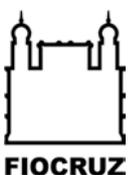




**AVALIAÇÃO DA
EXPOSIÇÃO AMBIENTAL AO
MERCÚRIO PROVENIENTE
DE ATIVIDADE GARIMPEIRA
DE OURO NA TERRA
INDÍGENA YANOMAMI,
RORAIMA, AMAZÔNIA,
BRASIL**



Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)
Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP)
Rua Leopoldo Bulhões, 1480, Manguinhos, Rio de Janeiro, RJ - CEP 21041-210
Telefones: (021) 2598-2683/2654.
E-mail: endemias@ensp.fiocruz.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ)
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea, Rio de Janeiro, RJ - Cx. Postal: 38097
Telefones: (021) 3527-1001.

Instituto Socioambiental (ISA)
Av. Higienópolis, 901, sala 30, Higienópolis, São Paulo, SP - CEP 01238-001
Telefone: (011) 3515-8900.
E-mail: isa@socioambiental.org

Hutukara Associação Yanomami (HAY)
Rua Capitão Bessa, 143, São Pedro, Boa Vista, RR - CEP: 69306-620
Telefone: (095) 3224-6767.
E-mail: hutukara@yahoo.com.br

Associação do Povo Ye'kwana do Brasil (APYB)
Rua Cerejo Cruz, 196, Centro, Boa Vista, RR - CEP: 69301-060
Telefones: (095) 99127-5882 e 99146-3165.
E-mail: povoyekuana@gmail.com

Fotos da capa (sentido horário): (1) Davi Kopenawa entregando para a Relatora Especial sobre Direitos Indígenas da ONU, Ms. Victoria Tauli Corpus, cópia do diagnóstico sobre contaminação por mercúrio na Terra Indígena Yanomami, março de 2016. Marcos Wesley de Oliveira | ISA; (2) pesquisadora da Fiocruz coletando de cabelo na aldeia de Aracaçá, novembro de 2014. Marcos Wesley de Oliveira | ISA; (3 e 4) equipe da Fiocruz coletando dados antropométricos na aldeia Konapi, novembro de 2014. Marcos Wesley de Oliveira | ISA; (5) balsa de garimpo no rio Uraricoera, dezembro de 2015. Guilherme Gnipper | Funai.

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AMBIENTAL AO MERCÚRIO PROVENIENTE DE ATIVIDADE GARIMPEIRA DE OURO NA TERRA INDÍGENA YANOMAMI, RORAIMA, AMAZÔNIA, BRASIL¹

Equipe

Coordenação: Paulo Cesar Basta, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz (ENSP/Fiocruz)*

Vice-coordenação: Sandra de Souza Hacon, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz (ENSP/Fiocruz)

Claudia Maribel Vega Ruiz, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz (ENSP/Fiocruz)

José Marcos Godoy, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC/RJ)

Rodrigo Araujo Gonçalves, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC/RJ)

Marcos Wesley de Oliveira, Instituto Socioambiental (ISA)

Ana Maria Machado, Instituto Socioambiental (ISA)

Helder Perri Ferreira, Instituto Socioambiental (ISA)

Davi Kopenawa Yanomami, Hutukara Associação Yanomami (HAY)

Reinaldo Wadeyuna Ye'kwana, Associação do Povo Ye'kwana do Brasil (APYB)

Jesem Douglas Yamall Orellana, Centro de Pesquisa Leônidas e Maria Deane, Fundação Oswaldo Cruz (CPqLMD/Fiocruz)

Cristiano Lucas de Menezes Alves, Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

Maurício Caldart, Secretaria Estadual de Saúde do Estado de Roraima (SESAU/RR)

* pcbasta@ensp.fiocruz.br

¹ Relatório parcial elaborado em 22 de março de 2016. Sujeito à modificações.

RESUMO

Introdução: Atualmente, uma das principais fontes de contaminação ambiental por mercúrio são os garimpos de ouro. O mercúrio é um metal pesado que se deposita no organismo humano e seus compostos têm como alvos primários de toxicidade os sistemas nervoso central, urinário e cardiovascular. No Brasil, a partir da década de 1980 a contaminação por mercúrio ganhou destaque na região Amazônica, sobretudo em áreas de influência de garimpos de ouro. Apesar de alguns estudos já terem demonstrado a presença de elevados níveis de mercúrio e suas consequências negativas à saúde entre populações nativas da Amazônia, pouco se sabe sobre a contaminação no Estado de Roraima, sobretudo na Terra Indígena Yanomami.

Objetivo: Avaliar a exposição de grupos indígenas ao mercúrio (Hg) proveniente de atividade garimpeira de ouro na Terra Indígena Yanomami, Roraima, Amazônia, Brasil.

Métodos: Realizou-se um estudo seccional no período de 16/11/2014 a 03/12/2014, nas aldeias da região de Papiú e Waikás, no estado de Roraima, onde residem indígenas das etnias Yanomami e Ye'kuana. Após consentimento livre e esclarecido, foram coletadas amostras de cabelo de crianças e adultos, com enfoque em menores de 5 anos e mulheres em idade reprodutiva. Foi efetuada análise de Hg total em amostras de cabelo no Laboratório de química da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Embora não existam limites seguros para exposição ao Hg, utilizamos como parâmetros de referência o indicador da Organização Mundial de Saúde (OMS) que considera que níveis acima de $6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ podem trazer sérias consequências à saúde, principalmente a grupos vulneráveis.

Resultados: Foram observados diferentes níveis de exposição ao Hg entre as duas regiões estudadas. Na região do Paapiú a mediana foi $3,2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, enquanto na região de Waikás foi $5,0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Concentrações alarmantes de Hg foram registradas na aldeia de Aracaça, na região de Waikás, situada próximo à área de garimpo, onde a mediana foi $15,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, sendo $6,8 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ nas crianças menores de 5 anos e $16,0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ nas mulheres em idade reprodutiva. A prevalência de níveis de Hg no cabelo $>6,0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ foi 4,9%, 25,0% e 66,6%, entre as crianças <5 anos do Paapiú, entre os Ye'kuana de Waikás e entre os Yanomami de Aracaça, respectivamente (p -valor=0,011). Já entre os adultos, a prevalência de níveis de Hg no cabelo

>6,0 µg.g-1 foi 9,3% no Paapiú, 31,6% entre os Ye'kuana de Waikás e 100,0% entre os Yanomami de Aracaça (p-valor<0,000). Nessa localidade, praticamente a totalidade dos indígenas avaliados apresentaram níveis elevados de Hg no cabelo.

Recomendações: Dado que o Brasil é signatário da Convenção de Minamata, nossa principal recomendação é interromper imediatamente a atividade garimpeira na área investigada. Elevados níveis de contaminação por mercúrio foram revelados, principalmente em crianças e mulheres em idade reprodutiva, fato que gera uma ameaça permanente à saúde da população que habita a Terra Indígena Yanomami. Sob o ponto de vista ambiental, é necessário estabelecer um plano de monitoramento para identificar as principais fontes de exposição e aprofundar as análises nos corpos d'água a fim de produzir um mapa de risco para orientar a população. Sob o ponto de vista coletivo, é necessário promover um diagnóstico situacional sobre as condições gerais de saúde da população que vive nas áreas de abrangência dos garimpos, incluindo análise do perfil alimentar e nutricional e avaliação da carga de outras morbidades. Sob o ponto de vista individual, é necessário realizar avaliação clínico-neurológica para os indígenas que apresentaram os mais altos níveis de contaminação por mercúrio, priorizando as crianças. Somente dessa maneira poder-se-á avaliar a extensão dos potenciais danos à saúde individual e coletiva aos indígenas investigados e vislumbrar-se-á um cenário mais realista na Terra Yanomami.

Palavras-chave: *saúde indígena, contaminação ambiental por mercúrio, saúde ambiental, vigilância em saúde*

ABSTRACT

Introduction: Currently, one of the main anthropogenic sources of environmental mercury contamination are artisanal gold mining activities. Mercury is a heavy metal able to entrance the human body and its compounds have as primary toxicity target the central nervous, urinary and cardiovascular systems. In Brazil, since the early 1980s mercury contamination has being highlighted in the Amazon region, especially in areas affected by artisanal gold mining. Despite of some studies in human had already demonstrated the presence of high levels of mercury and its negative health consequences among native Amazonian populations, little is known about the contamination in Roraima state, especially in the Yanomami's Indigenous Reservation.

Objective: To evaluate Hg exposure of indigenous groups in the Yanomami Indigenous Reservation, Roraima, Brazilian Amazon.

Methods A cross-sectional study about environmental Hg exposure was conduct from November 16th to December 3rd of 2014, in the villages of Papiu and Waikás region in Roraima state, where indigenous of the Yanomami and Ye'kuana ethnicities lives. After informed consent being signed by the participant, hair samples were collected from children and adults. The vulnerable was emphasized on children less than 5 years old and women in reproductive age. Determination of total Hg in hair samples was carried by the laboratory of chemistry at the Catholic University of Rio de Janeiro. Although there are no safe limits for Hg exposure in human it was adopted as a reference value as the World Health Organization (WHO) recommendation, which considers that levels above $6 \mu\text{g.g}^{-1}$ represent a high risk of serious health consequences, particularly for vulnerable groups.

Results: There were different levels of exposure to Hg between the two regions studied. In Paapiu region median was $3.2 \mu\text{g.g}^{-1}$, while in Waikás region was $5.0 \mu\text{g.g}^{-1}$. Alarming concentrations were registered in the Aracaça's village, which is located near the artisanal gold mining, in the region of Waikás, which presented median Hg levels of $15.5 \mu\text{g.g}^{-1}$, being $6.8 \mu\text{g.g}^{-1}$ in children under 5 years and $16.0 \mu\text{g.g}^{-1}$ in reproductive age women. The prevalence of Hg levels in hair $> 6.0 \mu\text{g.g}^{-1}$ was 4.9%, 25.0% and 66.6% among children <5 years of Paapiú, between Ye'kuana of Waikás and among the Yanomami from the Aracaça, respectively (p-value = 0.011). Among adults, the prevalence of hair Hg levels $> 6.0 \mu\text{g.g}^{-1}$ was 9.3% in Paapiú, 31.6% among Ye'kuana of Waikás and 100.0% in the Yanomami

from Aracaça (p-value <0.000). In the latter location, most of the evaluated Indians showed high levels of hair Hg.

Recommendations: Given that Brazil is a signatory of the Minamata Convention, our main recommendation is to stop immediately artisanal gold mining activities, as it is the main source of Hg exposure in the investigated area. High mercury contamination levels were observed among the indigenous communities studied, especially in children and women of reproductive age. Mercury exposure represents a permanent threat to the health of the population that inhabits the Yanomami Reservation. From an environmental point of view, it is necessary to establish a monitoring plan to identify the main sources of Hg exposure through the analysis of aquatic resources, in order to produce a risk map to the population awareness. Under the collective point of view, it is necessary to promote a health assessment of the population living in areas under the influence of gold mining activities, including food analysis, nutrition profile and assessment of other morbidities burden. From the individual point of view, it is necessary to perform clinical and neurological evaluation to the indigenous people who had the highest levels of Hg contamination, giving priority to children and pregnant women. Only in this way the authorities will be able to assess the extent of the damage to individual and collective health to indigenous investigated and to provide a realistic scenario to Yanomami population.

