

# Exposição humana ao mercúrio na Amazônia brasileira: uma perspectiva histórica

Aguinaldo Gonçalves<sup>1</sup> e Neusa Nunes da Silva e Gonçalves<sup>2</sup>

**Como citar** Gonçalves A, Gonçalves NN da S e. Exposição humana ao mercúrio na Amazônia brasileira: uma perspectiva histórica. Rev Panam Salud Publica. 2004;16(6):415-9.

## RESUMO

O objetivo do presente artigo foi reunir as principais informações obtidas por um estudo multicêntrico realizado por pesquisadores brasileiros que, durante a década de 1990, com apoio de instituições nacionais e internacionais, trabalharam na caracterização da exposição humana ao mercúrio em áreas de garimpo da Amazônia brasileira. Habitantes das bacias dos rios Tocantins e Xingu foram considerados segundo três conjuntos de procedimentos: 1) exame clínico, realizado a partir de protocolo padronizado, por pesquisador único, permitindo identificar cinco condições básicas de acometimento; 2) avaliações dosimétricas do metal em sangue, cabelo e urina, por espectrofotometria de absorção atômica (Projeto Xingu); e 3) investigação genotóxica, envolvendo quatro indicadores citogenéticos. Na primeira etapa, alcançaram-se 41 pessoas, observando-se a presença de mercúrio no organismo de garimpeiros e de seus familiares. A contaminação por mercúrio teve também uma distribuição ocupacional significativa e correlacionada diferencialmente com indicadores de ação genotóxica. A seguir, o Projeto Xingu, que atingiu 625 pessoas, enfocou 417 nativos da nação Kayapó, pertencentes às aldeias Gorotire e Djudjetiktire, 142 garimpeiros e 66 ribeirinhos. Os índios apresentaram os valores mais elevados de metilmercúrio no cabelo e de mercúrio total no sangue e na urina, bem como, nestas matrizes, contaminação freqüente por formas inorgânicas. Entre os resultados de interesse, acolhendo a recomendação específica da Organização Mundial da Saúde, atenção diferenciada foi conferida ao grupo de índias gestantes, por constatar-se que, apesar de não estarem expostas diretamente ao vapor de mercúrio, apresentavam valores relevantes de intoxicação. Apesar desse quadro preocupante, diversas conquistas sociais na década de 1990 sugerem, inclusive para as vítimas de agravos ambientais, o surgimento de novos padrões de dignidade na saúde e de uma ética pública pioneira no Brasil.

## Palavras-chave

Contaminação, grupo ancestral nativo do continente americano.

O mercúrio é reconhecidamente deletério às populações humanas e causa

danos importantes à saúde, sobretudo ao sistema nervoso. Tais danos são decorrentes tanto dos compostos inorgânicos quanto orgânicos do mercúrio, sendo os primeiros dosados em sangue e urina e os segundos, entre os quais está o metilmercúrio, no cabelo. Na atualidade brasileira, tais efeitos biológicos são de particular relevância, tendo em conta a utilização do mercúrio

em numerosas atividades econômicas, sobretudo na mineração de ouro, bastante disseminada na Amazônia brasileira.

Na década de 1990, a sentida escassez de dados técnicos disponíveis a respeito do assunto mobilizou, de forma ativa, no âmbito acadêmico, um grupo de pesquisadores brasileiros. Essa mobilização foi transformada em

<sup>1</sup> Universidade de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Educação Física, Grupo de Saúde Coletiva/Epidemiologia e Atividade Física, Campinas (SP), Brasil. Enviar correspondência para este autor no seguinte endereço: Rua Luverci Pereira de Souza 1151, Cidade Universitária, CEP 13083-730, Campinas, SP, Brasil. Fax: +55-19-3289-5022.

