAL, K. et al. Mercury levels assessment in hair of riverside inhabitants of the Tapajós River, Pará State, Amazon, Brazil: fish consumption as a possible route of exposure. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 30, p. 66–76, 2015.

FARELLA, N. et al. Deforestation modifying terrestrial organic transport in the Rio Tapajós, Brazilian Amazon. *Organic Geochemistry*, v. 32, p.1443-58, 2001.

FEARNSIDE, P.M. Brazil’s Samuel dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management*, v. 35, p. 1-19, 2005.

FEARNSIDE, P.M. et al. O futuro da Amazônia: modelos para prever as consequências da infraestrutura futura nos planos plurianuais. *Novos Cadernos NAEA*, v. 15, p. 25-52, 2012.

FEIJÃO, A.J.; PINTO, J.A., 1992. Amazônia e a saga do Ouro do Século 20. In: *Garimpo, Meio Ambiente e Sociedade Indígenas*, p.18-36. Ed. L. Barbosa; A.L. Lobato; J.A. Drummond, EDUFF- Ed. Universidade. Fluminense, Niterói, RJ. Disponível em: <<https://searchworks.stanford.edu/view/2475791>> Acesso em: 03 jun. 2020.

FILLION, M. et al. Toxic risks and nutritional benefits of traditional diet on near visual contrast sensitivity and color vision in the Brazilian Amazon. *Neurotoxicology*, v.37, p.173-81, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION; WORLD HEALTH ORGANIZATION (FAO/WHO). *Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption*. Rome: FAO; Geneva: WHO, 2011. 150 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ba0136e/ba0136e00.pdf>> Acesso em: 15 jun 2020.

FREITAS, C.E.C.; SIQUEIRA-SOUZA, F.K. O uso de peixes como bioindicador ambiental em áreas de várzea da bacia amazônica. *Revista Agrogeoambiental*, v. 1, n. 2, p. 39- 45, 2009.

GAŁECKI, A.; BURZYKOWSKI, T. *Linear Mixed-Effects Models Using R: A Step-by-Step Approach*, p. 576, editora: Springer, 2013.

GARCÍA-FORTEA, P. et al. Toxic elements in hair and in vitro fertilization outcomes: a prospective cohort study. *Reproductive Toxicology*, v. 77, p. 43-52, 2018.

GOULDING, M. *The fishes and the forest: explorations in Amazonian natural history*. 1ª ed. Califórnia: University of California Press, 1981.

GRANDJEAN, P. et al. Cognitive deficit in 7- years old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicology and Teratology*, v.19, n, 6, p.417-428, 1997.

GRANDJEAN, P.; JORGENSEN, P.J.; WEIHE, P. Human milk as a source of methylmercury exposure in infants. *Environmental Health Perspectives*, v.102, n. 1, p. 74–77, 1994a.

GRANDJEAN, P.; WEIHE, P.; NIELSEN J.B. Methylmercury: significance of intrauterine and postnatal exposures. *Clinical Chemistry*, v.40, n.2, pp. 1395-1400, 1994b.

GREENWOOD, M.R. et al. Blood clearance half-times in lactating and nonlactating members of a population exposed to methylmercury. *Environmental Research*, v. 16, n. 2, p. 48-54, 1978.

GUIMARÃES, J.R.D. Mercury in the Amazon: problem or opportunity? A commentary on 30 years of research on the subject. *Elementa Science of the Anthropocene*, v.8, n.1, p. 1-13, 2020.

GUIMARÃES, J.R.D. et al. Mercury methylation along a lake-forest transect in the Tapajós river floodplain, Brazilian Amazon: seasonal and vertical variations. *Science of the Total Environment*, v. 261, p.91-98, 2000.

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. Atmospheric mercury and trace elements in the region of Alta Floresta in the Amazon basin. *Water, Air, Soil Pollution*, v. 80, p.273-283, 1995.

_____. Exposure to mercury in pregnant women from Alta Floresta- Amazon basin, Brazil. *Environmental Research*, v. 84, n. 3, p. 204-210, 2000.