Keywords: *indigenous health, environmental mercury contamination, environmental health, health surveillance*

SUMÁRIO

Introdução	1
Objetivo	4
Materiais e Métodos	5
<i>Desenho de estudo</i>	5
<i>População de estudo</i>	5
<i>Área de estudo</i>	5
<i>Coleta de dados</i>	7
<i>Procedimentos laboratoriais</i>	8
<i>Análise de Dados</i>	9
<i>Aspectos Éticos</i>	10
Resultados e Discussão	11
<i>Resultados das concentrações de Hg total nas amostras de cabelo</i>	12
<i>Resultados das concentrações de Hg total nas amostras de peixe</i>	18
Conclusões	19
Recomendações	22
Agradecimentos	23
Apoio Financeiro	24
Referências Bibliográficas	25
Anexos	29

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

- Gráfico 1: Distribuição dos níveis de Hg total ($\mu\text{g.g}^{-1}$) nas amostras de cabelo coletadas entre os Yanomami de Paapiú, entre Ye'kuana de Waikás e entre os Yanomami de Waikás, de acordo com os parâmetros de referência da EPA ($1,0\mu\text{g.g}^{-1}$) e OMS ($6,0\mu\text{g.g}^{-1}$), Terra Indígena Yanomami, Roraima, 2014. 13
- Tabela 1: Concentrações de Hg total ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em amostras de cabelo de crianças e adultos indígenas, segundo Polo Base, Terra Indígena Yanomami, Roraima, 2014. 14
- Tabela 2: Níveis de Hg no cabelo ($\mu\text{g.g}^{-1}$), de acordo com faixa etária, Polo Base e etnia, segundo o parâmetro de referência da OMS (aceitável $<6,0\mu\text{g.g}^{-1}$ e alto risco $\geq 6,0\mu\text{g.g}^{-1}$), Terra Indígena Yanomami, Roraima, 2014. 15
- Tabela 3: Aldeias amostradas no Polo Base de Paapiú, com medidas de tendência central (mediana) e dispersão (mínimo e máximo) dos níveis de Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$) total no cabelo, Terra Indígena Yanomami, Roraima, 2014. 16
- Tabela 4: Aldeias amostradas no Polo Base de Waikás, com medidas de tendência central (mediana) e dispersão (mínimo e máximo) dos níveis de Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$) total no cabelo, Terra Indígena Yanomami, Roraima, 2014. 17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização das aldeias do Polo Base Paapiú	6
Figura 2: Localização das aldeias do Polo Base Waikás	6
Figura 3. Coleta de amostras de cabelo, aldeia Maloca Nova, região de Waikás, povo Ye'kwana, Terra Indígena Yanomami, novembro de 2014.	7
Figura 4: Coleta de amostras de peixes, posto Papiú, Terra Indígena Yanomami, novembro de 2014.	7
Figura 5. Coleta de assinatura no termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), aldeia Konapi, povo Yanomami, Terra Indígena Yanomami, novembro de 2014.	7
Figura 6. Devolução das amostras de cabelo, posto Papiú, povo Yanomami, Terra Indígena Yanomami, março de 2016.	10
Figura 7. Laudo individual.	10
Figura 8. Apresentação dos resultados do diagnóstico na Maloca Velha, região de Waikás, utilizando banners traduzidos para a língua ye'kwana, março de 2015.	10
Figura 9: Garimpo nas proximidades da comunidade Aracaça, rio Uraricoera, Terra Indígena Yanomami, dezembro de 2015.	17

SIGLAS E ABREVIATURAS

ANVISA: Agencia Nacional de Vigilância Sanitária

EPA: Agencia de Proteção Ambiental Americana (*Environmental Protection Agency*)

CAAE: Certificado de Apresentação para Apreciação Ética

CASAI: Casa de Apoio à Saúde do Índio

CEP: Comitê de Ética em pesquisa

CONEP/CNS/MS: Comissão Nacional de Ética em Pesquisa do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde

CVAAS: Técnica de Absorção atômica

DSEI-Y: Distrito Sanitário Especial Indígena Yanomami

EPA: Agência de Proteção Ambiental Americana

HAY: Hutukara Associação Yanomami

Hg: Mercúrio

ICP-MS: Espectrometria de Massas com fonte Indutivamente Acoplado

ISA: Instituto Socioambiental

NIES: *National Institute for Environmental Studies*

NRC: *National Research Council*

OMS: Organização Mundial da Saúde

ONU: Organização das Nações Unidas

SESAI: Secretaria Especial de Saúde Indígena

SISVAN: Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional

STF: Supremo Tribunal Federal

TCLE: Termo de consentimento livre e esclarecido

TI: Terra Indígena

INTRODUÇÃO

As relações causais entre mudanças ambientais e/ou climáticas e a saúde humana são complexas e englobam diversos fatores. Os efeitos dessa interação geralmente são indiretos, não lineares e deslocados no tempo e no espaço (ONU, 2013). A interação entre o homem e a natureza, também conhecida como atividade antrópica ou antropogênica², pode gerar impactos negativos e produzir efeitos catastróficos sobre a organização social, política e econômica em uma determinada região. Pode causar ainda efeitos nocivos à saúde humana e trazer prejuízos vultosos à vida dos cidadãos. No Brasil, um exemplo emblemático recente de contaminação ambiental é o caso do rompimento das barragens de rejeitos da mineradora Samarco, em Mariana/MG, e o rastro de mortes e destruição que se seguiu e que ainda afeta a vida de centenas de famílias (<https://www.socioambiental.org/pt-br/blog/blog-do-ppds/dalama-ao-caos-o-pais-que-nao-queremos>).

O desastre ocorrido na baía de Minamata no Japão, na década de 1950, é outro caso emblemático e internacionalmente conhecido. Naquela região, centenas de pessoas morreram e/ou apresentaram consequências graves, que incluíam distúrbios neurológicos sensitivos e motores, devido à contaminação por mercúrio (<http://cienciahoje.uol.com.br/especiais/rastros-do-mercurio/passado-e-tragedia>). A partir dessa catástrofe, a comunidade científica incluiu em sua pauta de estudo as consequências do mercúrio à saúde humana.

Atualmente, uma das principais fontes de contaminação ambiental por mercúrio são os garimpos de ouro. O mercúrio inorgânico utilizado na mineração geralmente é descartado, sem nenhum controle ou tratamento prévio nos corpos d'água. No leito dos rios, em contato com microrganismos, o mercúrio inorgânico passa por um processo biológico (metilação), originando o metilmercúrio que é uma das formas mais tóxicas do metal. O metilmercúrio, por sua vez, pode ser acumulado em microrganismos aquáticos, se concentrar em seres vivos situados nos níveis tróficos superiores da cadeia alimentar e ampliar o espectro calamitoso da contaminação. As concentrações mais altas de metilmercúrio geralmente são encontradas em peixes carnívoros e em outros predadores aquáticos. Devido a esse processo, atualmente

²Atividade antrópica caracteriza-se pela ocupação de áreas nativas pelo homem e a decorrente exploração dos recursos naturais. Isto ocasiona pressões que podem exceder a capacidade de suporte e de regeneração dos ecossistemas naturais, contribuindo para o seu desequilíbrio e ocasionando impactos negativos ao ambiente e às pessoas.

reconhece-se que o consumo de peixes constitui uma das principais fontes de exposição humana ao metilmercúrio, sobretudo em populações ribeirinhas e em grupos que tem como base da alimentação o pescado (Malm, *et al.*, 1995; Clarkson & Magos, 2006; Bastos, *et al.*, 2006; Passos & Mergles, 2008).

O mercúrio e seus compostos têm como alvos primários de toxicidade nos seres humanos os sistemas nervoso central, urinário e cardiovascular. Além disso, os sistemas respiratório, gastrointestinal, hematopoiético, imunológico e reprodutivo também podem ser afetados. O metilmercúrio também é capaz de atravessar as barreiras hematoencefálica e placentária, convertendo mulheres em idade reprodutiva, fetos e crianças menores de dois anos em grupos mais vulneráveis aos efeitos deletérios do metilmercúrio (ATSDR, 1999; WHO, 2008).

Em decorrência destes fatos, a contaminação ambiental por agentes químicos se tornou uma das principais preocupações da comunidade internacional, especialmente devido aos potenciais efeitos nocivos à saúde das pessoas. Em resposta a essas preocupações, medidas para avaliar e gerenciar os riscos aos seres humanos e aos ecossistemas são atualmente uma exigência da sociedade. Nesse contexto, a Organização Mundial da Saúde (OMS) apoia o desenvolvimento de estudos e pesquisas que buscam compreender, avaliar e gerenciar riscos ambientais e aconselha a formulação de políticas de vigilância direcionadas à preservação do meio ambiente e da saúde humana.

Como parte desses esforços, foi assinado um tratado global para proteger a saúde humana e o ambiente dos efeitos adversos do mercúrio, na quinta sessão do Comitê Intergovernamental de Negociação das Nações Unidas, em Genebra, Suíça, em 2013 (<http://www.mercuryconvention.org/Convention/tabid/3426/Default.aspx>). Como resultado desse tratado nasceu a **Convenção de Minamata** sobre Mercúrio (http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/Minamata%20Convention%20on%20Mercury_booklet_English.pdf) (ONU, 2013). O principal objetivo da convenção é proteger a saúde humana e o meio ambiente de emissões antropogênicas e liberação de mercúrio e seus componentes na natureza. Para atingir esse objetivo é necessário medidas que incluem a proibição da abertura de novas fontes de mercúrio, a eliminação progressiva das já existentes, medidas de controle sobre as emissões

atmosféricas, e a regulamentação internacional sobre o setor informal da mineração artesanal e de ouro em pequena escala.

No Brasil, estudos iniciados a partir da década de 1980 já apontavam a contaminação por mercúrio como um problema emergente na região Amazônica, sobretudo em áreas de influência de garimpos de ouro (Akagi *et al.*, 1995; Barbosa *et al.*, 1997; Gonçalves, 1993; Lacerda *et al.*, 1991; Santos *et al.*, 2000; Tumpling *et al.*, 1995; Cleary *et al.*, 1994). Apesar de alguns estudos já terem demonstrado a presença de elevados níveis de mercúrio e suas consequências negativas à saúde entre populações nativas da Amazônia, pouco se sabe sobre os efeitos da contaminação por mercúrio no Estado de Roraima, sobretudo na Terra Indígena Yanomami.

Naquela região, a mineração de ouro começou a se estabelecer a partir da década de 1980, ocasionando além de contaminação ambiental por mercúrio, a desestruturação de inúmeras aldeias, o esgotamento de recursos naturais da fauna e da flora, surtos de malária marcados por alta letalidade, entre outros agravos e problemas sociais que incluem alcoolismo, prostituição e toda sorte de delitos (Kopenawa & Albert, 2015; Albert & Miliken, 2009; Pithan *et al.*, 1991; Ramos, 1987). No rastro da invasão garimpeira na Terra Yanomami um episódio extremamente traumático foi registrado em 1993, quando 22 garimpeiros invadiram a comunidade Haximu, na serra Parima (próxima à fronteira com a Venezuela) em Roraima, e executaram 16 indígenas, incluindo mulheres, crianças e idosos. A chacina, que ficou conhecida como Massacre de Haximu, deixou marcas profundas na população (http://pib.socioambiental.org/files/file/PIB_verbetes/yanomami/massacre_haximu.pdf) e foi considerada como crime de genocídio pelo Supremo Tribunal Federal (STF) em 2006 (<http://cartamaior.com.br/?/Editoria/Direitos-Humanos/Justica-confirma-Massacre-de-Haximu-em-Roraima-como-genocidio/5/11021>).

