

# **ESTIMATIVAS DAS EMISSÕES DE MERCÚRIO NO GARIMPO DE SÃO CHICO, ITAITUBA, PA**

**Rociléia Lima Alcântara**

Bolsista de Inic. Científica, Geografia, UNISUAM

**Flávia M. F. Nascimento**

Orientadora, Eng<sup>o</sup>. Geóloga, M. Sc.

**Saulo Rodrigues P. Filho**

Co-orientador, Geoquímico, D. Sc.

## **RESUMO**

O presente trabalho tem com objetivo dar continuidade ao Projeto de Avaliação Ambiental e de Saúde Humana sobre a Contaminação de Mercúrio no Garimpo de São Chico, município de Itaituba, realizado no período 2003-2004 pelo CODS (Coordenação de Desenvolvimento Sustentável) do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), com a colaboração do Instituto Evandro Chagas (IEC). A coordenação geral do projeto foi realizada pela United Nations Industrial Development Organization – UNIDO, como parte do Global Mercury Project - Removal

of Barriers to the Introduction of Cleaner Artisanal Gold Mining and Extraction Technologies. A partir dos resultados das concentrações de Hg em solos, sedimentos, rejeitos, poeiras, peixes e em espécies vegetais, realizados em diversos ambientes da região, buscou-se identificar mais informações quantitativas sobre estes ambientes e os principais processos de transformação do mercúrio que favorecem a bioacumulação e contaminação da população da região.

## **1. MERCÚRIO: PROPRIEDADES FÍSICAS, EFEITOS À SAÚDE E LEGISLAÇÃO**

### **Propriedades Físicas**

O Mercúrio (Hg) é um metal que possui temperatura de fusão de  $-38,9^{\circ}\text{C}$  e temperatura de ebulição de  $357,3^{\circ}\text{C}$  e seu peso específico é de  $13,6\text{ g/cm}^3$  ( $0^{\circ}\text{C}$ ). Devido à sua alta pressão de vapor ( $163 \times 10^{-3}\text{ Pa}$ ), evapora facilmente a temperatura ambiente: a  $20^{\circ}\text{C}$  sua concentração no ar pode alcançar até  $14\text{ }\mu\text{g/m}^3$  e a  $100^{\circ}\text{C}$  até  $2.400\text{ }\mu\text{g/m}^3$ . Possui meia vida de 70 a 84 dias (<http://www.gama-peru.org/libromedmin/>).

### **Efeitos à Saúde Humana**

Hg inorgânico ou metálico - é muito pouco absorvido pelo trato gastrointestinal. Porém, os vapores de Hg metálico entram no organismo através do sangue, instalando-se nos órgãos. Os sintomas causados por esta forma de

contaminação são: dor no estômago, diarreia, tremores, depressão, ansiedade, gosto de metal na boca, dentes moles com inflamação, além de outros [www.areaseg.com/toxicos/mercurio.html](http://www.areaseg.com/toxicos/mercurio.html).

**Metilmercúrio** - É a forma de maior toxicidade, sua principal via de bioacumulação é pela dieta passando para os organismos superiores da cadeia alimentar. O principal alvo do metilmercúrio é o sistema nervoso central, onde afeta principalmente áreas específicas do cérebro, como cerebelo e lobos temporais. A intoxicação por metilmercúrio se caracteriza por:

- Ataxia: perda da coordenação dos movimentos voluntários
- Disartria: problemas nas articulações das palavras
- Parestesia: perda da sensibilidade nas extremidades das mãos e pés e em torno da boca, visão de túnel e perda da audição ([www.facome.uqam.ca/facome/pdf/cardoso\\_2002.pdf](http://www.facome.uqam.ca/facome/pdf/cardoso_2002.pdf)).

A acumulação de metilmercúrio nos rins é menor que no caso de intoxicação por Hg metálico. Por isto a urina não é um bom indicador de contaminação por metilmercúrio (Veiga *et al.*, 2002). O metilmercúrio é absorvido rapidamente e excretado lentamente pelas fezes (de 1 a 4% por dia) e uma pequena parte pelo cabelo. Normalmente o nível de metilmercúrio pelo cabelo é 300 vezes superior à concentração no sangue (Veiga *et al.*, 2002).

### Legislação no Brasil

O Brasil não é produtor de Hg, porém importa o metal para uso industrial. Na atividade de extração de ouro, o decreto N° 97.507, de 13/02/1989 veda seu uso, exceto em atividade licenciada pelo órgão ambiental competente. A Resolução CONAMA N° 344, de 25/03/2004 estabelece que níveis de Hg acima do limiar 0,486 µg/g pode causar um provável efeito adverso à biota. E o limiar abaixo de 0,17 µg/g prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota. E também recomenda o relatório da CETESB (2001) como referência para os valores de alerta e intervenção nas diversas áreas em função de seu uso (agrícola, residencial e industrial), Tabela 1.