<sup>2</sup> UNICAMP, Faculdade de Ciências Médicas, Departamento de Medicina Preventiva e Social.

um esforço multicolaborativo cujos resultados concretos incluíram o estabelecimento de diálogo entre profissionais de diferentes áreas de competência, a montagem de um laboratório móvel no interior de regiões naturais não urbanizadas e a implantação de medidas de controle de qualidade em centros especializados avançados. Além disso, a iniciativa possibilitou a participação protagônica não só de nações indígenas remotas, mas também de instituições governamentais e não-governamentais, como a extinta Fundação Mata Virgem, organização pioneira multilateral de vários países (destacadamente Brasil, Japão e Estados Unidos) que atuou como órgão catalisador das relações entre pesquisadores e colaboradores nacionais e internacionais, articulando extensa rede de intelectuais, lideranças sociais, financiadores e os mais diversos atores da cena universitária brasileira.

O objetivo básico da iniciativa consistiu em conhecer a dimensão e a gravidade da intoxicação por mercúrio em grupos populacionais submetidos a risco na Amazônia brasileira, em termos epidemiológicos, clínicos, genotóxicos e dosimétricos. Foram investigadas diversas faixas etárias, assim como os níveis de mercúrio associados a exposição ocupacional, ambiental e alimentar. Essas informações fundamentaram tecnicamente uma ação civil pública junto à Procuradoria Geral da República para indenização, pelas entidades públicas e privadas responsáveis pela instalação dos garimpos em tais regiões, dos que vieram a se lesar.

Os procedimentos adotados nos sucessivos segmentos do projeto foram processados em um laboratório móvel construído especialmente para tal finalidade pela Universidade de Brasília (UnB) e podem ser caracterizados como segue: 1) exame clínico, realizado segundo protocolo padronizado, por pesquisador único, permitindo identificar cinco condições básicas de acometimento (ingestão aguda, ingestão crônica, intoxicação aguda, intoxicação crônica e lesão do sistema nervoso); 2) avaliações dosimétricas do metal em sangue, cabelo e urina, por espectrofotometria de absorção atômica; e

3) investigação genotóxica envolvendo quatro indicadores, nomeadamente a frequência percentual de células esfoliadas de mucosa oral com micronúcleos; a frequência percentual de metáfases de linfócitos de sangue periférico, em cultura, com quebras cromatídicas; os acidentes cromatídicos; e os acidentes cromossômicos.

As informações geradas a partir desse esforço foram divulgadas durante a década de 1990 em periódicos e congressos no país e no exterior. Além disso, foram apresentadas em eventos ambientalistas internacionais, humanitários ou oficiais, como a Conferência Mundial das Nações Unidas para o Meio Ambiente, a ECO 92 e o I Simpósio Brasileiro de Vigilância Sanitária, em 2002. Foram mais de 20 textos que sustentaram dissertações de mestrado e teses de doutorado na UnB, bem como constituíram segmento próprio da linha de pesquisa de Estudos Multicêntricos Colaborativos do Grupo de Saúde Coletiva e Atividade Física da Universidade de Campinas (UNICAMP). Contudo, atualmente essas informações se encontram atomizadas em diferentes bases bibliográficas. Assim, o objetivo da presente comunicação é reunir e apresentar, na respectiva seqüência cronológica, elementos desse conjunto, de modo a permitir a reconstrução de racionalidades, procedimentos e resultados.

## OS ESTUDOS PIONEIROS

Nossas primeiras explorações se deram como parte do chamado Projeto Tocantins. Sediado na cidade de Porto Nacional, Estado do Tocantins, o projeto utilizou as instalações fixas de área rural da Universidade Federal de Goiás (UFG), o equipamento ambulatorial e laboratorial móvel do Laboratório de Genética Médica da UnB e as unidades de rede básica de serviços de saúde da região, e contou com o apoio decidido de autoridades civis e sanitárias e lideranças sindicais. Os recursos nacionais foram providos pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e os internacionais, pelo Instituto Nacional de Ciências da Saúde Ambiental (Na-

tional Institute of Environmental Health Sciences, NIEHS), dos Estados Unidos.