Após a divulgação desse crime brutal, houve uma grande mobilização internacional em torno do problema do garimpo ilegal na Terra Yanomami, que culminou com a explosão de várias pistas de pouso clandestinas e a expulsão de milhares de garimpeiros no final da década de 1990. Todavia, lamentavelmente a onda de invasão garimpeira ao território dos indígenas nunca se interrompeu.

Segundo dados do Instituto Socioambiental (ISA), existem no Brasil informações sobre 104 processos titulados e 4.116 interesses de mineradoras que incidem sobre 152 Terras Indígenas (disponível em <http://blog.socioambiental.org/pt-br/noticias-socioambientais/isa-lanca-publicacao-atualizada-sobre-mineracao-em-terras-indigenas-na>, acessado em 22/05/2013).

A falta de esclarecimento sobre os impactos ao meio ambiente e às comunidades tradicionais é a principal razão para os indígenas rejeitarem a mineração em suas terras. Dados contidos no sítio da Hutukara Associação Yanomami (HAY), na internet, informam que mais de 50% dos pedidos para pesquisa mineral em terras indígenas no Estado de Roraima são para explorar a Terra Indígena (TI) Yanomami (<http://www.hutukara.org/indigenas-lancam-campanha-contramineracao-e-construcao-23de-hidreletricas.html>).

Diante dessa ameaça, a HAY por intermédio de seu presidente Davi Kopenawa, solicitou apoio à Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) para avaliar a extensão da contaminação por mercúrio na TI Yanomami (Anexo 1). Segundo o documento encaminhado:

“...nós da Hutukara Associação Yanomami queremos convidar a Fiocruz para realizar um trabalho de pesquisa junto com a nossa associação para verificar se os Yanomami estão contaminados pelo mercúrio utilizado pelos garimpeiros que invadem a nossa terra.

São muitos os garimpeiros que trabalham ilegalmente em nossos rios e além do desastre ambiental e social que causam, nós desconfiamos que o nosso povo está sendo envenenado com o mercúrio utilizado pelos garimpeiros.”

Ao receber esse irrecusável pedido de auxílio, nosso grupo de pesquisa elaborou o presente projeto que teve o objetivo de avaliar a exposição de grupos indígenas ao mercúrio proveniente de atividades de mineração de ouro, na Terra Indígena Yanomami, Roraima, Amazônia, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho de estudo

Realizou-se um estudo seccional nas aldeias da região de Paapiú e Waikás (Figuras 1 e 2), no período de 16/11 a 03/12/2014.

População de estudo

Os Yanomami são grupos indígenas considerados caçadores-coletores e agricultores de coivara que habitam a floresta tropical. Ocupam um território que se estende do maciço das Guianas, em ambos os lados da fronteira entre o Brasil (Bacias do Alto Rio Branco e margem esquerda do Rio Negro) e a Venezuela (Bacias do Alto Orinoco e Cassiquiare), numa área que compreende 192 mil Km² (N 00°57'16,390" e W 62°44'14,414").

No Brasil, a assistência à saúde dos Yanomami está sob responsabilidade do Distrito Sanitário Especial Indígena Yanomami, vinculado à Secretaria Especial de Saúde Indígena do Ministério da Saúde (DSEI-Y/SESAI/MS). O DSEI-Y é subdividido em 37 Polos Base (considerados como unidades básicas de saúde) e presta assistência a 21.627 indígenas das etnias Yanomami e Ye'kuana, distribuídos em 258 aldeias entre os estados do Amazonas e Roraima (Fonte: Mapa Território e Comunidades Yanomami Brasil-Venezuela 2014 | ISA, HAY, HOY e Wataniba).

Área de estudo

O presente estudo foi realizado em duas áreas de abrangência, localizadas no interior da Terra Indígena Yanomami, no estado de Roraima, que correspondem aos Polos Base de Papiú, onde residem apenas indígenas Yanomami (Figura 1); e de Waikás, onde residem Yanomami e Ye'kuana (Figura 2). As aldeias da região do Papiú situam-se às margens do rio Mucajá e as aldeias da região de Waikás, às margens do rio Uraricoera. Essas regiões foram selecionadas por solicitação da Hutukara Associação Yanomami (HAY) devido à crescente invasão de garimpeiros. Portanto não houve procedimentos probabilísticos para seleção das aldeias que integraram o estudo.

Figura 1: Localização das aldeias do Polo Base Paapiú

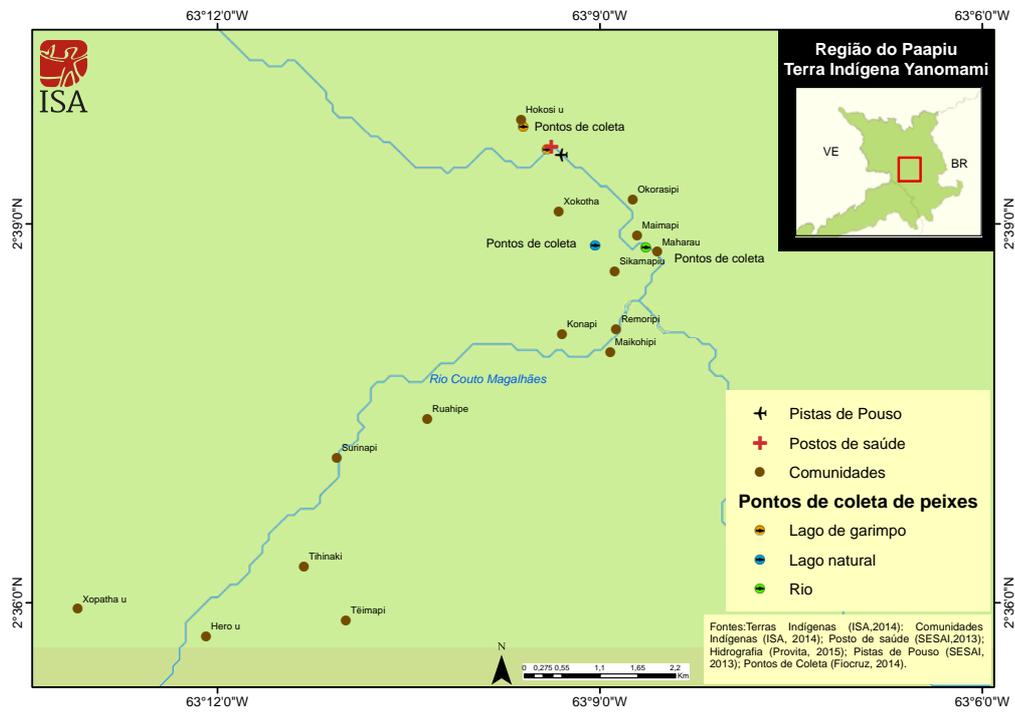
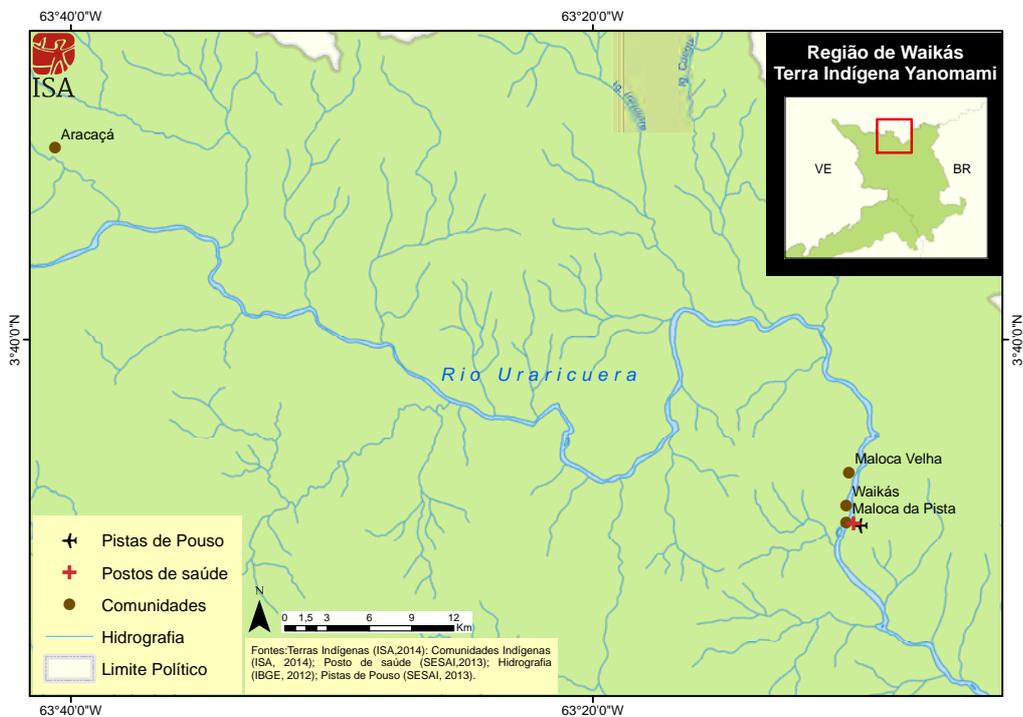


Figura 2: Localização das aldeias do Polo Base Waikás



Coleta de dados

Nossa equipe obteve junto ao Distrito Sanitário Especial Indígena Yanomami uma listagem que continha o censo populacional das aldeias que faziam parte dos Polos Base de Paapiú (*Teperesiki, Hokosi-u, Konapi, Mahaara-u, Maikohipe, Maimapi, Okorasipi, Remoripe, Ruahipe, Sikamabi-u, Surinapi, Taimopi, Tihinaki, Xokota, Xopataú*) e Wiakás (*Aracaça, Maloca da Pista, Maloca Nova, Maloca Velha*).

Com base nessa listagem e com apoio de intérpretes e/ou tradutores foi possível identificar os grupos prioritários de interesse para avaliação, a saber: crianças e mulheres em idade reprodutiva e adultos (homens ou mulheres) com alguma história de contato com atividades garimpeiras de ouro na Terra Indígena, doravante denominados sujeitos de pesquisa.

Uma vez selecionados os sujeitos, nossa equipe realizou uma entrevista inicial para coleta de algumas variáveis individuais, incluindo nome, sexo, idade e local de residência. Em seguida, foram coletadas amostras de cabelo, a partir da raiz capilar (Figura 3).

Além das amostras de cabelo, foram coletadas algumas amostras de peixes, habitualmente consumidos pela população, em locais indicados pela própria comunidade (Figura 4).

A participação dos sujeitos no estudo foi totalmente voluntária. Somente após esclarecimento acerca dos objetivos e métodos empregados no trabalho e mediante anuência/concordância em participar, registrada no termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) por meio de assinatura ou impressão digital, é que foi realizada a coleta do material biológico (Figura 5). Para esse fim, o TCLE foi elaborado em português para guiar a equipe de pesquisa e na língua Yanomami para esclarecer os indígenas acerca dos procedimentos empregados. A tradução do TCLE ocorreu com apoio de professores indígenas Yanomami e de antropólogos que atuam no Instituto Socioambiental. No caso de coleta de dados em crianças, o responsável pela família assinou ou deixou sua impressão digital no termo de consentimento autorizando a participação da criança.

