



## INFORMAÇÃO TÉCNICA nº 20/2007 - COHID/CGENE/DILIC/IBAMA

Brasília, 23 de abril de 2007.

**A:** Coordenadora de Energia Hidrelétrica e Transposições  
Moara Menta Giasson

**Assunto:** Aproveitamentos Hidroelétricos Santo Antônio e Jirau – Rio Madeira

**Processo nº:** 02001.003771/2003-25

### **I – Introdução**

---

Esta informação técnica tem como objetivo o atendimento dos despachos exarados às folhas 1553, 1554 e 1555 do processo nº 02001.003771/2003-25, pelo Diretor de Licenciamento Ambiental, pelo Coordenador Geral de Infra-Estrutura de Energia Elétrica e pela Coordenadora de Energia Hidrelétrica e Transposições, respectivamente, solicitando a elaboração de questionamentos a serem submetidos à empresa proponente e especialistas contratados.

A problemática relacionada à presença de mercúrio no rio Madeira é de relevância ao ambiente e a saúde pública. Trata-se de um tema bastante específico, principalmente quanto a elaboração de prognósticos sobre o processo de metilação e os impactos que este metal solubilizado pode causar a biota aquática e saúde pública.

Dada a especificidade e o primor técnico que este assunto deve ser tratado, é de fundamental importância, para efetivamente contribuir com o processo, que seja contratado especialista de notório saber, com conhecimento e experiência comprovada em hidrobiogeoquímica do mercúrio nas águas do rio Madeira e tributário, especialmente quanto a elaboração de prognósticos e medidas de prevenção e gestão do processo de metilação.

Toda a análise deverá ser realizada com base no conhecimento do especialista de notório saber, embasada tecnicamente e de forma didática. Em todas as análises específicas aos AHEs Santo Antônio e Jirau deverá ser feita uma relação entre as colocações do especialista e os documentos formais do Processo IBAMA\_Nº\_ 02001.003771/2003-25, destacando-se o Estudo de Impacto Ambiental e o Parecer Técnico Nº 014/2007 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA de 21 de março de 2007.

## II – Análise

---

### Diagnóstico

Durante as décadas de 70 e 80, a bacia do rio Madeira foi uma das regiões mais importantes da Bacia Amazônica na produção de ouro de garimpo. Embora a atividade de mineração de ouro no rio Madeira, em território brasileiro, tenha decrescido significativamente nos últimos 15 anos, continua plenamente ativa, em crescimento, nos rios Madre de Dios e Beni, responsável pela emissão anual de 0,25 a 0,5 t de Hg da porção boliviana para a porção brasileira da bacia.

A contribuição por dispersão atmosférica também vem sendo ampliada nos últimos anos. Não desconsiderando a ocorrência de Hg de origem natural, que no caso do Rio Madeira, as fontes podem ser originárias da Cordilheira dos Andes em função do processo de erosão natural, o solo da região, também rico em Hg, apresenta o dobro dos teores quando comparada aos sedimentos de fundo e em suspensão no rio.

O crescente aumento do uso do solo e ocupação da região, comprovadamente, vem contribuindo para mobilização do mercúrio, através da emissão decorrente do desmatamento, seguido de queimada, e a conseqüente erosão do solo, como fator de transporte de mercúrio adsorvido a partículas. Esses solos atuam como depósito de Hg que, por erosão e lixiviação, acabam atingindo os sistemas aquáticos adjacentes.

O EIA/RIMA revela que mesmo com a significativa redução nos lançamentos de Hg proveniente das atividades de mineração de ouro na região, constata-se sua presença no meio aquático da bacia de drenagem do rio Madeira. A análise de mercúrio tanto em sólidos em suspensão, como nos sedimentos de fundo, indicou a ocorrência de valores elevados no rio Mutum-Paraná, em ambos períodos (novembro/03 e março/04). Esse rio merece atenção por ter tido uma oficina fluvial para garimpeiros de ouro realizarem a manutenção de suas balsas e dragas no auge da exploração do ouro na região, entre as décadas de 70 e 90. Ainda hoje esse rio é utilizado como apoio logístico para balsas e dragas, servindo de refúgio no período de cheia e local de manutenção dos equipamentos.