**Tabela 1 – Valores de referência, Alerta e Intervenção da CETESB.**

Solos (mg/g)		Águas Subt. (mg/L)			
Referência	Alerta	Intervenção			Intervenção
		Agrícola	Residencial	Industrial	
0,05	0,5	2,5	5	25	1

<sup>1</sup>Padrão de Potabilidade da Portaria N° 518 de 25/03/2004 .Fonte: CETESB, 2001.

## 2. LOCALIZAÇÃO DA VILA E CARACTERÍSTICAS DO GARIMPO

A Vila de São Chico, localiza-se na coordenada 55° 57'60" de longitude W e 6°24'59" latitude S, próximo ao km 51 da estrada Transgarimpeira, município de Itaituba. Possui uma área de 23.174 m<sup>2</sup> com 63 casas de madeira, onde vivem 134 habitantes sob condições de baixa infraestrutura básica, Figura 1.

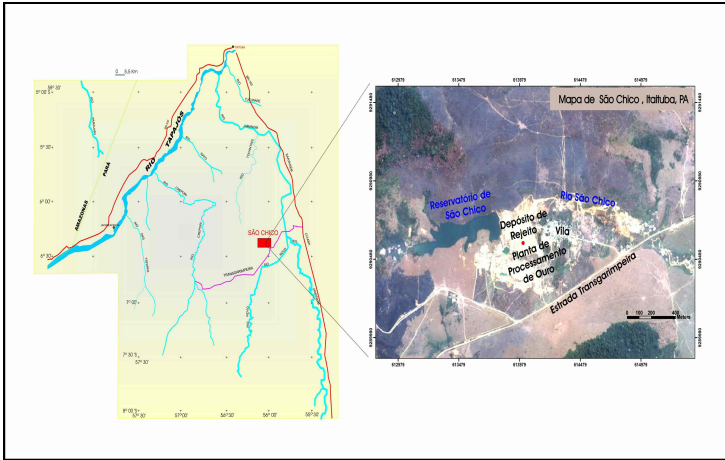


Figura 1 – Localização da Vila São Chico, Itaituba, Pará.

A garimpagem de ouro na vila iniciou em 1963 predominantemente por imigrantes Maranhenses (47%). Atualmente a produção está restrita ao reprocessamento dos rejeitos de solos lateríticos e aluvionares utilizando plantas rudimentares com moinhos de martelo e placas de cobre amálgamadas.

## 3. SITUAÇÃO ATUAL DA SAÚDE HUMANA NA VILA SÃO CHICO

Os resultados da avaliação da saúde humana na Vila de São Chico, realizada pela Fundação Carlos Chagas, indicaram significativa incidência de gosto metálico, parestesia, tremores e palpitação. Para parestesia, foi observada uma incidência em 30% dos garimpeiros. Os níveis de Hg em

amostras de cabelo são relativamente baixos, com 75% da população investigada apresentando concentrações de Hg menores do que 4 µg/g. Em relação a urina, 20,2% dos garimpeiros apresentaram teores de Hg inorgânico entre 10 e 50 µg/g. Cerca de 2,9% da população apresentam níveis de Hg maiores do que 50 µg/g. E 1,5% da população em São Chico estão na faixa de concentração mais elevadas superiores a 50 µg/g (Rodrigues Filho *et al.*, 2004). Comparando com os valores de alerta/intervenção os valores de Hg na população de São Chico são bastante elevados.

#### **4. AMBIENTES DE EXPOSIÇÃO AO MERCÚRIO NA VILA SÃO CHICO**

No Projeto Avaliação Ambiental e de Saúde Humana do Garimpo de São Chico ((Rodrigues Filho *et al.*, 2004) foram analisados os teores naturais (*background*) de Hg nos sedimentos e solos da região de São Chico e determinado os locais com maior concentração de mercúrio (*HotSpots*). Os teores naturais de Hg são ao redor de 0.15 µg/g nos 15 cm inferiores, e acima de 0.84 µg/g na superfície (Rodrigues Filho *et al.*, 2004). Os principais Hotspots, ou seja, locais onde há concentrações relativamente elevadas do Hg inorgânico em relação ao *background* são:

- ✓ As plantas de rebeneficiamento do minério
- ✓ Os depósitos de rejeitos
- ✓ Os sedimentos ao longo dos Córregos São Chico, Conrado e Rosa
- ✓ O reservatório de água de São Chico
- ✓ As casas e lojas de queima do amálgama
- ✓ A queima de florestas e pastagens
- ✓ Sedimentação atmosférica.