_____. The influence of changes in lifestyle and mercury exposure in riverine populations of the Madeira River (Amazon Basin) near a Hydroelectric Project. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 11, p. 2437-2455, 2014.

HARADA, M. et al. Mercury contamination in human hair at Indian reserves in Canada. *Kumamoto Medical Journal*, v. 30, p. 57-64, 1977.

_____. Mercury pollution in the Tapajos River basin, Amazon: mercury level of head hair and health effects. *Environment International*, v. 27, p.285-290, 2001.

HARADA, M. Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused bay environmental pollution. *Critical Reviews in Toxicology*, v. 25, n. 1, p. 1-24, 1995.

HENRIQUES, M. C. et al. Exposure to mercury and human reproductive health: A systematic review. *Reproductive Toxicology*, v. 85, p. 93-103, 2019.

HYLANDER, L.D. et al. Mercury levels in Alto-Pantanal: a screening study. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 23, p. 478-484, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Serviços de Saúde, 2009. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/pesquisa/32/28163>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

_____. Projeções e estimativas da população do Brasil e das Unidades da Federação, 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ro>>. Acesso em: 15 de jan., 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Benefícios econômicos da expansão do saneamento no Estado de Rondônia: qualidade de vida, produtividade e educação e valorização ambiental, 2014. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/rondonia/beneficios-do-saneamento-RONDONIA.pdf>>. Acesso em: 17 jan 2019.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHIMICAL SAFETY (IPCS). *International Chemical Safety Cards 0056, 0978, 0979, 0980, 0981, 0982 and 0984*. Geneva: World Health Organization, 2000. Disponível em: <<http://www.who.int/ipcs/publications/icsc/en/index.html>>. Acesso em: 05 abr. 2020.

JAUNIAUX, E.; POSTON, L; BURTON, G.J. Placenta- related diseases of pregnancy: involvement of oxidative stress and implications in human evolution. *Human Reproduction Update*, v. 12, n. 6, p. 747-755, 2006.

JONES, L.; BUNNELL, J.; STILLMAN, J. A 30-year follow-up of residual effects on New Zealand School Dental Nurses, from occupational mercury exposure. *Human & Experimental Toxicology*, v.26, p. 367-374, 2007.

JOHNSON, W.; BALAKRISHNA, N.; GRIFFITHS, P. L. Modeling physical growth using mixed effects models. *American Journal of Physical Anthropology*, v. 150, n. 1, p. 58-67, 2013.

KHOURY, E.D.T. et al. Manifestações neurológicas em ribeirinhos de áreas expostas ao mercúrio na Amazônia brasileira. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 29, n. 11, p. 2307-2318, 2013.

KIM, S.A.; JEON, C.K.; PAEK, D.M. Hair mercury concentrations of children and mothers in Korea: implication for exposure and evaluation. *Science of the Total Environment*, v. 402, n. 1, p. 36-42, 2008.

KIRK, L. E. et al. Public health benefits of hair-mercury analysis and dietary advice in lowering methylmercury exposure in pregnant women. *Scandinavian Journal of Public Health*, v. 45, p. 444-451, 2017.

LACERDA, L.D. Amazon mercury emissions. *Nature*, v. 374, p. 20-21, 1995.

LACERDA, L.D; SOUZA, M.; RIBEIRO, M.G. The effects of land use change on mercury distributions in soils of Alta Floresta, Southern Amazon. *Environmental Pollution*, v. 129, p. 247-55, 2004.

LEE, B.E. et al. Interaction between GSTM1/GSTT1 polymorphism and blood mercury on birth weight. *Environmental Health Perspectives*, v. 118, p. 437-443, 2010.

LEGRAND, M. et al. Methylmercury blood guidance values for Canada. *Canadian Journal of Public Health*, v. 101, p. 28-31, 2010.

LIU, Y. et al. Association of methylmercury intake from seafood consumption and blood mercury level among the Asian and non-Asian populations in the United States. *Environmental Research*, v. 160, p. 212-222, 2018

MAIER, A.; SAVAGE, R.E.; HABER, L.T. Assessing biomarker use in risk assessment--a survey of practitioners. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. v. 67, n.8-10, p. 687-695, 2004

MALM, O. et al. Mercury pollution due to gold mining in the Madeira River Basin, Brazil. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 19, p.11-15, 1990.