Procedimentos laboratoriais

Determinação de Hg no cabelo

As amostras de cabelo foram submetidas à digestão ácida com HNO₃ ultrapuro a temperatura ambiente por 12 horas. Posteriormente as amostras foram aquecidas a 80°C até a completa dissolução do material. Em seguida, foi adicionada água ultrapura às amostras e o material foi levado à análise. A determinação de mercúrio total foi realizada pelo método da Espectrometria de Massas com fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS), Agilent Technologies 7500 CX (Ruiz, 2015).

Determinação de Hg em peixes

As amostras de peixe foram digeridas em solução ácida (H₂SO₄: HNO₃ 1:1 e V₂O₅ 0,1%) e aquecidas a 80°C até a completa dissolução. Posteriormente, foi adicionada uma solução de 5% (m/v) KMnO₄ até a permanência da coloração violácea. As determinações foram realizadas pela técnica de absorção atômica com geração de vapor frio (CV AAS), no equipamento modelo Perkin-Elmer 3300 (Campos, 1980).

A fim de verificar a qualidade analítica dos métodos empregados, foram realizadas diariamente leituras de brancos e curva de calibração externa. A exatidão foi avaliada mediante análise de materiais de referência certificados. A recuperação do material de referência foi acima de 87% para cabelo humano certificado (CRM n° 13, do Instituto Nacional de Estudos Ambientais do Japão – *National Institute for Environmental Studies, NIES, Japon*) e acima de 90% para proteína de peixe certificada (DORM-2 do *National Research Council, NRC, Canada*).

Todas as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório do Departamento de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, que tem como responsável técnico o engenheiro Rodrigo Araújo Gonçalves.

O cabelo é considerado como principal biomarcador em estudos de exposição ao mercúrio em populações que tem como base de sua dieta o pescado (Malm *et al.*, 1995). Além disso, representa uma amostra biológica de relativamente simples coleta e pouco invasiva aos sujeitos de pesquisa. A literatura internacional reporta que aproximadamente

10 % do metilmercúrio excretado pelo corpo humano pode ser detectado em amostras de cabelo (Clarkson & Magos, 2008).

Os resultados foram expressos em microgramas de Hg total por grama de cabelo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Embora não existam limites seguros para exposição ao Hg, os valores obtidos foram comparados aos valores de referências reportados na literatura. Utilizamos como parâmetros de comparação os indicadores da Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA) e da Organização Mundial de Saúde (OMS) que consideram limites aceitáveis abaixo de $1,0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ e $6,0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente (WHO 1972,1989,2008; ATSDR 1999).

Em relação aos parâmetros de referência para as concentrações de mercúrio presentes no pescado utilizado na alimentação, o *Codex Alimentarius* (FAO/WHO, 2010) recomenda que os níveis de metilmercúrio que não ultrapassem $0,5 \text{ mg/kg}$ em peixes não-predadores e $1,0 \text{ mg/kg}$ em peixes predadores. No Brasil, os níveis estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (Brasil, 1998) são concordantes com as diretrizes da OMS.

Análise dos dados

Com o objetivo de melhor compreender a dinâmica de exposição ao mercúrio na área em estudo, foram realizadas análises descritivas das concentrações de mercúrio total nas amostras de cabelo estudadas, comparando os resultados dentro das áreas de abrangência dos Polos Base e entre as aldeias investigadas.

Foram calculadas medidas de tendência central (média, mediana) e dispersão (desvio padrão e variância), assim como a proporção de sujeitos contaminados, segundo aldeias e Polos Base. Foram empregados testes não paramétricos (coeficiente de *Spearman* e teste de *Mann-Whitney*) para comparar os níveis de mercúrio observados. Para análise dos dados demográficos foram utilizados o teste de qui-quadrado de *Pearson* para comparar proporções e o teste t para comparar médias. Os dados foram apresentados graficamente, por meio de gráfico de caixas (*boxplot*) para melhor elucidar os resultados.

A análise dos dados e a elaboração de gráficos foram executadas com auxílio dos softwares *Statistical Package for Social Science* (SPSS), versão 16, e *Microsoft Excel*, respectivamente. Para a elaboração dos mapas temáticos foi utilizado o software ArcGIS 9.2.

Aspectos Éticos

Atendendo as recomendações da Resolução Nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, este protocolo de pesquisa foi submetido à avaliação ética pelo Sistema CEP/CONEP, recebendo Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) Nº 25650713.2.0000.5240.

Este projeto recebeu pareceres favoráveis à sua execução do Comitê de Ética em Pesquisa da Escola Nacional de Saúde Pública/Fundação Oswaldo Cruz (CEP/ENSP/Fiocruz) Nº 974.911 e da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde (CONEP/CNS/MS) Nº835.431.

Todos os dados fornecidos pelos sujeitos da pesquisa, assim como as informações relativas às análises das amostras de cabelo estão preservados sob sigilo.

Informamos que após o processamento no laboratório, as amostras de cabelo restantes foram devolvidas para os sujeitos da pesquisa em suas aldeias de residência (Figura 6). Por fim, os sujeitos da pesquisa receberam laudos individuais contendo os resultados dos níveis de mercúrio encontrados nas amostras de cabelo e instruções para sua interpretação (Figura 7), assim como uma visita de nossa equipe para retorno de resultados e esclarecimento de dúvidas (Figura 8).

Este relatório foi entregue à representante dos povos indígenas da Organização das Nações Unidas (ONU), ao presidente da Fundação Nacional do Índio (FUNAI) do Ministério da Justiça, ao vice-presidente do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) do Ministério do Meio Ambiente, à 6ª Câmara do Ministério Público Federal da Procuradoria Geral da República e ao Secretário Especial de Saúde Indígena do Ministério da Saúde.

Informações detalhadas sobre os resultados dos exames aqui realizados foram entregues para ciência à coordenação do Distrito Sanitário Especial Indígena Yanomami da Secretaria Especial de Saúde Indígena do Ministério da Saúde, situado em Boa Vista/RR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 16/11/2014 a 03/12/2014, nossa equipe visitou 19 aldeias na TI Yanomami, sendo 15 na região de Paapiú e quatro na região de Waikás. Ao todo foram avaliados 239 indígenas, para os quais se coletou dados demográficos e amostras de cabelo. Dentre as amostras analisadas, 179 eram provenientes de indígenas do Polo Base de Paapiú (48% da população total de 373 pessoas residentes na região). As 60 amostras restantes eram do Polo Base de Waikás (43% da população total de 140 pessoas residentes na região).

Para sete indivíduos não foi possível obter informações precisas sobre a idade. Dentre os sujeitos que tiveram essa informação aferida, as médias de idade foram semelhantes entre os Polos Base, variando de 2 meses a 62 anos (média 14,8 anos, desvio padrão 14,0 anos), em Paapiú; e de 2 meses a 51 anos, em Waikás (média 15,7 anos, desvio padrão 13,9 anos) (p-valor=0,665; teste t=0,432; 230 graus de liberdade).

A distribuição da amostra investigada por faixa etária indica que 34,1% do total concentrou-se no grupo de crianças menores de 5 anos, 44,4% nos maiores de 12 anos e 21,6% no grupo entre 5 e 12 anos. Não houve diferenças significativas em relação à faixa etária dos sujeitos amostrados entre os Polos Base estudados (qui-quadrado = 0,496, p-valor=0,781).

No que diz respeito ao sexo, houve maior participação de mulheres em ambos os Polos Base, sendo 73,6% em Paapiú e 82,6% em Waikás. Indígenas do sexo masculino responderam por apenas 24,1% (n=56) da amostra, sendo que 21 eram homens adultos que foram incluídos no estudo pelo fato de relatarem participação em atividades garimpeiras. No grupo de homens, o restante eram meninos menores de 5 anos.

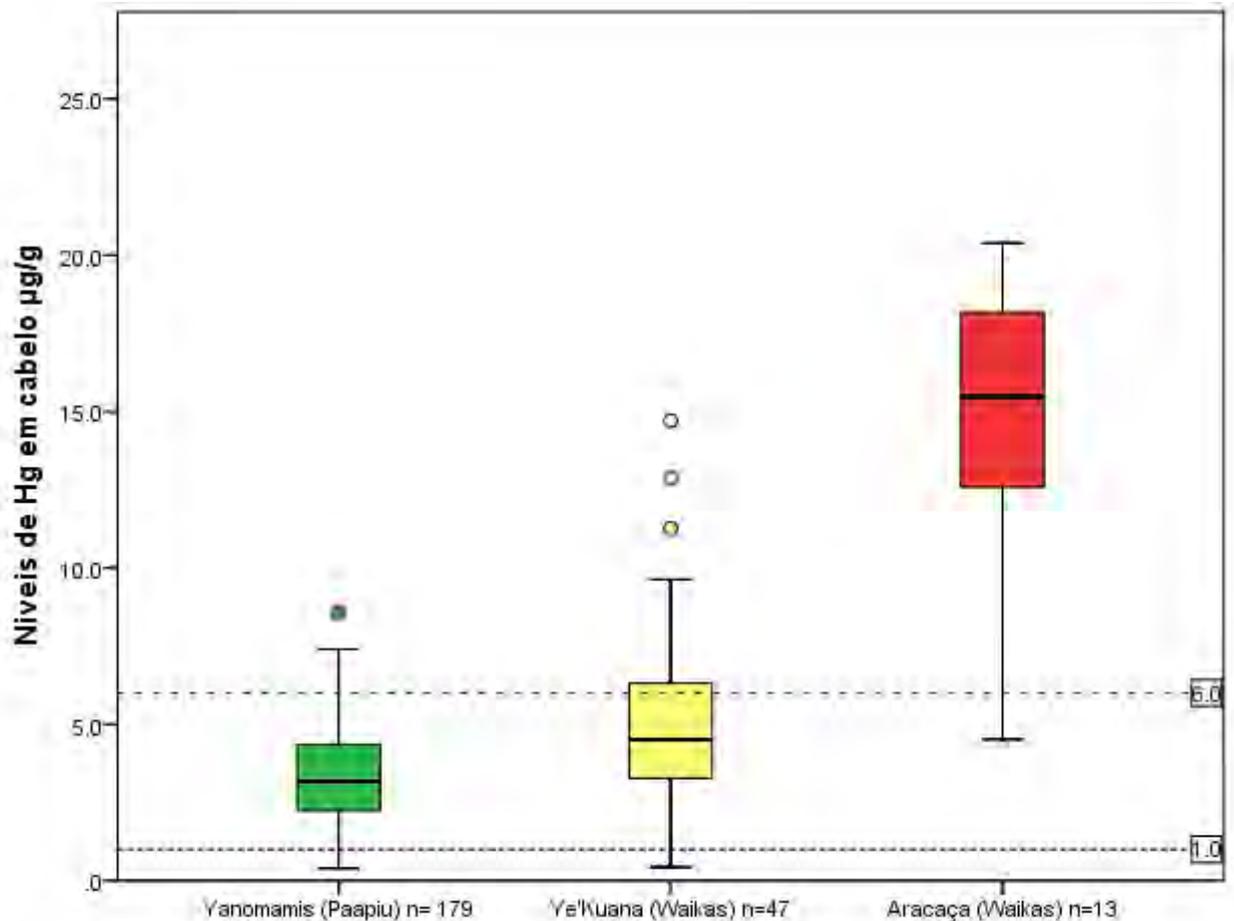
Resultados das concentrações de Hg total nas amostras de cabelo

No Polo Base Paapiú, as concentrações de mercúrio apresentaram uma mediana de $3,2 \mu\text{g.g}^{-1}$ com variação de 0,4 a $8,6 \mu\text{g.g}^{-1}$. Já no Polo Base de Waikás as concentrações de mercúrio apresentaram uma mediana de $5,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ com variação de 0,4 a $22,1 \mu\text{g.g}^{-1}$. O teste de *Mann-Whitney* revela que houve diferenças significativas nas medianas entre os Polos estudados ($p\text{-valor} < 0,000$).