Inicialmente, foram estudadas 41 pessoas, entre garimpeiros, familiares e controles. Os primeiros resultados apresentados (1) revelaram que não só os garimpeiros, mas também seus familiares, apresentavam taxas de mercúrio na urina estatisticamente distintas das observadas em controles normais. A publicação subsequente (2) veio dimensionar a relevância de tais achados, ao aprofundar o plano analítico especificamente nas relações clínico-dosimétricas. De fato, a comparação entre os postos médios da distribuição de sinais e sintomas das condições clínicas nos três grupos considerados, através do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, não revelou distribuição preferencial em seu interior. Já a aplicação do teste de Goodman para populações multinomiais indicou que concentrações urinárias do metal abaixo ou iguais a 20 ppm apresentaram gradiente decrescente estatisticamente significativo no sentido de controles, familiares e garimpeiros, o qual se inverte quando se consideram os valores superiores ao limite referido, apontando para risco ocupacional diferenciado nos garimpeiros. Posteriormente, essas informações foram exploradas em relação aos quatro indicadores genotóxicos mencionados (3). Foi observada correlação de Spearman significativa ( $P < 0,05$ ) para os valores de mercúrio no cabelo e a frequência de quebras cromatídicas.

Em síntese, tais abordagens exploratórias permitiram constatar presença de mercúrio no organismo de garimpeiros, familiares e controles, com distribuição ocupacional significativa e correlacionada diferencialmente com indicadores de ação genotóxica.

## AMPLIANDO AS OBSERVAÇÕES

Ao iniciar-se a fase subsequente dos trabalhos, foi possível incorporar a dimensão ambiental mais ampla aos estudos empreendidos, sendo as observações estendidas a outros grupos na Amazônia brasileira, nomeadamente indígenas e ribeirinhos.

A partir da viabilização do Projeto Xingu, foram feitas três expedições sucessivas, nas quais os procedimentos já descritos foram aplicados a 625 pessoas, sendo 66 ribeirinhos, 142 garimpeiros e 417 índios. Foi escolhido o grupo Kayapó, especificamente duas aldeias em seu interior, Gorotire e Djudjetiktire, por incluírem em suas áreas garimpos de ouro. Trata-se de extensa área no sul do Estado do Pará, às margens do rio Fresco, afluente do Xingu. Inicialmente foram estudadas 41 pessoas (4), com predomínio intencional do segmento de gestantes, face à recomendação de grupo de especialistas da Organização Mundial da Saúde (OMS) quanto à prioridade de estudos sobre o hidrargirismo, em nível coletivo, no referido estrato. Em síntese, os resultados obtidos, em que pesem possíveis limitações quanto à representatividade e volume dos mesmos, apontam no sentido de que as índias gestantes, embora não expostas diretamente ao vapor de mercúrio, apresentaram o maior valor registrado de mercúrio no cabelo (1,3 ppm), a maior frequência entre os grupos com valores elevados (33,33%) e a maior relação Hg orgânico/Hg total (87,3 e 83,6%).

Dada a necessária e real composição interdisciplinar do grupo de investigadores, informações de interesse mais setorial foram sendo geradas concomitantemente (5). Assim, Serra et al. (6) relataram elementos etnográficos relevantes, enquanto Carvalho et al. (7) e Gonçalves et al. (8) se dedicaram à publicação de aspectos relacionados à atividade física do grupo populacional considerado. Os resultados genotóxicos mais expressivos consistiram na elevada frequência de micronúcleos em pessoas com as dosimetrias mais elevadas, apesar do procedimento duplo adotado (9).

Vistos os dados então apurados de forma mais aprofundada, o nível de mercúrio total foi investigado em sangue e urina (260 e 190 amostras, respectivamente), encontrando-se nos índios os valores mais elevados (10). Tais características também foram observadas na terceira matriz investigada, amostras de cabelo (11–15). Foi apurado que 24% dos índios tinham níveis de metilmer-

cúrio superiores a 10 mg/g, contra 6% dos garimpeiros. As frequências com valores inferiores a 2 mg/g foram, respectivamente, 3 e 5,8%. Entenderam-se tais informações como de considerável gravidade, por indicar maior exposição dos índios, atingidos pela ingestão de peixes contaminados pela água, a essa forma do metal, apesar de não terem contato direto com o garimpo.