_____. Transport and cycling of mercury in Tucuruí reservoir, Amazon, Brazil: 20 years after fulfillment. *RMZ-Materials and Geoenvironment*, v. 51, p. 1195-1198, 2004.

MALM, O. Gold mining as a source of mercury exposure in the Brazilian Amazon. *Environmental Research*, v. 77, n. 2, p. 73-78, 1998.

MALM, O.; PFEIFFER, W.C.; SOUZA, C.M.M. Utilização do acessório de geração de vapor frio para análise de mercúrio em investigações ambientais por espectrofotometria de absorção atômica. *Ciência e Cultura*, v.41, p. 88-92, 1989.

MARQUES, R. C. Amamentação exclusiva e estendida como um fator de proteção à exposição ao mercúrio derivado de vacinas contendo timerosal. Rio de Janeiro, 2007. 162f. Tese de doutorado (Doutorado em Ciências). Programa de Pós graduação em Ciências Biológicas (Biofísica), Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MARQUES, R. C. et al. Data relating neurodevelopment of exclusively breastfed children of urban mothers and pre- and post-natal mercury exposure. *Data in Brief*, v. 25, p. 104283, 2019a.

_____. Neurodevelopment outcomes in children exposed to organic mercury from multiple sources in a Tin-Ore Mine environment in Brazil. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 68, n.3, p. 432-441, 2015.

_____. Fish consumption during pregnancy, mercury transfer, and birth weight along the Madeira River Basin in Amazonia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 10, p. 2150-2163, 2013b.

_____. Mercury transfer during pregnancy and breastfeeding: hair mercury concentrations as biomarker. *Biological Trace Element Research*, v. 154, n. 3, p. 326-32, 2013a.

_____. Tradicional living in the Amazon: extended breastfeeding, fish consumption, Mercury exposure, and neurodevelopment. *Annals of Human Biology*. v. 43, n. 4, p. 360-370, 2016.

_____. Data relating to maternal fish consumption, methylmercury exposure, and early child neurodevelopment in the traditional living of Western Amazonians. *Data in Brief*, v. 1, p. 104153-15, 2019b.

_____. Hair mercury in breast-fed infants exposed to thimerosal-preserved vaccines. *European Journal of Pediatrics*, v. 166, n. 9, p. 935-41, 2007b.

_____. 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, 2007a.

MARTINELLI, L.A., et al. Mercury contamination in the Amazon – a gold rush consequence. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 17, n. 4, p. 252-254, 1988.

MERGLER, D. et al. Panel on Health Risks and Toxicological Effects of Methylmercury. Methylmercury exposure and health effects in humans: a worldwide concern. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 36, n. 1, p. 3-11, 2007.

MORAES PINTO, L.C. et al Mapping the Evolution of Mercury (Hg) Research in the Amazon (1991-2017): A Scientometric Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 7, p. 1111, 2019.

MOZAFFARIAN, D. et al. Mercury exposure and risk os cardiovascular disease in two U.S. cohorts. *New England Journal of Medicine*, v. 364, n. 12, p. 1116-1125, 2011.

MYERS, G.J. et al. Effects of prenatal methylmercury exposure from a high fish diet on developmental milestones in the Seychelles Child Development Study. *Neurotoxicology*, v. 18, n.3, p. 819-829, 1997.

_____. Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. *The Lancet*, v. 361, n. 9370, p. 1686-1692, 2003.

MYERS, G.J.; DAVIDSON, P.W. Prenatal methylmercury exposure and children: Neurologic, developmental, and behavioral research. *Environmental Health Perspectives*. v. 106, (Suppl. 3), p. 841-847, 1998. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1533066/pdf/envhper00538-0070.pdf> >
Acesso em: 05 abr. 2020.

NATIONAL INSTITUTE OF PUBLIC HEALTH. *Environmental Health Monitoring System in the Czech Republic*. 1ª edição. Praga: NIPH, 2007. 100p

NIAGRU, J.O. et al. Mercury pollution in Brazil. *Nature*, v. 356, p. 389, 1992.