Uma vez lançando no sistema aquático, o mercúrio metálico tende ir para o fundo, transportado até áreas de “encaixes”, onde ficaria retido. As regiões de maior probabilidade desta deposição seriam as áreas de cachoeiras ou remansos. Estima-se que, aproximadamente, 40 t de Hg estejam depositadas na sub-bacia do Rio Madeira. Certamente, parte do Hg que chega aos sistemas aquáticos vem se transformando em metil-Hg, bioacumulando e biomagnificando ao longo da cadeia trófica, como comprovam as análises de mercúrio em peixes.

Atualmente, a concentração de mercúrio em peixes encontra-se acima dos limites legais, especialmente nos casos de espécies piscívoras. Os resultados indicaram que, dos 89 espécimes de peixes coletados, 36 % apresentaram concentrações de mercúrio acima da máxima recomendada para consumo humano pela OMS (0,500 g.g<sup>-1</sup>). As espécies *Pellona* sp (apapá), *Acestrorhynchus* sp (arumará), *Rhaphiodon* sp (peixe-cachorro) e

*Plagioscion* sp (pescada), todas de hábito alimentar carnívoro, apresentaram valores médios superiores ao padrão mencionado. Estudos no baixo rio Madeira comprovam a ocorrência do fenômeno de biomagnificação.

Os peixes predadores podem acumular altos níveis de mercúrio e funcionar como veículos desta forma química do mercúrio para seus consumidores, como répteis, aves e os seres humanos, o que de certa forma justifica os resultados obtidos nas análises da contaminação humana. A avaliação toxicológica humana por Hg, utilizando amostras de cabelo, das comunidades de Fortaleza do Abunã, Cachoeira dos Macacos, Cachoeira Teotônio, Conceição, Gleba Jaci-Paraná, Jatuarana, Joana D'Arc, Maloca e Morrinhos apresentaram valores médios superiores ao que orienta a OMS (até 6,00  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), tendo as maiores concentrações nas pessoas de sexo masculino.

Embora os compartimentos não biológicos tenham apresentado uma redução das concentrações de Hg, o mesmo não foi observado nas matrizes biológicas ao longo dos últimos 15 anos. Entretanto, apesar dos valores elevados, não se registra a toxicologia do Hg na população ribeirinha da região. Sabe-se que o pescado é o principal vetor da entrada de Hg nas comunidades ribeirinhas, mas graças a esta importante fonte protéica, observam-se comunidades aparentemente saudáveis, no que diz respeito à desnutrição, apesar do risco de contaminação com mercúrio.

O EIA enfatiza que os fenômenos de transformação química e a biodisponibilidade do Hg já ocorrem na bacia do Rio Madeira, assim como em outros rios da região. Por ser um poluente conservativo, não se podem ignorar as centenas de toneladas de Hg lançadas no passado, que podem estar “adormecidas” em depósitos difusos na calha do rio Madeira e afluentes, além do incremento atual. As porções inativas desse Hg metálico são fontes potenciais com riscos de sofrerem remobilização, por atividades que revolvam solos recentes, tais como as ações envolvidas na fase de construção deste projeto hidroelétrico, assim como nas atividades de mineração e dragagens na calha do rio, promovidas por garimpeiros de ouro no período de estiagem.

A metilação do mercúrio é controlada pelas variações das condições físicas e químicas do sistema aquático. Boas condições à formação do metilHg são observadas em ambientes ácidos, com baixos valores de potencial redox e concentração de matéria orgânica elevada. Por outro lado, em pH básico o mercúrio tem maior afinidade pela fração mineral, desfavorecendo a formação do metilHg. Quanto a formação de metilHg em meio aeróbico e anaeróbico há controvérsias, embora seja melhor observado nos ambientes anaeróbicos em presença de ácidos húmicos. Com isso, ambientes aquáticos de águas pretas possuem as melhores condições para essa transformação química do Hg em MetilHg do que os de águas brancas.