Em decorrência de haver dois grupos étnicos distintos no Polo Base de Waikás: os Yanomami e os Ye'kuana, com diferentes histórias de contato com a sociedade envolvente e conseqüentemente interações distintas com áreas de garimpo, nossos resultados serão apresentados separadamente entre esses dois grupos.

Observou-se que entre o grupo Ye'kuana, que habita três aldeias relativamente próximas (Maloca Nova, Maloca Velha e Maloca da Pista), a mediana da concentração de Hg no cabelo foi $4,5 \mu\text{g.g}^{-1}$, com variação de 0,4 a $22,1 \mu\text{g.g}^{-1}$. Já entre o grupo Yanomami da aldeia Aracaça (mais próxima à área de influência do garimpo) a mediana foi $15,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ com variação de 4,5 a $20,4 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Gráfico 1).

Gráfico 1: Distribuição dos níveis de Hg total ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) nas amostras de cabelo coletadas entre os Yanomami de Paapiú, entre Ye'kuana de Waikás e entre os Yanomami de Waikás, de acordo com os parâmetros de referência da EPA ($1,0\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e OMS ($6,0\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Terra Indígena Yanomami, Roraima, 2014.



No que diz respeito às concentrações de Hg e a idade dos indivíduos estudados, no Polo Base Paapiú não foram observadas diferenças significativas entre crianças (<12 anos) e adultos (≥ 12 anos) (Teste *Mann-Whitney*, p -valor=0,20). Todavia, entre os Yanomami do Polo Base de Waikás, residentes na aldeia de Aracaça (mais próxima à área de abrangência do garimpo), foi possível identificar uma associação positiva entre as concentrações de Hg no cabelo e a idade dos indivíduos (Coeficiente *Spearman*: 0.599; p -valor=0.03). Nas crianças a mediana foi $6,8\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ e nos adultos a mediana foi $16,0\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Tabela 1). Ou seja, quanto maior a idade, maior o tempo de exposição e maior os níveis de contaminação.

Tabela 1: Concentrações de Hg total ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em amostras de cabelo de crianças e adultos indígenas, segundo Polo Base, Terra Indígena Yanomami, Roraima, 2014.

Polo Base	Crianças (<12 anos)			Adultos (≥ 12 anos)		
	n	mediana	variação	n	mediana	variação
Paapiú	99	2,9	0,4-7,0	80	3,5	0,6-8,6
Waikás (Ye'Kuana)	28	4,4	0,4-22,1	19	4,7	2,0-8,5
Waikás (Aracaça)	3	6,8	4,5-15,6	10	16,0	9,3-20,4

Ao se analisar as concentrações de Hg em relação ao limite de referência utilizado pela OMS, ou seja, considerando a prevalência de contaminação por Hg, observa-se que houve ampla variação entre as faixas etárias aqui utilizadas e os Polos Base de residência dos indígenas estudados. Entre as crianças menores de cinco anos, a prevalência de níveis de Hg no cabelo acima de $6,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ foi 4,9% no Paapiú, 25,0% para os Ye'kuana de Waikás e 50,0% para os Yanomami de Aracaça (qui-quadrado=9,2; p-valor=0,011; 2 gl) (Tabela 2).

Quando se observam as crianças entre 5 e 12 anos, a prevalência de níveis de Hg no cabelo acima de $6,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ foi 2,6% no Paapiú, 25,0% para os Ye'kuana de Waikás e não houve casos entre os Yanomami de Aracaça (qui-quadrado=6,2; p-valor=0,013; 2 gl) (Tabela 2).

Entre os adultos acima de 12 anos, a prevalência de níveis de Hg no cabelo acima de $6,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ foi 9,3% no Paapiú, 31,6% para os Ye'kuana de Waikás e 100,0% entre os Yanomami de Aracaça (qui-quadrado=40,8; p-valor<0,000; 2 gl) (Tabela 2).

Quando se analisa somente o grupo feminino na faixa etária de 12 a 49 anos, considerada idade reprodutiva, no Polo de Paapiú 9% das mulheres apresentaram índices acima desse valor. No Polo de Waikás, no grupo dos Ye'kuana 31% das mulheres ultrapassaram os $6 \mu\text{g.g}^{-1}$ e no grupo de Aracaça 100% das mulheres investigadas nesta faixa etária apresentaram valores acima do parâmetro de referência da OMS.

Os dados agregados para todos os grupos etários, informam que níveis de Hg acima de $6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ foram encontrados em 91% do grupo Yanomami de Aracaça, em 28% do grupo Ye'kuana de Waikás e em 6% do grupo Yanomami de Paapiú (qui-quadrado=67,2; p-valor<0,000; 2 gl) (Tabela 2). Novamente, a situação é mais grave para os indígenas de Aracaça. Nessa localidade a quase totalidade dos indígenas avaliados apresentaram níveis elevados de Hg no cabelo.

Destacamos ainda que no grupo de Aracaça, uma criança de 5 meses de idade apresentou nível de Hg no cabelo de $4,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, uma criança com 1 ano e 8 meses apresentou a concentração $6,8 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, e uma criança com aproximadamente 3 anos de idade apresentou uma concentração de $15,6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Vale lembrar que níveis elevados de Hg no cabelo estão associados com alto risco de danos à saúde.

Tabela 2: Níveis de Hg no cabelo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), de acordo com faixa etária, Polo Base e etnia, segundo o parâmetro de referência da OMS (aceitável $<6,0\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ e alto risco $\geq 6,0\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Terra Indígena Yanomami, Roraima, 2014.

Faixa etária (anos)*	Polo Base	Hg no cabelo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)				Total	x2	p-valor
		Aceitável $<6,0\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$		Alto Risco $\geq 6,0\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$				
		n	%	n	%	N		
0 - 5	Paapiú	58	95,1	3	4,9	61	9,2	0,011
	Waikás (Ye'kuana)	12	75,0	4	25,0	16		
	Waikás Aracaça	1	50,0	1	50,0	2		
	Total	71	89,9	8	10,1	79		
5 - 12	Paapiú	37	97,4	1	2,6	38	6,2	0,013
	Waikás (Ye'kuana)	9	75,0	3	25,0	12		
	Waikás Aracaça	0	0,0	0	0,0	0		
	Total	46	92,0	4	8,0	50		
>= 12	Paapiú	68	90,7	7	9,3	75	40,8	<0,000
	Waikás (Ye'kuana)	13	68,4	6	31,6	19		
	Waikás Aracaça	0	0,0	9	100,0	9		
	Total	81	78,6	22	21,4	103		
Total	Paapiú	163	93,7	11	6,3	174	67,2	<0,000
	Waikás (Ye'kuana)	34	72,3	13	27,7	47		
	Waikás Aracaça	1	9,1	10	90,9	11		
	Total	198	85,3	34	14,7	232*		

* Para sete indígenas não foi possível obter informação precisa sobre a idade

Quando nos lançamos a analisar a distribuição das concentrações de Hg dentro das aldeias que integram os Polos Base, observamos que os resultados são variados. Na Tabela 3 são apresentados o número de indivíduos avaliados em cada aldeia, a mediana, assim como a faixa de variação mínima e máxima das concentrações de mercúrio encontradas nas aldeias do Polo Base de Paapiú.

Tabela 3: Aldeias amostradas no Polo Base de Paapiú, com medidas de tendência central (mediana) e dispersão (mínimo e máximo) dos níveis de Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$) total no cabelo, Terra Indígena Yanomami, Roraima, 2014.

Aldeias Polo Base Paapiú	n	Mediana	Mínimo	Máximo
Teperesiki	19	2,6	1,5	5,6
Hokosi-u	2	4,6	2,5	6,7
Konapi	28	3,9	1,4	7,0
Mahaara-u	22	4,1	1,3	7,4
Maikohipe	1	3,6	3,6	3,6
Maimapi	4	3,7	2,5	5,4
Okorasipi	2	3,2	1,1	5,2
Remoripe	10	3,5	1,1	6,4
Ruahipe	7	3,6	0,9	6,8
Sikamabi-u	29	2,8	0,4	4,5
Surinapi	14	3,6	1,0	6,1
Taimopi	3	1,2	0,6	5,2
Tihinaki	24	2,2	0,5	4,3
Xokota	13	4,8	1,8	8,6
Xopataú	1	4,5	4,5	4,5

Na comparação das medianas entre as aldeias, nota-se que em nenhuma delas o nível de $6,0 \mu\text{g g}^{-1}$ foi ultrapassado. Em parte isso pode ser explicado em função do tamanho reduzido da amostra em algumas aldeias, ou mesmo devido a uma situação de baixa exposição ao Hg, mesmo que se tenha história de garimpo na região (Castro *et al.*, 1991). Pode-se verificar que as concentrações menores foram registradas nas aldeias Tihinaki e

Taimopi que são próximas uma da outra e afastadas do leito do rio, enquanto as maiores concentrações foram observadas em Xokota e Hokosi-u, mais próximas a pistas de pouso em áreas antigas de garimpo (Figura 1).

Na Tabela 4 são apresentados o número de indivíduos avaliados em cada aldeia, a mediana, assim como a faixa de variação mínima e máxima das concentrações de mercúrio encontradas nas aldeias do Polo Base de Waikás.

Tabela 4: Aldeias amostradas no Polo Base de Waikás, com medidas de tendência central (mediana) e dispersão (mínimo e máximo) dos níveis de Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$) total no cabelo, Terra Indígena Yanomami, Roraima, 2014.

Aldeias Polo Base Waikás	n	Mediana	Mínimo	Máximo
Aracaça	13	15,5	4,5	20,4
Maloca da Pista	4	5,9	4,2	9,6
Maloca Nova	37	4,3	0,4	22,1
Maloca Velha	6	4,5	3,7	6,7

Ao comparar os valores de Hg dentro das aldeias do Polo de Waikás, observa-se que as aldeias Maloca Nova, Maloca Velha e Maloca da Pista, localizadas numa área próxima entre si (Figura 2), não apresentaram diferenças expressivas nas concentrações de mercúrio. No entanto, na aldeia de Aracaça, que está localizada próxima à área onde as balsas de garimpo estão em constante atividade (Figura 9), foram observadas concentrações de Hg no cabelo significativamente maiores (Teste de *ManWhitney*, p-valor < 0.05), aproximadamente três vezes acima do limite recomendado pela OMS.

Todas as análises acima apresentadas apontam para uma situação mais grave na aldeia de Aracaça, onde residem os Yanomami do Polo Base de Waikás.