NYANZA, E.C. et al. Maternal exposure to arsenic and mercury and associated risk of adverse birth outcomes in small-scale gold mining communities in Northern Tanzania. *Environment International*, v. 137, p. 105450, 2020.

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, n. 2, p. 191–197, 2007.

OLIVEIRA, R.C. et al. Fish consumption by traditional subsistence villagers of the Rio Madeira (Amazon): impact on hair mercury. *Annals of Human Biology*, v. 37, n. 5, p. 629-42, 2010.

OU, L. et al. Low-level prenatal mercury exposure in north China: an exploratory study of anthropometric effects. *Environmental Science & Technology*, v. 49, n. 11, p. 6899-6908, 2015.

PARAJULI, R. P. et al. Impact of caste on the neurodevelopment of young children from birth to 36 months of age: a birth cohort study in Chitwan Valley, Nepal. *BMC pediatrics*, v. 14, n. 56, 2014.

PASSOS, C.J. et al. Daily mercury intake in fish-eating populations in the Brazilian Amazon. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, v.18 n. 1, p.76-87, 2008.

PEPLOW, D.; AUGUSTINE, S. Community-led assessment of risk from exposure to mercury by native amerindian wayana in Southeast Suriname. *Journal of Environmental and Public Health*, v. 2012, p.1–10, 2011.

PETRY, P.; BAYLEY, P.B.; MARKLE, D. F. Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology*, v. 63, p. 547-579, 2003.

PFEIFFER, W.C. et al. Mercury concentrations in inland water of gold-mining areas in Rondonia, Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 87, p. 233-40, 1989.

PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D. Mercury inputs into the Amazon Region, Brazil. *Environmental Technology Letters*, v. 9, p.325-330, 1988.

PIPERATA, B.A. Nutricional status of Ribeirinhos in Brazil and the nutrition transition. *American Journal of Physical Anthropology*, v. 133, n. 2, p. 868-878, 2007.

RAINEY, S.J.; RAINEY, M.C.A. Perspectivas ribeirinha sobre os impactos da construção de usinas hidrelétricas no rio Madeira em Rondônia, *Confins* [Online], n. 29, 2016. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/11621>>. Acesso em: 30 mar 2020.

REIN, K.; HYLANDER, L.D. Experiences from phasing out the use of mercury in Sweden. *Regional Environmental Change*, v.1, p. 126-134, 2000.

ROJAS, M., et al. Biological monitoring of Mercury exposure in individuals referred to a toxicological center in Venezuela. *Science of the Total Environment*, v. 354, n. 2-3, p. 278-285, 2006.

ROULET, M, et al. The geochemistry of mercury in the central Amazonian soils developed on the Alter do Chao formation of the lower Tapajós River Valley, Pará State, Brazil. *The Science of the Total Environment*, v. 223, p. 1-24, 1998.

_____. Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in the central Amazon. *Chemical Geology*, v. 165, p. 243-66, 2000b.

_____. Methylmercury in water, seston, and epiphyton of an Amazonian river and its floodplain, Tapajós River, Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 261, p. 43-59, 2000a.

RUGGIERI, F. et al. Mercury in Children: current state on exposure through human biomonitoring studies. *International Journal of Environmental Research Public and Health*. v. 14, n. 5, p. 519, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5451970/pdf/ijerph-14-00519.pdf> >. Acesso em: 06 abr. 2020.

SAKAMOTO, M. et al. Changes in Mercury concentrations of segmental maternal hair during gestation and their correlations with other biomarkers of fetal exposure to methylmercury in the Japanese population. *Environmental Research*, v. 106, n. 2, p. 270-276, 2008.

SALONEN, J.T. et al. Mercury accumulation and accelerated progression of carotid atherosclerosis: a population-based prospective 4-years follow-up study in men in eastern Finland. *Atherosclerosis*, v. 148, n. 2, 2000.

SAVABIEASFAHANI, M.; HOSEINY, M.; GOODARZI, S. Toxic and essential trace metals in first baby haircuts and mother hair from Imam Hossein Hospital Tehran, Iran. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 88, n. 2, p. 140-144, 2012.