A seguir são apresentadas algumas análises quantitativas de Hg destes ambientes, onde a maior parte deles encontram-se indicados na Figura 2.

##### **a) Plantas de Rebeneficiamento do minério**

As principais plantas de rebeneficiamento na região de São Chico são Montanha, Rosa, São Conrado, Surucucu e Grotta. Com o objetivo de identificar a produção e as perdas de Hg em cada planta, foi utilizado o diagnóstico sócio econômico da vila, realizado em 2003 sob a coordenação da UNIDO (Mathis, 2003). Utilizando o número de trabalhadores, o salário de 10% da produção semanal, ou seja, 7 g de ouro por semana, e recuperação de Hg de 60% (Rodrigues *et al.*, 2004), foi calculado a produção de ouro, o consumo, a recuperação e as perdas de Hg.

A Tabela 1 indica que as plantas consomem cerca de 12,2 kg/semana de Hg para produzir cerca de 4 kg/semana de amálgama com ouro. Sendo a recuperação de Hg em torno de 60% com valor aproximado de 7,3 kg/semana. Sendo lançados no ambiente cerca de 4,8 kg/semana de Hg (40%). A planta da Montanha, localizada entre vila São Chico e o reservatório de água, é a planta que apresenta maior consumo e descarte de Hg, respectivamente, 4 kg/semana e 1,6 kg/semana. Os resultados indicam para a relação produção de amálgama com ouro: consumo: recuperação: descarte de Hg equivale a aproximadamente 1:3:0,6:0,4.

#### **b) Depósito de Rejeitos**

O principal depósito de rejeito é da planta da Montanha situada entre a Vila e o reservatório, este é o principal responsável pelo assoreamento dos rios de jusante, principalmente o córrego São Chico. A acumulação ocorreu durante quase 40 anos. Este depósito possui cerca de 5 m de altura, a largura média de 200m (imagem de satélite Ikonos). Considerando o volume de um tronco de cone de  $75.340,6 \text{ m}^3$  ( $r= 33 \text{ m}$ ,  $R= 100 \text{ m}$ ,  $h= 5 \text{ m}$ ), a densidade do sedimento de  $2,6 \text{ g/cm}^3$  e a concentração média de Hg de  $30 \text{ } \mu\text{g/g}$  (Rodrigues Filho *et al.*, 2004) foi estimado que existem aproximadamente cerca de 5,8 t de Hg na pilha de sedimentos com rejeitos.

#### **c) Sedimentos ao longo dos Córregos**

A concentração média de Hg nos sedimentos ao longo do córrego São Chico é de  $2,25 \text{ } \mu\text{g/g}$ , no córrego Rosa é de  $0,72 \text{ } \mu\text{g/g}$  e no Conrado de  $2,8 \text{ } \mu\text{g/g}$ , a concentração máxima na desembocadura do córrego Conrado com Rio Novo pode chegou a  $15,8 \text{ } \mu\text{g/g}$  (Rodrigues Filho *et al.*, 2004). Devido à insuficiência de dados hidrométricos e perfis de concentração de Hg, optou-se por não realizar estimativas sobre a concentração do mercúrio nos sedimentos ao longo dos rios.

#### **d) Reservatório de São Chico**

O reservatório de São Chico localiza-se ao lado dos depósitos de rejeitos. Possui uma área de cerca de 8,6 ha, profundidade média de 5m, volume de  $4,6 \text{ hm}^3$  sua base coberta por resíduos líquidos e sólidos originados do processamento do minério aluvionar e laterítico. Fornece uma vazão baixa, cerca de  $18 \text{ m}^3/\text{h}$  para jusante. Este reservatório é utilizado para o desmonte hidráulico das pilhas de rejeito e suprimento da planta de rebeneficamento.