Resultados das concentrações de Hg total nas amostras de peixe

Foram coletadas 30 amostras de peixes em cinco diferentes localidades no Polo Base de Paapiú. Incluímos nas análises peixes predadores/carnívoros (60% da amostra) e não predadores/omnívoros (40% da amostra). Nos peixes predadores/carnívoros, as concentrações de Hg variaram de 0,04 a 0,46 $\mu\text{g.g}^{-1}$, e a média foi 0,14 $\mu\text{g.g}^{-1}$. No grupo de peixes não predadores/omnívoros as concentrações de Hg variaram de 0,04 a 0,20 $\mu\text{g.g}^{-1}$, e a média de foi 0,10 $\mu\text{g.g}^{-1}$.

No Polo Base de Waikás foram coletadas somente cinco amostras de peixes, quatro não predadores/omnívoros que apresentaram concentrações variando de 0,06 a 0,30 $\mu\text{g.g}^{-1}$ e um peixe carnívoro pequeno (com aproximadamente 10 cm de comprimento) que apresentou concentração de Hg total de 0,06 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Os níveis de Hg encontrados nas amostras de peixes estudadas em ambos os Polos estão abaixo dos valores máximos estipulados pela legislação brasileira para o consumo humano (peixes não carnívoros até 0,5 e peixes carnívoros até 1,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$).

Embora seja importante o fato de que os valores recomendados pela ANVISA não tenham sido ultrapassados, é fundamental ter em mente que o consumo de peixes por populações tradicionais representa uma das principais fontes de alimento disponíveis. Por essa razão, o pescado é consumido em maiores quantidades quando comparado às populações urbanas. Dessa forma, valores relativamente baixos de Hg nos peixes podem ser acumulados ao longo do tempo e desta forma representar um risco à população em médio e longo prazo.

Níveis de Hg total tidos como referência ou considerados aceitáveis (*background*) em marcadores biológicos de exposição (cabelos) apresentam concentrações entre 1,0 e 2,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (ATSR, 199; WHO, 1972,1989). No entanto, pessoas que consomem peixes, principalmente os predadores/carnívoros, uma ou mais vezes por dia, até três vezes na semana, podem apresentar concentrações de Hg no cabelo acima de 10 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (WHO, 2008).

No caso de populações indígenas e ribeirinhos, deve-se considerar que o peixe talvez seja uma das únicas fontes de proteína e o consumo diário pode ser muito elevado em determinadas épocas do ano. Para os grupos indígenas estudados, devido a carência

nutricional e a alta vulnerabilidade biológica, sugerimos a concentração de mercúrio $\geq 6 \mu\text{g.g}^{-1}$ como um valor de alerta de risco, sobretudo para mulheres em idade fértil e crianças, pois existem evidências de danos neurológicos na literatura internacional (WHO 2008; Grandjean, *et al.* 1997, 1999, 2003; Kjellström *et al.*, 1989).

CONCLUSÕES

As análises das amostras de cabelo realizadas no âmbito desta pesquisa indicam que existe exposição crônica ao mercúrio nas localidades investigadas. Todavia, a exposição aqui elucidada não foi homogênea e afetou de forma diferenciada as regiões estudadas.

Na região do Paapiú a mediana foi $3,2 \mu\text{g.g}^{-1}$, enquanto na região de Waikás foi $5,0 \mu\text{g.g}^{-1}$. Concentrações alarmantes de Hg foram registradas na aldeia de Aracaça, situada próximo à área de garimpo, na região de Waikás, onde a mediana foi $15,5 \mu\text{g.g}^{-1}$, sendo $6,8 \mu\text{g.g}^{-1}$ nas crianças menores de 5 anos e $16,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ nas mulheres em idade reprodutiva. A prevalência de níveis de Hg no cabelo $>6,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ foi 4,9%, 25,0% e 66,6%, entre as crianças <5anos do Paapiú, entre os Ye'kuana de Waikás e entre os Yanomami de Aracaça, respectivamente. Já entre os adultos, a prevalência de níveis de Hg no cabelo $>6,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ foi 9,3% no Paapiú, 31,6% entre os Ye'kuana de Waikás e 100,0% entre os Yanomami de Aracaça.

Os achados acima mencionados demonstram que os mais altos níveis de Hg foram encontrados na aldeia de Aracaça, no Polo Base de Waikás, onde havia um grande número de balsas clandestinas de garimpo, por ocasião da realização do trabalho de campo.

Todavia, é importante informar que há relatos na literatura acerca de diferentes origens do mercúrio encontrado no ecossistema amazônico. As fontes naturais são provenientes dos solos tropicais, ricos em mercúrio. Já as fontes antropogênicas, tais como desmatamento, queima de biomassa, corte-e-queima na agricultura, erosão, entre outras, são responsáveis por mobilizar o mercúrio natural e aumentar sua concentração no ambiente (Roulet, *et al.*, 1998, Hacon *et al.*, 1995). Independentemente da origem, o mercúrio uma vez liberado nos corpos d'água pode ser convertido em metil mercúrio e dessa forma se

incorporar aos organismos aquáticos (Akagi et al., 1995), acumulando-se em seres vivos situados no topo da cadeia trófica, atingindo assim elevadas concentrações.

Amostras de cabelo, por sua vez, geralmente são utilizadas como indicadores de contaminação ambiental por Hg, cuja principal fonte de exposição é o consumo de peixes com altas concentrações de Hg. As diferenças observadas entre as comunidades pode ser decorrente da frequência de consumo e do tipo de peixe consumido, pois as concentrações de Hg dependem dos níveis deste elemento nos ecossistemas aquáticos.

Entretanto, vale lembrar que alguns autores informam que somente 10% do metilmercúrio excretado pelo corpo humano pode ser detectado em amostras de cabelo (Clarkson & Magos, 2006). Ou seja, é possível que os níveis de mercúrio nos indígenas estudados sejam ainda maiores do que o revelado nesta pesquisa.

Inúmeros relatos de exposição ao mercúrio em populações tradicionais da Amazônia como consequência da contaminação do ambiente foram documentados durante a "febre do ouro", a partir de meados da década de 1980 (Santos *et al.*, 2007; Brabo *et al.*, 1999; Akagi *et al.*, 1995; Malm, 1995; Santos *et al.*, 1995).

Naquela época, Castro *et al.*, (1991), em um estudo realizado com 162 amostras de cabelo de indígenas Yanomami, que se encontravam internados na Casa de Saúde do Índio (CASAI) de Boa Vista/RR, relataram que 40% dos indígenas estudados apresentavam concentrações de mercúrio acima de $6,0 \mu\text{g.g}^{-1}$. Segundo os autores, os níveis mais elevados foram reportados na região de Surucucu, uma área onde havia intensa invasão de garimpeiros naquele momento da história. As mais altas concentrações de Hg ($8,1$ e $7,9 \mu\text{g.g}^{-1}$) foram encontradas em amostras de cabelo de crianças de 4 e 8 anos, uma proveniente da região de Surucucu e outra proveniente de Paapiú, respectivamente. Em nosso estudo, resultados similares foram encontrados na região de Waikás, especialmente no grupo de Aracaça, onde uma criança de 5 meses apresentou nível de Hg no cabelo de $4,5 \mu\text{g.g}^{-1}$, evidenciando contaminação por meio do leite materno. Nesse mesmo grupo, uma criança com 1 ano e 8 meses apresentou concentração de $6,8 \mu\text{g.g}^{-1}$, e uma criança com aproximadamente 3 anos de idade apresentou uma concentração de $15,6 \mu\text{g.g}^{-1}$. Vale lembrar que a amostra estudada por Castro *et al.*, (1991) era composta por indígenas que estavam internados em Boa Vista para investigação clínica, provavelmente por apresentarem sinais e sintomas de contaminação.

Em nosso estudo, os indígenas foram avaliados em suas próprias casas, evidenciando que a contaminação por mercúrio está presente nas aldeias.

A ocorrência de efeitos adversos à saúde e o grau de severidade à exposição ao mercúrio estão intimamente relacionados com a forma química do metal, com a idade da pessoa exposta, com a dose, a duração e a rota de exposição (WHO, 2008). No caso da Terra Indígena Yanomami a contaminação poder ser classificada como crônica, uma vez que a presença de garimpo na área vem sendo documentada sistematicamente desde a década de 1980 (Albert, 1985).

Não há um consenso sobre quais níveis de Hg são capazes de produzir efeitos nocivos em crianças (Alan *et al.*, 2004; Spurgeon, 2006; Holmes, *et al.* 2009). A maioria dos estudos que se dedicam ao tema foram realizados considerando exposição no período pré-natal e avaliaram efeitos neurológicos, cognitivos e motores (Grandjean, *et al.*, 1997, 1999, 2003; Myers *et al.*, 2003, 2006; Crump, *et al.*, 1998). Todavia, outros autores também reportaram a possibilidade de efeitos nocivos aos sistemas imunológico, cardíaco, renal, gonadotrófico e reprodutivo (Mergler *et al.*, 2007; Passos & Mergler, 2008).

Os efeitos nocivos acima descritos podem ser potencializados caso existam condições clínicas e/ou ambientais que favoreçam a ação do Hg no organismo humano (Dufalt *et al.*, 2009). Para os povos indígenas, de forma geral, existem diversas evidências que caracterizam situações de vulnerabilidade (Basta *et al.*, 2012). Recentes estudos reportam elevados índices de desnutrição em crianças indígenas menores de cinco anos (Coimbra Jr. *et al.*, 2013; Horta *et al.*, 2013), anemia numa ampla proporção de crianças (Leite *et al.*, 2013), diarreia e infecções respiratórias agudas em níveis alarmantes (Escobar *et al.*, 2015, Cardoso *et al.*, 2015), altas prevalências de parasitoses intestinais (Assis *et al.*, 2013), malária (Souza-Santos *et al.*, 2008) e tuberculose (Belo *et al.*, 2013).

Para os Yanomami em particular, os estudos disponíveis na literatura não deixam dúvidas acerca da precária situação de saúde vivenciada pelo grupo. Pithan *et al.*, (1991) já descreviam desde o início da década de 1990 as elevadas taxas de morbidade e mortalidade por malária, como consequência nefasta da invasão garimpeira. Grenfell *et al.*, (2008), mais recentemente, relataram a permanência de elevadas prevalências de malária, agora em associação com altos índices de anemia. Por sua vez, Duarte *et al.*, (2010), elucidaram altas prevalências de hepatites B e D, entre os Yanomami da Venezuela. Vogues-Caldart *et al.*,

(2016) relatam o excesso de internações por causas sensíveis a atenção básica, com destaque para as infecções respiratórias agudas e diarreias. Recentemente, Pantoja *et al.*, (2014), ao analisarem os registros do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (SISVAN) do DSEI Yanomami, relataram prevalências de desnutrição crônica que ultrapassaram 85% das crianças menores de 5 anos. A carência nutricional, associada à anemia e o consequente comprometimento do sistema imunológico potencializam a absorção do mercúrio no organismo humano e conseqüentemente ampliam seu potencial de toxicidade.

Diante das evidências acima e em consonância com as recomendações da Organização Mundial de Saúde (WHO 1972, 1989), optamos por considerar as concentrações de Hg no cabelo acima de $6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, como de alto risco para produzir efeitos nocivos à saúde, entre os indígenas estudados.