SCHOEMAN, K. et al. Defining a lowest observable adverse effect hair concentration of mercury for neurodevelopmental effects of Prenatal Methylmercury exposure through maternal fish consumption: a systematic review. *Therapeutic Drug Monitoring*, v. 31, n. 6, p. 670-682, 2009.

_____. Hair Mercury Levels of Women of Reproductive Age in Ontario, Canada: Implications to Fetal Safety and Fish Consumption. *The Journal of Pediatrics*, v. 157, n. 1, p. 127-31, 2010.

SCHULZ, C. et al. Twenty years of the German Environmental Survey (GerES): Human biomonitoring- Temporal and spatial (West Germany/East Germany) differences in population exposure. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 210, n. 3-4, p. 271-297, 2007.

SIKORSKI, R. et al. Women in dental surgeries: reproductive hazards in occupational exposure to metallic mercury, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, v. 59, p. 551–557, 1987.

SILVA, H.R.O.; SILVA, S.C.P.G.; CAVALCANTE, M.M.A. Unidade de conservação e desmatamento na Amazônia: Análise do parque estadual de Guajará Mirim em Rondônia/Brasil. *ACTA Geográfica*, v.13, n.32, p. 156-170, 2019.

SOUZA, V.A.S. et al. Dinâmica do desmatamento na Amazônia e seus impactos na hidrologia: bacia do Rio Machadinho – Rondônia/Brasil. *Ciência Florestal*, v. 29, n. 3, p. 1004-1018, 2019. Disponível em: < https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982019000301004&script=sci_arttext>. Acesso em: 09 jun 2020.

SROGI, K. Mercury content of hair in different populations relative to fish consumption. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 189, 107-130, 2007.

SWEET, L.I.; ZELIKOFF, J.T. Toxicology and immunotoxicology of mercury: a comparative review in fish and humans. *Journal of Toxicology and Environmental Health- Part B: Critical Reviews*, v. 4, n. 2, p. 161-205, 2001.

TAYLOR, C.M. et al. A review of guidance on fish consumption in pregnancy: is it for purpose? *Public Health Nutrition*, v. 21, n. 11, p. 2149-2159, 2018.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Global Mercury Assessment 2013. Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport*. Geneva: UNEP, 2013. 44p. Disponível em: < <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7984/-Global%20Mercury%20Assessment-201367.pdf?sequence=3&isAllowed=y>> Acesso em: 24 mar. 2020.

_____. *Minamata Convention on Mercury*. Geneva: 2019. 72p. Disponível em: <http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/COP3-version/Minamata-Convention-booklet-Sep2019-EN.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2021.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Guidance on selecting age groups for monitoring and assessing childhood exposures to environmental contaminants*. Washington: 2005. 50p. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/2000D2JZ.PDF?Dockey=2000D2JZ.PDF>>. Acesso em: 02 abr 2020.

_____. *How people are exposed to mercury*. USA: EPA, 2015. Disponível em: <https://www.epa.gov/mercury/how-people-are-exposed-mercury#methylmercury> Acesso em: 01 abr. 2020.

_____. Risk assessment guidance for superfund. Volume I. Human Health Evaluation Manual (Part A). Washington: EPA, 1989. 291p.

US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES: ATSDR. *Toxicological Profile for Mercury*. Atlanta: US ATSDR, 1999. 676p. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf>> Acesso e: 02 abr. 2020.

VALDELAMAR-VILLEGAS, J.; OLIVERO-VERBEL, J. High Mercury Levels in the Indigenous Population of the Yaigojé Apaporis National Natural Park, Colombian Amazon. *Biological Trace Element Research*, v. 194, p. 3–12, 2020.

VEGA, C. et al. Human mercury exposure in Yanomami indigenous villages from the Brazilian Amazon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v.15, n. 6, p.1051, 2018.

VEIGA, M.M.; MEECH, J.A.; ONATE, N. Mercury pollution from deforestation. *Nature*, v. 368, p.815-6, 1994.

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. 2, p. 2071-2080, 2014.

VIEIRA, S. M., et al. Total and methyl-mercury in hair and milk of mothers living in the city of Porto Velho and in villages along the Rio Madeira, Amazon, Brazil. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 216, p. 682-689, 2013.