A exposição ocupacional vinculada à forma inorgânica do metal também foi expressa por índios e garimpeiros na urina (com frequência de concentrações de até 20 mg/mL de 26 e 42%, respectivamente) e no sangue. O acúmulo gradual das informações até esse momento explicitou uma aparente divergência entre os resultados obtidos pela iniciativa e os resultados obtidos por outras iniciativas de ampla divulgação, que apontavam para riscos moderados de contaminação. Um exemplo paradigmático foram os níveis dosimétricos de Hg habitualmente relatados em matrizes biológicas de pessoas residentes na área considerada: em cabelo, por exemplo, foram apresentadas, em Kayapó-Gorotire, cifras entre 3,10 e 6,34 ppm (16), e em garimpeiros e habitantes do ecossistema do Rio Madeira, entre 1,00 e 23,7 ppm (17, 18). Tal fato foi apresentado à 49ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (19).

### REVELANDO ESPECIFICIDADES EM DIREÇÃO A QUESTÕES GERAIS

A seguir, atenção diferenciada foi conferida ao componente materno-infantil da população indígena estudada e já caracterizada (20, 21). Foram estudadas 60 gestantes e puérperas, 39 e 21, respectivamente (26 gestantes Gorotire e 13 Djudjetiktire; 17 puérperas Gorotire e quatro Djudjetiktire) (21).

A implementação das sucessivas expedições para levantamento dos dados foi efetivada a partir de desenho observacional que permitiu alcançar diversas mulheres tanto na gestação quanto no puerpério. O nível médio de mercúrio no cabelo das grávidas Gorotire, considerando as três expedições reali-

zadas, foi de 7,45 ppm; para as grávidas Djudjetiktire, esse valor foi de 9,88 ppm. Após o parto, constataram-se níveis de mercúrio menores em 75% das mulheres avaliadas nas duas ocasiões (média de 6,45 ppm nas puérperas Gorotire e de 7,75 nas puérperas Djudjetiktire). Nessa oportunidade, nenhum dos valores obtidos foi superior aos limites estabelecidos pela OMS. A comparação entre os dados correspondentes aos dois momentos revelou queda estatisticamente significativa em nível de 1% ( $t = 3,27$ ). Descritivamente, a visão que se adquiriu é a de que o parto estaria depurando a mulher dos teores gestacionais de mercúrio que anteriormente apresentava.

Globalizações dos dados do Projeto Xingu foram exercitadas a seguir. Com efeito, tomaram-se para estudos de tendência (22) as 345 pessoas alocadas por ocasião da segunda expedição. Nessa ocasião, foram identificadas numerosas correlações significativas entre as variáveis investigadas, com destaque para as implicações dosimétricas de idade, tempo de trabalho no garimpo e duração da exposição ocupacional como queimador.

Ademais, além de investigar os danos causados pela prática predatória sobre os indivíduos em contato direto ou indireto com o garimpo, interessou levantar informações estratégicas sobre eventuais implicações de tais danos sobre gerações vindouras. Assim, foi realizado um estudo genotóxico (23) abrangendo 122 índios de ambas as nações e 108 garimpeiros. Procedeu-se à contagem, em percentual, de micronúcleos de células esfoliadas de mucosa oral, bem como da frequência relativa de aberrações cromossômicas numéricas e estruturais em preparações de linfócitos de sangue periférico mantidos em cultura. Os micronúcleos relevaram-se mais frequentes nos índios e as aberrações cromossômicas numéricas, nos garimpeiros.

### A DÉCADA DE CONQUISTAS

No plano internacional, a década aqui tratada caracterizou-se pela consolidação de ações populares, desen-

volvimentos conceituais, inovações governamentais e iniciativas colaborativas multilaterais que apontam, em termos amplos, para perspectivas positivas quanto à redução dos riscos associados ao uso inadequado do mercúrio em nosso continente latino-americano. Destacam-se a conferência realizada em Sundsvall, na Suécia, em 1991, que explicitou a relação direta entre saúde e meio ambiente; e a ECO 92, no Rio de Janeiro, que em 1992 agregou a essa diáde a noção de desenvolvimento. Pelo menos mais três marcos —as declarações de Santafé de Bogotá, de Jacarta e do México— se divisam como paradigmáticos nesse sentido (24).