RECOMENDAÇÕES

Dado que o Brasil é signatário da Convenção de Minamata (<http://www.mma.gov.br/index.php/comunicacao/agencia-informma?view=blog&id=456>), nossa principal recomendação é interromper imediatamente a exposição às fontes de contaminação por mercúrio na área investigada. Segundo nosso entendimento, as autoridades nacionais devem combater com todo o rigor da legislação as atividades ilegais de garimpo de ouro na Terra Indígena Yanomami.

Conforme foi demonstrado pelas análises realizadas nesta investigação, elevados níveis de mercúrio foram identificados, principalmente em crianças e mulheres em idade reprodutiva, fato que gera uma ameaça permanente à saúde da população que habita aquela região. Além disso, já foi amplamente divulgada a desestruturação social e as conseqüências nefastas da presença de garimpeiros em áreas indígenas (http://pib.socioambiental.org/files/file/PIB_verbetes/yanomami/massacre_haximu.pdf). Não é admissível pensar na possibilidade de um novo genocídio ocorrer como resultado de contatos desiguais e violentos entre garimpeiros e indígenas.

Sob o ponto de vista ambiental, é necessário estabelecer um plano de monitoramento, por meio da identificação das principais fontes de exposição para mitigar os efeitos da exposição do Hg já instalados na região. Ou seja, é fundamental aprofundar as análises ambientais nos corpos d'água e capturar mais espécies de peixes representativos da

alimentação dos grupos indígenas, além de outros produtos utilizados na dieta para avaliar as concentrações de mercúrio existentes. Esta recomendação tem o objetivo de produzir um mapa de risco que contemple a exposição na região, a fim de alertar a população, gestores, governantes, organizações não governamentais e instituições internacionais sobre os potenciais riscos de contaminação por Hg para a população Yanomami e Yekuana. Devido ao estado de extrema vulnerabilidade em que vivem, os riscos podem ser amplificados.

Sob o ponto de vista coletivo, é necessário promover um diagnóstico situacional sobre as condições gerais de saúde da população nas áreas de abrangência dos garimpos. Este diagnóstico deve incluir a análise do perfil alimentar e nutricional e contemplar além de medidas antropométricas, a avaliação dos níveis de hemoglobina e de micronutrientes. No que diz respeito à alimentação, julgamos importante caracterizar detalhadamente a dieta da população, identificando a disponibilidade de produtos em relação às diferentes estações do ano, os principais alimentos ingeridos e a frequência e quantidade de ingestão dos mesmos. Também é importante avaliar a carga de outras morbidades associadas, sobretudo parasitoses intestinais, malária e tuberculose, pois esses agravos comprometem o sistema imunológico e como mencionado anteriormente afetam a absorção do mercúrio no organismo.

Sob o ponto de vista individual, é necessário estabelecer prioridades e indicar, em parceria com as autoridades sanitárias locais, avaliação clínica e neurológica, incluindo testes motores e cognitivos, além da realização de exames complementares, para todos os indígenas que apresentaram os mais elevados níveis de contaminação por mercúrio, priorizando as crianças. Somente dessa maneira poder-se-á avaliar a extensão dos potenciais danos e sua gravidade à saúde individual e coletiva entre os indígenas Yanomami investigados.

AGRADECIMENTOS

A equipe de pesquisa gostaria de agradecer a colaboração das lideranças indígenas do Polo Base de Paapiú: Arakona Yanomama; Alfredo Himotona Yanomama; Genivaldo Krepuna Yanomama e do Polo Base de Waikás: Felipe Yekuana; Mauricio Tomé Rocha; Ronaldo Yekuana. Agradecemos também a equipe de apoio logístico do ISA, Matthieu Lena; Sidinaldo Lima dos Santos e Marcolino da Silva, que foram fundamentais para nosso deslocamento para as aldeias.

APOIO FINANCEIRO

Nossa equipe realizou esta pesquisa sem apoio financeiro de nenhuma agência de fomento. Agradecemos a Vice Direção de pesquisa e o Departamento de Endemias Samuel Pessoa da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz e a Universidade Federal de Rondônia que nos auxiliaram com recursos para compra de passagens aéreas e diárias para custear a participação dos pesquisadores no trabalho de campo. Agradecemos o laboratório de química da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro pelo fornecimento da estrutura de seu laboratório e de insumos para realização das dosagens dos níveis de mercúrio e ao Instituto Socioambiental que garantiu o transporte de toda equipe de Boa Vista/RR até as aldeias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alan S et al. Do recent data from the Seychelles Islands alter the conclusions of the NRC Report on the toxicological effects of methylmercury? 2004.
- Albert B & Milliken W. Urihi A: a terra-floresta Yanomami. São Paulo: Instituto Socioambiental; Paris, Fr: IRD – Institut de Recherche pour Le Développement, 2009.
- Albert B. Temps Du sang, temps des cendres. Représentation de la maladie, système rituel et space politique chez lês Yanomami Du sud-est. [Tese de doutorado]. Universidade de Paris X- Nanterre, 1985.
- Akagi H, Malm O, Kinjo Y, Harada M, Branches FJP, Pfeiffer WC, Kato H. Methylmercury pollution in the Amazon, Brazil. *The Science of the Total Environment* 1995; 175:85-95.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Toxicological Profile for Mercury, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, U.S. Government Printing Office, USA, 1999.
- Assis EM, Olivieria RC, Moreira LE, Pena JL, Rodrigues LC, Machado-Coelho GL. Prevalence of intestinal parasites in the Maxakali indigenous community in Minas Gerais, Brazil, 2009. *Cad Saude Publica*. 2013, 29: 681-90.
- Basta PC, Orellana JDY, Arantes R. Perfil epidemiológico dos povos indígenas no Brasil: notas sobre agravos selecionados. In: Garnelo, L e Pontes, A. L. (Org). *Saúde indígena: uma introdução ao tema*. - Brasília: MEC-SECADI, 2012: 60-107.
- Bastos WR et al. Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *The Science of the Total Environment*, 2006; 368: 344-351.
- Barbosa AC, Garcia, AM, Souza JR. Mercury contamination in hair of riverine of Apiacás Reserve in the Brazilian Amazon. *Water Air Soil Poll* 1997; 97:1-8.
- Brabo ES, Santos EO, Jesus IM, Mascarenhas AF, Faial KF. Níveis de mercúrio em peixes consumidos pela comunidade indígena de Sai Cinza na Reserva Munduruku, Município de Jacareacanga, Estado do Pará, Brasil. *Cad. Saúde Pública* 1999; 15(2): 325-332.
- Brasil – Portaria n° 685, de 27 de agosto de 1998. Princípios Gerais para o estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos. D.O.U. – Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 28 de agosto de 1998.
- Belo EN, Orellana JD, Levino A, Basta PC. Tuberculosis in Amazonian municipalities of the Brazil-Colombia-Peru-Venezuela border: epidemiological situation and risk factors associated with treatment default. *Rev Panam Salud Publica*. 2013; 34(5):321-9.
- Brabo ES, Santos EO, Jesus IM, Mascarenhas AF, Faial K F. Níveis de mercúrio em peixes consumidos pela comunidade indígena de Sai Cinza na Reserva Munduruku, Município de Jacareacanga, Estado do Pará, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública* 1999; 15:325-331.
- Campos RCD. Estudo da determinação de Mercúrio por espectrofotometria de absorção atômica sem chama pela técnica de vapor frio. [Dissertação de Maestrado] (Mestre). Departamento de Química, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio. 1980
- Cardoso AM, Horta BL, Santos RV, Escobar AL, Welch JR, Coimbra Jr. CEA. Prevalence of pneumonia and associated factors among indigenous children in Brazil: results from the First National Survey of Indigenous People's Health and Nutrition. *International Health* 2015, 23, p. 10.1093.
- Castro MB, Albert B, Pfeiffer WC. Mercury levels in Yanomami Indians hair from Roraima-Brazil. *Heavy Metals in the environmental*. International Conference, Edinburg, 1991; September (1): 367-70.

- Clarkson TW, Magos L. The toxicology of mercury and its chemical compounds. *CRC Critical Reviews in Toxicology*, 2006; 36(8):609-662.
- Cleary D, Thornton I, Brown N, Karantizis GT, Delves T, Worthington S. Mercury in Brazil. *Nature*, 1994; 369:613-614.
- Coimbra CE Jr, Santos RV, Welch JR, Cardoso AM, Souza MC, Garnelo L, Rassi E, Follér ML, Horta BL. The First National Survey of Indigenous People's Health and Nutrition in Brazil: rationale, methodology, and overview of results. *BMC Public Health*. 2013; 19,13: 52.
- Crump KS et al. Influence of prenatal mercury exposure upon scholastic and psychological test performance: benchmark analysis of a New Zealand cohort. *Risk Analysis*, 1998; 18:701-713.
- Duarte MC, Cardona N, Poblete F, González K, García M, Pacheco M, Botto C, Pujol FH, Williams JR. A comparative epidemiological study of hepatitis B and hepatitis D virus infections in Yanomami and Piaroa Amerindians of Amazonas State, Venezuela. *Trop Med Int Health*. 2010; 15(8):924-33. doi: 10.1111/j.1365-3156.2010.02560.
- Dufalt R et al. Mercury exposure, nutritional deficiencies, and metabolic disruptions may affect learning in children. *Behavioral and Brain Functions*. 2009 Oct; 5:44.
- Escobar AL, Coimbra Jr CEA, Welch JR, Horta BL, Santos RV, Cardoso AM. Diarrhea and health inequity among Indigenous children in Brazil: results from the First National Survey of Indigenous People's Health and Nutrition. *BMC Public Health (Online)*, 2015; v. 15, p. 191.
- FAO/WHO. Codex Alimentarius Commission, Procedural Manual. Edição 19. Roma, 2010
- Grandjean P, Weihe P, White R, Debes F, Araki S, Yokoyama K, Murata K, Sorensen N et al. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicology and Teratology*, 1997; 19 (6): 417-428.
- Grandjean P, White RF, Nielsen A, Cleary D, Santos ECO. Methylmercury neurotoxicity in Amazonian children downstream from gold mining. *Environmental Health Perspectives*, 1999; 107 (7): 587-591.
- Grandjean P, White R, Weihe P, Jorgensen P. Neurotoxic risk caused by stable and variable exposure to methylmercury from seafood. *Ambulatory Pediatrics*, 2003; 3 (1): 18-23.
- Grenfel P, Fanello CI, Magris M, Gonçalves J, Metzger WG, Vivas-Martínez S, Curtiz C, Vivas L. Anaemia and malaria in Yanomami communities with differing access to healthcare. *The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 2008; 102, 605-652.
- Gonçalves A. Saúde, garimpagem e mercúrio entre os Kaiapó-Gorotire. In: Mathis A, Rehaag R, organizadores. *Consequências da garimpagem no âmbito social e ambiental da Amazônia*. Belém: Editora Cejup; 1993. p. 61-3.
- Hacon S, Artaxo P, Gerab F, Yamasoe MA, Campos RC, Conti LF et al. Atmospheric mercury and trace elements in the region of Alta Floresta in the Amazon basin. *Water, air soil pollut* 80 (1-4), 1995. pp. 273-283;
- Holmes P, James K, Levy L. Is low-level environmental mercury exposure of concern to human health? *Science of the total environment*, 2009; 408(2):171-182.
- Horta BL, Santos RV, Welch JR, Cardoso AM, Dos Santos JV, Assis AM, Lira PC, Coimbra CE Jr. Nutritional status of indigenous children: findings from the First National Survey of Indigenous People's Health and Nutrition in Brazil. *Int J Equity Health*, 2013; 12:23[Epub ahead of print].
- Kjellström T et al. Physical and mental development of children with prenatal exposure to mercury from fish. Stage 2. Interviews and psychological tests at age 6, 1989.
- Kopenawa D, Albert B. *A queda do céu: Palavras de um xamã yanomami*; tradução Beatriz Perrone-Moisés; São Paulo: Companhia das Letras, 2015.