WANG, X. et al. Identifying a critical window of maternal metal exposure for maternal and neonatal thyroid function in China: A cohort study. *Environmental International*, v. 139, 2020.

WASSERMAN, J.C; HACON, S.; WASSERMAN, M.A. Biogeochemistry of mercury in the Amazonian environment. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 32, n. 5, p.336–342, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Elemental Mercury and Inorganic Mercury Compounds: Human Health Aspects*. Geneva: WHO, 2003. 176p. Disponível em:<<http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf> > Acesso em: 04 abr. 2020.

_____. *Environmental Health Criteria 101 – Methylmercury*. Geneva: WHO, 1990. 99p.

_____. *Indicators for Assessing Infant and Young Child Feeding Practices- Part 1 Definitions: Conclusions of a Consensus Meeting Held 6–8 November 2007 in Washington DC, USA*. Geneva: WHO, 2008. 26p. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43895/9789241596664_eng.pdf;jsessionid=DF123029DDDAC23AD9BF4BDA68A2F70?sequence=1> Acesso em: 15 abr. 2020.

_____. *International Program on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 86: Mercury – environmental aspects*, Geneva: WHO, 1989.

_____. *Mercury and health (Fact sheet No. 361)*, Geneva: WHO, 2017. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/en/>>. Acessado em: 09 abr. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION/UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (WHO/UNEP). *Guidance for Identifying Populations at risk from Mercury*

Exposure. Geneva: WHO/UNEP, 2008. 170 pp. Disponível em: <<https://www.who.int/foodsafety/publications/chem/mercuryexposure.pdf?ua=1>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

XIANG, H. et al. Protective effect of high zinc levels on preterm birth induced by mercury exposure during pregnancy: A birth cohort study in China. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v.55, pp., 71–77, 2019.

XUE, F. et al. Fischer, Maternal fish consumption, mercury levels, and risk of preterm delivery. *Environmental Health Perspectives*, v.115, n.1, p.42–47, 2007.

YOKOO, E.M. et al. Low level methylmercury exposure affects neuropsychological function in adults. *Environmental Health*, v. 2, 11p, 2003.

YU, Y. et al. Recommended acceptable levels of maternal serum typical toxic metals from the perspective of spontaneous preterm birth in Shanxi Province, China. *Science of the Total Environment*, v. 686, p. 599-605, 2019.

10. ANEXOS

10.1. ANEXO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Projeto: Avaliação de Populações Expostas a Chumbo, Arsênio, Cromo e Mercúrio no Estado de Rondônia

Estou sendo orientado (a) quanto ao estudo “Avaliação de Populações Expostas a Chumbo, Arsênio, Cromo e Mercúrio no Estado de Rondônia” cujos dados serão colhidos em mulheres e crianças residentes nos municípios de Porto Velho, Ariquemes e Itapuã do Oeste, Guajará-Mirim, Candeias em Rondônia. Este estudo tem por objetivo estudar a exposição ao chumbo, cromo, arsênio e mercúrio nas mulheres e crianças da comunidade. É importante que se estude o binômio mãe-filho, para sabermos se a contaminação é passada de mãe para filho e continuada por alimentos contaminados. Esta contaminação pode levar à problemas de saúde em crianças e adultos. O estudo será feito com perguntas de importância para o estudo da contaminação e análise dos seguintes materiais: cortes de pedaços de cabelo da mãe e criança, amostra leite materno, de sangue materno e do cordão umbilical. A pesquisa será realizada sem riscos para os participantes, uma vez que o exame clínico não machuca, o cabelo cresce de novo e será utilizado material descartável para coleta de sangue e do leite materno. Os materiais acima citados serão estudados na busca da quantidade de chumbo, cromo, arsênio e mercúrio no corpo. Os pesquisadores comprometem-se a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados, sejam eles favoráveis ou não.