Especificamente quanto aos dados anteriormente apresentados, visualiza-se, como medida indispensável, a problematização do alcance técnico e das repercussões sociais das informações geradas, junto a intelectuais, governantes e sociedade civil em seus múltiplos segmentos. Com efeito, essa é uma das maiores lições —senão a maior— apreendidas em todos os episódios anteriormente conhecidos de contaminação ambiental pelo mercúrio. No Iraque, no Canadá, na Tailândia, na Itália, nos Estados Unidos e, sobretudo, no Japão (episódio a partir do qual a contaminação mercurial passou a ser conhecida pelo nome da baía

onde os fatos se deram), as conseqüências e repercussões têm tomado a população despreparada face a episódios tão gravosos.

No caso brasileiro, as perspectivas de desdobramento da situação se revelam perturbadoras. As condutas tecnicamente conhecidas para manejo da questão são bastante complexas e não parecem encerrar possibilidade de adoção e superação na dependência de esforços unicamente intra-setoriais, dado que sinalizam na direção de: 1) impedimento do extrativismo aurífero; ou 2) impedimento do uso do mercúrio no extrativismo aurífero; ou 3) impedimento do uso do mercúrio no extrativismo aurífero exceto com o emprego de retortas. Seja qual for a alternativa que venha a ser contemplada, é essencial que o custo social envolvido seja contabilizado.

De fato, no país, medidas vigorosas têm sido fortemente reclamadas e expressas a respeito. No plano do diagnóstico de situação, o Conselho Nacional de Saúde estabeleceu diretrizes precisas para a investigação em seres humanos a partir do texto básico da Resolução 196/1996 (25), que fixou critérios e procedimentos voltados à proteção, segurança e salvaguarda de sujeitos de pesquisa. Com atinência ao aqui tratado, a subsequente Resolução 304/2000 (26) fixa as determinações

para as intervenções junto a populações nativas, e a Resolução 292/1999 (27) o faz em relação a pesquisas coordenadas do exterior ou com participação estrangeira e pesquisas que envolvem remessa de material biológico para o exterior.

No âmbito do tratamento e controle, o estatuto do Sistema Único de Saúde (SUS) veio para universalizar a atenção à saúde em todo o território brasileiro (28), situando os indígenas como grupo para o qual foram organizados serviços assistenciais e preventivos específicos, e o hidrargirismo como agravo que demanda manejo prioritário. Nesse contexto, o Programa de Saúde da Família contempla diferenciadamente gestantes, puérperas e crianças (29). Assim, durante a década considerada pôde-se testemunhar, no Brasil, o surgimento e aplicação de instrumentos legais normalizadores de aspectos apontados no presente artigo, conformando indícios, inclusive para as vítimas de agravos ambientais, de novos padrões de dignidade na saúde e de ética pública pioneira.

**Agradecimentos.** O projeto recebeu apoio financeiro da Fundação Mata Virgem e do Fundo de Apoio ao Ensino e Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