- Lacerda LD, Salomons W, Pfeiffer WC, Bastos WR. Mercury distribution in sediment profiles from lakes of the high Pantanal, Mato Grosso State, Brazil. *Biogeochemical* 1991; 14:91-7.
- Leite MS, Cardoso AM, Coimbra CEA, Welch JR, Gugelmin AS, Lira PC, Horta BL, Santos RV, Escobar AL. Prevalence of anemia and associated factors among indigenous children in Brazil: results from the First National Survey of Indigenous People's Health and Nutrition. *Nutrition Journal*, 2013, v. 12, p. 69.
- Malm O et al. Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajos river basin, Brazil. *The Science Total of Environmental* 1995; 175: 141-50.
- Mergler D et al. Methylmercury exposure and health effects in humans: a worldwide concern. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 36, n. 1, p. 3-11, Feb 2007. ISSN 0044-7447
- Myers GJ et al. Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. *The Lancet*, v. 361, n. 9370, p. 1686-1692, May 17 2003. ISSN 0140-6736.
- Myers GJ et al. Postnatal exposure to methyl mercury from fish consumption: a review and new data from the Seychelles Child Development Study. *Neurotoxicology*, v. 30, n. 3, p. 338-349, 2009. ISSN 0161-813X.
- Pantoja LN, Orellana JDY, Leite MS, Basta PC. Cobertura do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional Indígena (SISVAN-I) e prevalência de desvios nutricionais em crianças Yanomami menores de 60 meses, Amazônia, Brasil. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*, 2014; v. 14, p. 53-63.
- Organização das Nações Unidas (ONU). Convenio de Minamata sobre el mercúrio. Textos y anexos. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Genebra, 2013, 64p (www.mercuryconvention.org).
- Passos CJ, Mergler D. Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: a review. *Cadernos de Saúde Pública*, 2008; 24:s503-s520.
- Pithan AO, Confalonieri UEC, Morgado AF. A situação de saúde dos índios Yanomámi: Diagnóstico a partir da Casa do Índio de Boa Vista, Roraima, 1987-1989. *Cadernos de Saúde Pública*, 1991, 7(4): 563-80.
- Ramos, AR. Reflecting on the Yanomami: Ethnography images and the pursuit of the exotic. *Cultural Anthropology*, 1987; 2:284-304.
- Roulet M, Lucotte M, Farella N, Serique G, Coelho H, Passos SCJ, Scavone A, Mergler D, Guimaraes JRD, Amorim M. Effects of Recent Human Colonization on the Presence of Mercury in Amazonian Ecosystems. *Water, Air and Soil Pollution* 1998: 1-17.
- Ruiz CMV Interações mercúrio-selênio: uma abordagem integrada de Avaliação de Exposição ao Mercúrio em populações ribeirinhas no município de Porto Velho, Rondônia. [Teses de Doutorado]. Rio de Janeiro. PUC_RJ. 2015, 124p
- Santos EO, Loureiro ECB, Jesus IM, Brabo E, Silva RSU, Soares MCP et al. Diagnóstico das condições de saúde de uma comunidade garimpeira na região do Rio Tapajós, Itaituba, Pará, Brasil, 1992. *Cadernos de Saúde Pública* 1995; 11: 212-225.
- Santos ECO, Jesus IM, Brabo ES, Loureiro ECB, Mascarenhas AFS, Werich J. Mercury exposure in riverside Amazon communities in Pará, Brazil. *Environ Res* 2000; 84:100-7.
- Santos EO, Jesus IM, Câmara VM, Brabo ES, Jesus IM, Faial KRF, Asmus CIRF. Correlation between blood mercury levels in mothers and newborns in Itaituba, Pará State, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública* 2007; 23:5622-5629.
- Souza-Santos R, Oliveira Mauricio VG, Escobar AL, Santos RV, Coimbra Jr. CEA. Spatial heterogeneity of malaria in Indian reserves of Southwestern Amazonia, Brazil. *International Journal of Health Geographics* 2008, v.7, p.55.

- Spurgeon A. Prenatal methylmercury exposure and developmental outcomes: review of the evidence and discussion of future directions. *Environmental health perspectives* 2006; 114:307-312.
- Tumpling Jr. V, Wilken W, Einax J. Mercury contamination in the northern Pantanal region Mato Grosso, Brazil. *Journal of Geochemical Exploration* 1995; 52:127-34.
- Vogues-Caldart R, Marrero L, Basta PC, Orellana JDY. Fatores associados a pneumonia em crianças Yanomami internadas por condições sensíveis a atenção primária na região norte do Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2016 (no prelo).
- Wasserman JC, Hacon SS, Wasserman MA. O Ciclo do Mercúrio no Ambiente Amazônico. *Mundo & Vida*, 2001; 2(1/2):46-53.
- World Health Organization (WHO). Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. Technical Report Series N° 505, Geneva, 1972, 132pp.
- World Health Organization (WHO). Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. Technical Report Series N° 776, Geneva, 1989, 64pp.
- World Health Organization (WHO) Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure, Geneva, Switzerland, 2008.



Hutukara Associação Yanomami - HAY

Rua Capitão Bessa, 143 – B. São Pedro - CEP 69.306-620
Boa Vista – Roraima - Fone/Fax: 95 3224-6767
CNPJ nº. 07.615.695/0001-65
Site: <http://hutukara.org/>
E-mail: hutukara@yahoo.com.br

Carta/HAY nº. 003/2013.

Boa Vista, 18 de março de 2013.

À Fundação Oswaldo Cruz A/C Dr. Paulo Basta

Através deste documento nós da Hutukara Associação Yanomami queremos convidar a Fiocruz para realizar um trabalho de pesquisa junto com a nossa associação para verificar se os Yanomami estão contaminados pelo mercúrio utilizado pelos garimpeiros que invadem a nossa terra.

São muitos os garimpeiros que trabalham ilegalmente em nossos rios e além do desastre ambiental e social que causam, nós desconfiamos que o nosso povo está sendo envenenado com o mercúrio utilizado pelos garimpeiros.

Temos conhecimento de que a Fiocruz tem laboratório para realizar esse tipo de análise e também experiência de trabalho com povos indígenas. Por isso estamos convidando a Fiocruz.

Nós queremos que a pesquisa seja realizada em duas comunidades yanomami ((Helepe e Papiú) e uma yekuana (Waikás). As comunidades Helepe e Waikás estão nas margens do rio Uraricoera e a comunidade Papiú na margem do rio Mucajaí. Nesses rios, acima de onde estão as comunidades, existem muitas balsas de garimpeiros, sujando e contaminando as águas.

As comunidades Yanomami e Ye´kuana também estão preocupadas e concordam com a realização das pesquisas. Eles querem que você verifiquem se eles estão contaminados com o mercúrio. Também querem que vocês analisem a água, os peixes, o solo e as plantas.

A população dessas comunidades é de:

- Helepe: 110 pessoas
- Waikás: 170 pessoas
- Papiú: 120 pessoas



Hutukara Associação Yanomami - HAY

Rua Capitão Bessa, 143 – B. São Pedro - CEP 69.306-620

Boa Vista – Roraima - Fone/Fax: 95 3224-6767

CNPJ nº. 07.615.695/0001-65

Site: <http://hutukara.org/>

E-mail: hutukara@yahoo.com.br

A Hutukara ainda não dispõe de recursos para a realização dessa pesquisa, mas está disposta a buscá-los. Para isso gostaria de saber se pode contar com a parceria da Fiocruz.

O Instituto Socioambiental (ISA) também será nosso parceiro nesse projeto.

Esperamos uma resposta de vocês, esperançosos de que possam fazer esse trabalho juntos.

Atenciosamente,

Davi Kopenawa Yanomami
Presidente da Hutukara Associação Yanomami (HAY)

Figura 3. Coleta de amostras de cabelo, aldeia Maloca Nova, região de Waikás, povo Ye'kwana, Terra Indígena Yanomami, novembro de 2014.
Foto: Marcos Wesley de Oliveira | ISA.



Figura 4: Coleta de amostras de peixes, posto Papiú, Terra Indígena Yanomami, novembro de 2014.
Foto: Marcos Wesley de Oliveira | ISA.



Figura 5. Coleta de assinatura no termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), aldeia Konapi, povo Yanomami, Terra Indígena Yanomami, novembro de 2014.

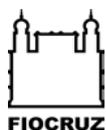
Foto: Marcos Wesley de Oliveira | ISA.



Figura 6. Devolução das amostras de cabelo, posto Papiú, povo Yanomami, Terra Indígena Yanomami, março de 2016.
Fotos: Marcos Wesley de Oliveira | ISA.



Figura 7. Laudo individual.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL

Identificação:

Nome: XXXXXXX	
Idade: 11	Sexo: F
Aldeia: HERO-U	Polo Bas: PAAPIU

Análise de **MERCÚRIO** total em amostras de **CABELO** por ICP-MS (Espectrometria de Massas com fonte de Plasma Indutivamente Acoplado), Agilent Technologies 7500 CX.

OBS.: Nas amostras de cabelos longos as determinações foram realizadas nos primeiros 5 cm de cabelo medidos a partir da raiz capilar.

Resultado:

12,8 $\mu\text{g g}^{-1}$	Alto
---	-------------

Concentrações elevadas de Hg Total no cabelo podem causar efeitos nocivos a saúde.

A classificação de risco varia segundo as faixas de concentrações abaixo:

até 1 $\mu\text{g g}^{-1}$: risco aceitável ou baixa probabilidade de apresentar efeitos nocivos

1 - 6 $\mu\text{g g}^{-1}$: risco moderado de apresentar efeitos nocivos

acima de 6 $\mu\text{g g}^{-1}$: risco alto de apresentar efeitos nocivos

Dr. Paulo Basta
(Coordenador de Projeto)

Fundação Oswaldo Cruz - ENSP
Rua Leopoldo Bulhões, 1480, Manguinhos
Rio de Janeiro, RJ
CEP: 21041-210
Tel.: +55 (21) 2598-2525

Rodrigo Gonçalves
(Químico do Laboratório de Análise)

Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro
Rua Marques de São Vicente, 225, Gávea
Rio de Janeiro, RJ
CEP: 22451-900
Tel.: +55 (21) 3527-1314

Figura 8. Apresentação dos resultados do diagnóstico na Maloca Velha, região de Waikás, utilizando banners traduzidos para a língua ye'kwana, março de 2015. Fotos: Marcos Wesley de Oliveira | ISA.



Figura 9: Garimpo nas proximidades da comunidade Aracaça, rio Uraricuera, Terra Indígena Yanomami, dezembro de 2015.