Prof. Dra. Rejane Corrêa Marques
Centro de Toxicologia e Saúde Ambiental
Universidade Federal de Rondônia
Endereço: Br 364, km 9,5, Campus UNIR.
Porto Velho/RO - CEP 78912-190
TEL: +55 69 2182 2166/2168

Estou ciente de que não sou obrigada (o) a participar ou deixar nenhum familiar participar, e que posso desistir a qualquer momento da pesquisa. Concordo com o que foi dito, permitindo que meu filho (a) e eu participemos da pesquisa. E estou recebendo cópia deste papel assinado por mim e pela pesquisadora.

Nome da mãe e/ou responsável pela criança: _____

_____, _____ de _____ de 200__.

10.2. ANEXO 2

Questionário Para Mulheres e Recém-Nascidos

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA – UNIR
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP/RP**

**Projeto: Avaliação de Populações Expostas a Chumbo, Arsênio, Cromo e
Mercúrio no Estado de Rondônia**

Ficha n.º :.....

Data...../...../.....

MÃE

Nome:.....

Data de nascimento:/...../..... Idade:..... Lugar de nascimento:.....

Cor: Branca () Parda() Negra () Índia ()

Endereço Atual:.....

FONE:.....

Informante:.....

Pré-natal: sim () não () Início:..... Local:.....

Início dos movimentos fetais:..... Intensidade:.....

Intercorrências/Terapêutica:.....

Trabalho durante a gestação: () não () sim qual:

Tipo de parto: () normal () fórceps () cesárea: Indicação:.....

Data da Última Menstruação :/...../..... Idade gestacional (IG):semanas

Local do Parto:

RECÉM-NASCIDO

Sexo: () feminino () masculino

Condições do RN ao nascer: Índice de Apgar 1º minuto5º minuto.....

Peso:.....g Estatura:.....cm PC:.....cm PT:.....cm

Maturidade: () a termo () prematuro () pós-maturo

Classificação quanto ao peso: () AIG () PIG () GIG

Internação no berçário: () não () sim: quantos dias:

Intercorrências no berçário:.....

Malformação: () não () sim qual:

Observações:.....

Condições de alta do RN: () com a mãe () do berçário para o ambulatório () TFD

ANTECEDENTES FAMILIARES MATERNOS

Tipagem sanguínea: () O () A () B () AB Fator Rh: () Positivo () Negativo

Pais consanguíneos: () sim () não GPA:.....

Tipo de parto: normais _____ cesarianas _____ complicações:

() Natimortos () Prematuro () malformados tipo de malformações:.....

ANTECEDENTES PATOLÓGICOS MATERNOS:

()malária ()hepatite ()leishmaniose ()chagas ()amebíase ()esquistossomose ()sífilis ()toxoplasmose ()rubéola ()citomegalovírus ()HIV ()caxumba ()tuberculose ()diabetes
Outras:.....

GRAU DE INSTRUÇÃO (anos)..... Trabalhou em garimpo: não() sim(), de.....a
Renda mensal familiar: R\$..... Quanto tempo mora no endereço atual:.....
Quantas refeições faz por dia:..... Come peixe: ()não ()sim, quantidade:...../dia
Qual tipo:..... Procedência do peixe:
Usa carvão para cozinhar: ()não ()sim frequência:..... fogão interno ()sim () não
Usa medicamentos: ()não ()sim qual:.....quanto tempo:..... dose/dia:.....
Contato com substâncias praguicidas ou semelhantes: ()não ()sim Quais:.....
Uso de drogas narcóticas: () não ()sim tipo de droga:.....tempo de uso:.....
Utiliza algum tipo de xampu para lavar os cabelos: ()não ()sim, marca:.....
Tinge os cabelos: () não () sim, periodicidade:
Consome álcool: não () sim() Frequência: quantidade/dia:.....
tipo de bebida.....
Viagens ao exterior: () não ()sim : país.....período:.....

ANTECEDENTES DO PAI:

Saúde: ()normal ()com problemas quais:.....
Grau de instrução:.....anos Trabalhou em garimpo () não ()sim período:.....
Quantas refeições faz ao dia:..... Come peixe: () não ()sim quantidade p/dia:.....
Qual tipo:..... Procedência do peixe:.....
Usa medicamentos: () não ()sim Tipo:.....
Há quanto tempo usa:.....dose diária:.....
Alcoolismo: () não ()sim tipo de bebida:.....
Frequência:..... quantidade/dia:.....
Uso de drogas narcóticas: () não ()sim Qual:.....Tempo de Uso:.....