A análise elaborada por Forsberg & Kemenes (2006) destaca várias críticas ao EIA. De acordo com os autores, a ocorrência natural de mercúrio na região é bastante significativa e deveria ter sido melhor abordada pelo estudo. O levantamento de mercúrio em solos deveria ter incluído perfis verticais, a fim de avaliar a ocorrência natural para cada tipo de solo e as possíveis áreas de “encaixe” decorrente das atividades antrópicas. Os

autores também questionaram o limite de detecção do método utilizado para determinar as concentrações de mercúrio em água. Para demonstrar e quantificar a bioacumulação de mercúrio, o EIA utilizou espécies de peixes de diferentes níveis tróficos. Entretanto, de acordo com Forsberg & Kemenes (2006), a maioria das espécies escolhidas são migradoras. A investigação da influência de variações ambientais sobre a metilação, bioacumulação e biomagnificação de mercúrio só pode ser feita utilizando espécies não-migratórias, como Traíra (*Hoplais spp*) e Tucunaré (*Cichla sp*), normalizados por tamanho. Embora o EIA tenha utilizado também estas espécies, o número de exemplares foi insuficiente e as coletas espacialmente restritas. O EIA não avaliou os elos-chave na transferência de mercúrio para os elos superiores da cadeia alimentar aquática, como organismos zooplancônicos e invertebrados aquáticos.

De acordo com o exposto, considerando as estimativas precárias da quantidade de mercúrio, seja de origem natural ou antrópica, existente no trecho do rio Madeira e tributários, e as futuras alterações decorrentes da suposta implantação do empreendimento, não há subsídios conclusivos que permitam avaliar corretamente o risco de remobilização, metilação, bioacumulação e biomagnificação do mercúrio em função da execução da obra proposta.

### **Impacto**

As grandes quantidades de mercúrio despejadas no ambiente, durante o auge do garimpo, podem ser remobilizadas e disponibilizadas em resposta a alterações no ambiente, tais como a construção de reservatórios e as atividades de dragagem.

O EIA relaciona a ressuspensão de elementos metálicos presentes no sedimento de fundo somente às atividades de revolvimento da calha do rio Madeira para construção do eixo do barramento, como abertura do canal de desvio e construção das ensecadeiras. Atividades que ocorrerão durante as obras de construção. Esse impacto foi avaliado pelo estudo como temporário, restrito à fase de construção, com um potencial sinérgico entre os dois empreendimentos, Jirau e Santo Antônio, uma vez que os efeitos podem ser somados.

Contudo, o risco de ressuspensão e remobilização do mercúrio não foi abordado de forma satisfatória pelo EIA/RIMA, tendo sido necessária a solicitação de complementação, de onde foram extraídas as observações apresentadas a seguir.

Estima-se que na década de 80, a atividade de garimpo emitiu para o meio ambiente cerca de 90 toneladas de mercúrio, sendo que aproximadamente 40 toneladas podem estar na calha do rio sob a forma metálica. Na fase de movimentação de terras, perfurações e extrações do material rochoso e sedimentos das cachoeiras do Jirau e Santo Antônio para a construção das barragens haverá risco de remobilização de Hg, por se tratar de áreas de possíveis de Hg metálico. Caso sejam encontrados esses depósitos, o material deverá ser recolhido e armazenado em reservatórios de polietileno.

Uma vez remobilizado e não recuperado, o Hg metálico poderá sofrer a transformação química regulada pelas condições físicas, químicas e biológicas do meio, ou se depositar a jusante, em outros depósitos ao longo da calha do rio, tendendo a se imobilizar como na condição inicial. O mercúrio de origem natural, adsorvido na forma

química  $Hg^{+2}$  no sedimento de fundo e nos sólidos em suspensão, também poderá ser remobilizado e disponibilizado.

Durante e após a fase de enchimento do reservatório, ocorreriam mudanças físicas e químicas na água dos tributários do rio Madeira, podendo promover o aumento da metilação do Hg, principalmente pela decomposição da matéria orgânica. De acordo com a modelagem, em alguns casos, como nos bolsões a jusante de Teotônio, as águas do rio Madeira invadirão os igarapés, fenômeno conhecido na região de “repiquete”, que acontece em situações de elevações brusca do nível do canal, levando a alterações na química da água, podendo influenciar o processo de metilação que já vem ocorrendo nesses ambientes.

No igarapé Jatuarana, que apresenta baixa vazão, assim como outros braços menores, ocorreria a inversão de fluxo durante o enchimento, promovendo a anoxia. Esta preocupação está fundamentada nas condições ideais para a metilação, ou seja: anoxia, acúmulo de matéria orgânica, aumento de atividade microbológica, elevação da temperatura e diminuição do pH, além da proliferação de macrófitas. Portanto, neste ambiente, e em outros que compartilham destas características, haverá risco de mobilização de mercúrio.