## REFERÊNCIAS

- Ferrari I, Gonçalves A, Barbosa A, Centeno AJ, Padovani CR, Gonçalves NNS, et al. Investigação de genotoxicidade em pessoas profissionalmente expostas ao mercúrio em garimpos da Amazônia Legal. *Rev Bras Genet.* 1991;14(3 supl):260.
- Ferrari I, Gonçalves A, Centeno AJ, Padovani CR, Gonçalves NNS, Paixão N, et al. Investigação de genotoxicidade em pessoas profissionalmente expostas ao mercúrio em garimpos na Amazônia Legal I—resultados clínicos e dosimétricos. *Rev Bras Saude Ocup.* 1992;75(20):54–60.
- Ferrari I, Gonçalves A, Barbosa A, Centeno AJ, Padovani CR, Gonçalves NNS. Investigação de genotoxicidade do mercúrio em pessoas profissionalmente expostas em garimpo de região da Amazônia Legal II—resultados dosimétricos e genotóxicos. *Rev Bras Saude Ocup.* 1992;76(20):10–4.
- Ferrari I, Gonçalves A, Barbosa AC, Serra OJ, Brasileiro I, Padovani CR, et al. Saúde, garimpo e mercúrio entre os Kayapó: estudo exploratório. *Salusvita.* 1993;12(1):113–26.
- Ferrari I, Gonçalves NNS, Serra OJT, Barbosa AC, Gonçalves A. Saúde, garimpo e mercúrio entre os Kayapó-Gorotire e Djudjetiktire: resultados de estudo exploratório. 44ª Reunião Anual da SBPC. São Paulo: SBPC; 1992. P. 674.
- Serra OJT, Ferrari I, Gonçalves NNS, Carvalho YM, Gonçalves A. Saúde, garimpo e mercúrio entre os Kayapó-Gorotire e Djudjetiktire: tendências, implicações e perspectivas. 44ª Reunião Anual da SBPC. São Paulo: SBPC; 1992. P. 677.
- Carvalho Y, Ferrari I, Serra OJT, Barbosa AC, Gonçalves A. Saúde e atividade física em população indígena brasileira: estudo da aldeia Gorotire Kayapó. VII Congresso Brasileiro em Ciências do Esporte. Uberlândia: Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte; 1991. P. 242.
- Gonçalves A, Ferrari I, Barbosa AC, Serra OJ, Padovani CR, Brasileiro I, et al. Garimpo, mercúrio, saúde e atividade física em aldeia Kayapó: peculiaridades observadas entre gestantes. VII Congresso Brasileiro em Ciências do Esporte. Belém: Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte; 1993. P. 36.
- Ferrari I, Gonçalves A, Barbosa A, Brasileiro I, Padovani CR. Mutagenicity, health, gold-mining and mercury: an epidemiological study of chromosomal aberrations in miners, Indians and controls in Brazilian Amazon regions. Em: Sixth International Conference on Environmental Mutagens. Melbourne: Australia and New Zealand Environmental Mutagen Society (ANZEMS); 1993. P. 324.
- Barbosa AC, Ferrari I, Serra OJT, Brasileiro I, Padovani CR, Gonçalves NNS, et al. Saúde,