IRMÃOS DO RECÉM-NASCIDO:

Número total:..... Sexo e idade em ordem decrescente:

Saúde dos irmãos: ()boa ()com problemas, quais:.....

CONDIÇÕES DE MORADIA DA FAMÍLIA:

Situação: ()própria ()alugada ()de parentes () cedida Quantos moram na casa:.....
Tipo: ()madeira ()alvenaria ()enchimento ()em terreno alagado
Presença de Insetos e roedores: () não ()sim, qual:.....
Entra luz em todos os cômodos: ()sim () não
Destino das fezes: ()fossa seca ()enterrado ()céu aberto ()rio ()fossa negra
Abastecimento de água: ()rio ()encanada ()Poço ()torneira pública ()outra:.....

Avaliador:.....

10.3. ANEXO 3

Questionário para mulheres e crianças de 6 a 60 meses

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA – UNIR
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP/RP**

Projeto: Avaliação de Populações Expostas a Chumbo, Arsênio, Cromo e Mercúrio no Estado de Rondônia

Ficha n.º _____

Data ___/___/___

IDENTIFICAÇÃO

Nome: _____
 Data de nascimento: ___/___/___ Idade: _____ Sexo: () Masc () Fem
 Cor: Branca () Parda () Negra ()
 Lugar de nascimento: _____
 Endereço Atual: _____
 Nome da mãe: _____ Profissão: _____
 Nome do Pai: _____ Profissão: _____
 FONE: _____ Informante: _____

SAÚDE

História Vacinal:

Apresentou carteira: () sim () não, nunca foi vacinado

Vacinas	Datas/lotes					
BCG						
Anti-poliomielite						
DPT +Hib						
Anti-Hepatite B						
Anti-Sarampo						
Anti-Amarílica						
Tríplice Viral						
Rotavírus						
Anti-Rubéola						
Dt						
TT						
Antimeningocócica						
Antipneumocócica						
Anti-Rábica						
Outras						

Teve alguma reação não esperada após receber alguma vacina? () sim () não
 Se sim, qual (s)? () febre () choro incontrolável () convulsão () abscesso/enduração

()alergias ()encefalopatia ()outras: _____
Usou algum tipo de remédio: ()sim ()não) Qual: _____

DOENÇAS

()parasitoses intestinais ()catapora ()dengue ()hepatite () malária ()pneumonia
outras: _____

HISTÓRIA ALIMENTAR

Tempo de amamentação (meses): _____ N.º de refeições/dia: _____ Alimentos mais
freqüentes: _____

Come Peixe: () não () sim tipo de peixe: _____

Frequência do consumo de peixe: _____ Quantidade/dia: _____

EDUCAÇÃO

Nível de instrução do pai: _____ anos Nível de instrução da mãe: _____ anos

Renda Familiar: _____ A criança frequenta creche ou escola: () sim () não

Qual o meio de informação que dispõe: _____

Irmãos: número total:..... Sexo e idade em ordem decrescente:

Idade	Sexo

Saúde dos irmãos: ()boa ()com problemas Quais: _____

CONDIÇÕES DE MORADIA DA FAMÍLIA:

Casa: ()própria ()alugada ()de parentes ()madeira ()alvenaria
()enchimento ()em terreno alagado

Presença de insetos e roedores:()não ()sim, qual: _____

Quantos moram na casa: _____ Entra luz em todos os cômodos: ()sim ()não

Destino das fezes: ()fossa seca ()enterrado ()céu aberto ()rio () fossa negra

Abastecimento de água: ()rio ()encanada ()Poço ()torneira pública ()outra: _____

EXAME FÍSICO:

Peso: _____ Altura: _____ PC: _____

Idade que começou a andar: _____ Idade que começou a falar: _____

Outros achados: _____

DESENVOLVIMENTO NEUROPSICOMOTOR DA CRIANÇA:

Impressão diagnóstica: _____

Avaliador: _____