**Tabela 1 . Localização, produção de ouro, consumo e perda de Hg nas plantas de rebeneficamento.**

Local das Plantas <sup>1</sup>	Coordenadas <sup>1</sup>		Início da Produção <sup>1</sup>	Nº de Trabalhadores <sup>1</sup>	Produção de Amálgama com Ouro g/semana	Consumo de Hg g/semana	Recuperação de 60% Hg (g/semana)	Perdas de Hg g/semana
	Lat S	Long. W						
Montanha	6° 25'04.4"	55° 58' 07.5"	Com uso de moinhos a partir de Fev./2003	19	13301	4000 <sup>1</sup>	2400	1600
Rosa	6° 25'38.0"	55° 57' 16.9"	Julho/2003	12	840	2526	1516	1010
São Conrado	6° 25'04.0"	55° 54' 45.3"	-	6	420	1260	756	504
Surucucu	6° 26'17.3"	55° 55'28,5"	-	15	1050	3150	1890	1260
Grota	-	-	-	3	210	630	378	252
Baixão Novo	6° 23'36.2"	55° 57'42.4"	-	3	210	630	378	252
Total				58	4.060	12.196	7318	4878

<sup>1</sup> Fonte de dados: Mathis, 2003.

Os níveis de Hg nos sedimentos podem alcançar concentrações acima de 300 µg/g para a fração <math>-200\mu</math>. Vários trabalhos indicam que 75-95% do Hg total nos peixes estão na forma de metilmercúrio. O resultados de Hg total nos peixes deste reservatório indicaram teores entre 0,025 µg/g e 21.90 µg/g nas espécies carnívoras (Carás e Traíras), (Rodrigues Filho *et al.*, 2004), ou seja, os valores máximos alcançaram 43.8% acima dos 0.5 µg/g recomendados pela Resolução Nº 344, de 25/03/2004.

O diagnóstico sócio-econômico da vila (Mathis, 2003) indicou que 88,4% da comunidade utilizam poços rasos para abastecimento doméstico, logo este reservatório praticamente não é utilizado para este uso. E também que de 44 pessoas da vila, cerca de 18,6% não consomem peixe e 72,7% consomem peixe até duas vezes por semana. Porém, comparando com outros garimpos próximos, como creporizinho, onde cerca de 75% consomem peixe congelado industrialmente até 3 vezes por semana, é pouco provável que a maioria das pessoas em São Chico se utilizem do peixe do reservatório para suas dietas.

#### **e) Casas e lojas de queima do amálgama**

O amálgama resultante das plantas possui 60% de ouro e 40% de amálgama (Veiga, *et al.*, 2002). Os garimpeiros usam tochas de gás butano/propano, a temperatura de 400 a 450 °C para a queimar o amálgama em frigideiras, pás, tigelas, etc.

Considerando que a produção de amálgama com ouro de São Chico é de 4 kg/semana e que toda a queima seja realizada pelos trabalhadores na própria vila, temos uma volatilização para a atmosfera de 1,6 kg/semana de Hg. Após a queima do amálgama pelos trabalhadores, o ouro novamente passa por processo térmico nas lojas de compra de ouro para retirar impurezas minerais associadas, com isto o Hg residual é despreendido. A decomposição térmica da amálgama produz uma esponja de ouro contendo cerca de 20 gramas de Hg residual por kg de ouro ((Veiga, *et al.*, 2002). Logo, a volatilização de Hg nas lojas da Vila é da ordem de 0,08 kg/semana (Tabela 2). O total de Hg para a atmosfera proveniente da queima nas residências e lojas em São Chico é da ordem de 1,7 kg/semana. A planta da Montanha contribui com cerca de 0,56 kg/semana.

#### **f) Queimadas**

Uma estimativa de Hg entre 0,78 e 1,76 kg/km<sup>2</sup> de floresta queimada foi apresentada por Lacerda (1995) e Veiga *et al.* (1994). A classificação das imagens do Satélite Ikonos indica que a área de queimada em São Chico é

de cerca de 6,4 km<sup>2</sup>. Logo pode se estimar que emissão de Hg para a atmosfera foi de 5 a 11,2 kg de Hg no mês de agosto/2003. Período onde ocorre a maior incidência de queimadas na região.

**Tabela 2 – Produção de amálgama, ouro e volatilização nas casas e Lojas.**

Local das plantas	Produção de Amálgama com Ouro g/semana	Volatilização nas Casas e Quintais) g/semana	Volatilização nas Lojas de Compra g/semana	Produção de Ouro g/semana
Montanha	1330	532	26,6	771,4
Rosa	840	336	16,8	487,2
São Conrado	420	168	8,4	243,6
Surucucu	1050	420	21	609
Grota	210	84	4,2	121,8
Baixão Novo	210	84	4,2	121,8
Total	4.060	1624	81,2	2354,8

#### **g) Deposição Atmosférica**

Os resultados de Rodrigues Filho, et al. (2004) indicam que as concentrações de mercúrio analisadas (verduras, temperos e plantas silvestres) apresentaram valores mais elevados partes aéreas devido, provavelmente, à deposição de particuladas presentes na atmosfera. Das 27 amostras de vegetais os níveis médios encontrados foram de 2,5µg/g de Hg para partes aéreas e 0,41 µg/g de Hg para as raízes das verduras e temperos. Para as plantas silvestres, 0,38 µg/g de Hg para as partes aéreas e 0,46 µg/g de Hg para as raízes. Logo, os níveis nas raízes, conforme a resolução CONAMA Nº 344, se encontram próximos ao limiar capaz de causar efeitos adversos à biota, enquanto as partes aéreas estão no nível de intervenção indicado pela CETESB.