- garimpo e mercúrio entre os Kayapó-Gorotire e Djudjetiktire: resultados dosimétricos e genotóxicos. 44<sup>o</sup> Reunião Anual da SBPC. São Paulo: SBPC; 1992. P. 676.
11. Barbosa AC, Boisichio AA, East GA, Ferrari I, Gonçalves A, Silva PRM, et al. Mercury contamination in Brazilian Amazon: environmental and occupational aspects. *Water Air Soil Pollut.* 1995;80(1-4):109-21.
  12. Ferrari I, Padovani CR, Serra OJ, Barbosa A, Gonçalves A, Centeno AJ, et al. Projeto Xingu: aberrações citogenéticas. 48<sup>o</sup> Reunião Anual da SBPC. São Paulo: SBPC; 1996. P. 114.
  13. Barbosa AC, Gonçalves A, Serra OJ, Padovani CR, Ferrari I, Gonçalves NNS. Projeto Xingu: avaliações dosimétricas. 48<sup>o</sup> Reunião Anual da SBPC. São Paulo: SBPC; 1996. P. 114.
  14. Gonçalves A, Barbosa AC, Ferrari I, Padovani CR, Gonçalves NNS. Projeto Xingu: análises inferenciais. 48<sup>o</sup> Reunião Anual da SBPC. São Paulo: SBPC; 1996. P. 115.
  15. Couto CRS, Câmara VM, Sabrosa PC. Intoxicação mercurial: resultados preliminares em duas áreas garimpeiras. *Cad Saude Publica.* 1988;4(3):301-15.
  16. Hacon S. Contaminação por mercúrio na Amazônia [relatório]. Brasília: Organização Mundial da Saúde; 1990.
  17. Pfeiffer WC, Malm O, Souza CMM, de Lacerda LD, Silveira EG, Bastos WR. Mercury in the Madeira River ecosystem, Rondônia, Brazil. *Forest Ecol Manag.* 1991;38:239-45.
  18. Gonçalves A, Ferrari I, Brasileiro I, Serra OJ, Padovani CR, Gonçalves NNS. Efeitos à saúde pelo uso do mercúrio em garimpos de ouro em nosso meio: diagnóstico de realidade Kayapó. 49<sup>o</sup> Reunião Anual da SBPC. Belo Horizonte: SBPC; 1997. P. 155-6.
  19. Gonçalves A, Ferrari I, Serra OJ, Padovani CR, Gonçalves NNS, Brasileiro I. Contaminações de gestantes, puérperas e neo-natos Kayapó. V Congresso Brasileiro em Saúde Coletiva. Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva; 1997. P. 80.
  20. Gonçalves A, Ferrari I, Barbosa AC, Serra OJ, Padovani CR, Brasileiro I, et al. Evolução materno-infantil da contaminação por mercúrio: estudo em duas populações indígenas brasileiras. *Rev Bras Med.* 1998;55(8):612-20.
  21. Gonçalves A, Ferrari I, Barbosa AC, Serra OJ, Padovani CR. Contaminação do mercúrio em populações de garimpos de ouro em área da Amazônia Legal: apurando o diagnóstico de realidade Kayapó. *Salusvita.* 1999;18(1): 1-17.
  22. Gonçalves A, Ferrari I, Padovani CR, Serra OJ, Barbosa A, Gonçalves NNS, et al. Intoxicação humana pelo mercúrio: revisão clínica e evidências de genotoxicidade em populações da Amazônia Legal. *Rev Bras Med.* 2002;59 (1/2): 99-102.
  23. Brasil, Ministério da Saúde. Promoção da saúde. Brasília: Secretaria de Políticas da Saúde; 2001.
  24. Brasil, Ministério da Saúde. Resolução n° 196 de 10 de outubro de 1996: aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília: Conselho Nacional de Saúde; 1996. Disponível em <http://conselho.saude.gov.br/docs/Resolucoes/Reso196.doc>. Acessado em setembro de 2004.
  25. Brasil, Ministério da Saúde. Resolução n° 304 de 9 de agosto de 2000: trata de área temática especial populações indígenas. Brasília: Conselho Nacional de Saúde; 2000. Disponível em <http://conselho.saude.gov.br/docs/Reso304.doc>. Acessado em setembro de 2004.
  26. Brasil, Ministério da Saúde. Resolução n° 292 de 8 de julho de 1999: trata de pesquisas coordenadas do exterior ou com participação estrangeira e pesquisas que envolvem remessa de material biológico para o exterior. Brasília: Conselho Nacional de Saúde; 1999. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/docs/Resolucoes/Reso292.doc>. Acessado em setembro de 2004.
  27. Brasil. Lei 8080 de 19 de setembro de 1990: trata das condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. *Diário Oficial da União* 182 20 setembro 1990:18055-9.
  28. Brasil, Ministério da Saúde. Saúde da família: uma estratégia para a reorientação do modelo assistencial. Brasília: Ministério da Saúde; 1994.

Manuscrito recebido em 15 de abril de 2003. Aceito em versão revisada em 28 de julho de 2004.

## ABSTRACT

### Human exposure to mercury in the Brazilian Amazon: a historical perspective

The objective of the present article was to present the most important data generated by a multicentric study carried out by Brazilian researchers who, with the support of national and international institutions, worked during the 1990s to describe human exposure to mercury in gold mining areas in the Brazilian Amazon. Three sets of procedures were followed with residents of the Tocantins and Xingu river basins: (1) clinical examination, based on a standardized protocol and performed by a single researcher, in order to identify five basic levels of contamination; (2) determination of mercury levels in blood, hair, and urine, using atomic absorption spectrophotometry (Xingu Project); and (3) investigation of genotoxicity by using four cytogenetic indicators. During the first stage, 41 individuals were studied. Mercury was found in miners and their family members. Contamination was significantly associated with occupation and showed a differential correlation with genotoxicity indicators. After that, the Xingu project, which encompassed 625 individuals, focused on 417 Kayapó natives from the Gorotire and Djudjetiktire villages; 142 miners; and 66 riverine individuals (ribeirinhos). The highest levels of methylmercury in hair and total mercury in blood and urine were found among the Indian population. Contamination with inorganic forms of mercury was also observed in the blood, hair, and urine of Indians. Following a specific recommendation from the World Health Organization, special attention was given to pregnant Gorotire and Djudjetiktire women, who, although not directly exposed to mercury vapors, showed considerable levels of mercury intoxication. Despite this worrisome scenario, a number of social achievements in the 1990s point to new standards of dignity in health care and of social ethics in Brazil that could benefit everyone, including the victims of environmental injury.