A redução da velocidade de fluxo do rio Madeira, associado ao represamento de seus afluentes, favorecerá a formação de banco de macrófitas aquáticas. Essas áreas potenciais formadoras de banco de macrófitas foram evidenciadas na modelagem matemática, a exemplo dos afluentes de baixa vazão, como os: Igarapés Caiçara, Jirau, Jatuarana e Mucuí. Em recentes estudos, as raízes da espécie *Eichhornia crassipes* demonstrou ser um micro-habitat eficiente para a metilação do Hg adsorvidos a partículas. Estes ambientes também merecem atenção especial.

A quantificação da mobilização e metilação do Hg, mesmo por simulação, de acordo com o estado de conhecimento atual no tema, ainda não é possível. Após a disponibilização e metilação do Hg não se conhece meios de evitar entrada na biota e, conseqüentemente, chegar aos seres humanos.

### **III – Conclusão**

---

Em síntese, estima-se que estejam depositadas na sub-bacia do Rio Madeira aproximadamente 40t de Hg. As regiões de maior probabilidade desta deposição seriam as áreas de cachoeiras ou remansos. As porções inativas desse Hg metálico são fontes potenciais com riscos de sofrerem remobilização, por atividades que envolvam solos recentes, tais como as ações envolvidas na fase de construção deste projeto hidroelétrico. Durante e após a fase de enchimento do reservatório, ocorreriam mudanças físicas e químicas na água dos tributários do rio Madeira, podendo promover o aumento da metilação do Hg, principalmente pela decomposição da matéria orgânica. Bancos de macrófitas, possíveis de serem formados em decorrência dos represamentos, seriam micro-habitats eficiente para a metilação do Hg. No entanto, a quantificação da mobilização e metilação do Hg, mesmo por simulação, de acordo com o estado de conhecimento atual no

tema, ainda não é possível. Assumido o risco de disponibilização e metilação do Hg, não se conhecem meios de evitar entrada na biota e, conseqüentemente, chegada aos seres humanos.

Conforme exposto, julga-se imprescindível que os questionamentos apresentados a seguir sejam plenamente respondidos, a fim de subsidiar as próximas etapas do processo.

### **Perguntas**

1. Considerando as estimativas da quantidade de mercúrio, seja de origem natural ou antrópica, existente no trecho do rio Madeira e tributários, e as futuras alterações decorrentes da suposta implantação do empreendimento, existem subsídios conclusivos que permitem avaliar o risco de remobilização, metilação, bioacumulação e biomagnificação do mercúrio em função da execução da obra proposta?

2. Com relação a possível ocorrência de depósitos de mercúrio nos locais que sofrerão intervenções diretas das obras das barragens, como escavação e dragagem, quais medidas de controle viáveis que deverão ser tomadas a fim de evitar o risco de contaminação dos trechos a jusante?

3. Os modelos hidrológicos, sedimentológicos e biogeoquímicos em 1D e 2 D utilizados no EIA-RIMA eram suficientemente realísticos para prever a variação espacial nas condições limnológicas críticas para a metilação de mercúrio (e.g., anoxia, material orgânico dissolvido, pH e as distribuição de áreas alagáveis, plantas aquáticas e plantas terrestre mortas)?

4. Considerando as mudanças previstas nas condições hidrodinâmicas dos tributários e conseqüentes alterações na qualidade da água, em decorrência do barramento, quais seriam as possíveis medidas de controle caso este novo cenário viesse a favorecer o processo de metilação do mercúrio?

5. O aumento do desmatamento, em função do crescimento população decorrente do empreendimento, tende a aumentar o carreamento de solo para dentro dos corpos d'água. Considerando a ocorrência natural de mercúrio no solo da região, após a implantação do empreendimento, o risco de aporte de mercúrio para dentro dos corpos d'água será intensificado?

6. É conhecido que o nível de contaminação mercurial num ser humano é proporcional à carga diária de mercúrio que ele ingere através dos alimentos, normalizada ao seu peso corporal. Para avaliar o risco de contaminação associado à obra, este parâmetro deve ser medido em populações ribeirinhas antes da construção dos empreendimentos. A quantificação de mercúrio na população ribeirinha foi realizada de forma satisfatória para esta fase do processo?