## **5. AMBIENTES E PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO DO MERCÚRIO**

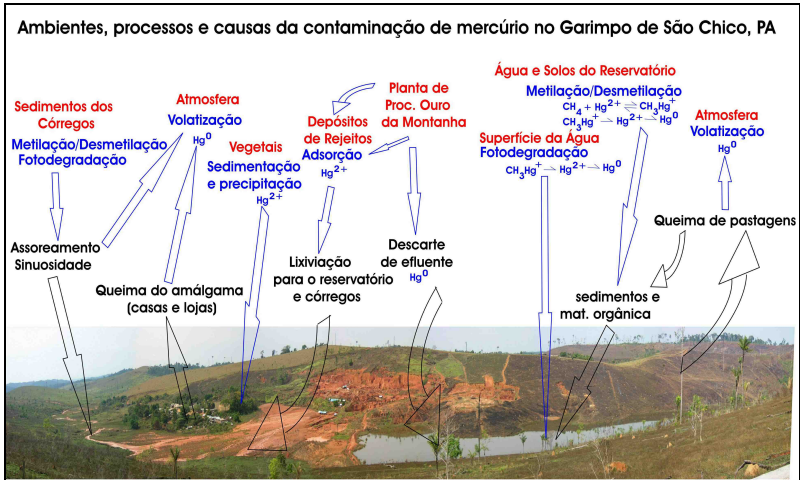
Na Figura 2 são apresentados os principais Hotspots próximo à vila e os principais processos de transformação do Hg que ocorrem nestes ambientes e que contribuem com a bioacumulação na região. Estes processos são decorrentes principalmente do descarte e deposição de



sedimentos com rejeitos com Hg e da vaporização e deposição de mercúrio na atmosfera. Os ambientes de ocorrência e os processos de transformação do Hg atuantes são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Principais processos de transformação do Hg nos *hotspots* de São Chico**

<b>Processos</b>	<b>Ambientes</b>	<b>Principais Características</b>
<p>Metilação: Transformação de compostos mercúricos em metilmercúrio.</p> <p>Desmetilação: Importante processo para a regulação do conteúdo de mercúrio inorgânico em sedimentos e água</p>	Reservatório e córregos	Influenciados por fatores tais como temperatura , concentração de bactérias presentes no meio, pH, tipo de solo ou sedimento, concentração de sulfeto e condições de óxi-redução do meio e de variações sazonais (Villas Bôas, 1997, In Bisinoti, 2002). O aumento na acidez da água e no valor do COD (demanda de Carbono orgânico) aumenta a mobilidade do mercúrio no ambiente e sua incorporação na cadeia alimentar (Bisinoti,2002).
<p>Volatilização: Importante processo para a regulação do conteúdo de mercúrio Hg<sup>0</sup> na atmosfera.</p>	Reservatório, Depósito de rejeitos, Queima do Hg em casas e lojas da Vila, vegetação e solos.	Em águas ricas em oxigênio o Hg <sup>0</sup> (mercúrio metálico) oxida rapidamente (horas a dias) para Hg <sup>2+</sup> o que diminui a volatilização do Hg <sup>0</sup> e aumenta a concentração do mercúrio em ambientes aquáticos e a formação do metilmercúrio (Bisinoti, 2002).
<p>Degradação fotolítica:</p>	Superfície da água do reservatório e córregos	Fotodegradação do metilmercúrio depende da Intensidade de radiação solar na superfície da água e este processo pode ou não produzir Hg <sup>0</sup> (Bisinoti, 2002).



**Figura 2 – Ambientes, processos e causas da contaminação de mercúrio no garimpo São Chico.**

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que os grandes desafios na região estão em:

- ✓ Criar programas de saúde às pessoas com índices críticos de Hg.
- ✓ Realizar programas educacionais sobre os danos do mercúrio à saúde e de incentivo ao uso da retorta para trabalhadores e de exaustores nas lojas de compra com incentivo das autoridades competentes e órgãos ambiental. Isto evitaria que cerca de 1,7 kg/semana de Hg contaminem o ar e conseqüentemente os trabalhadores.
- ✓ Aplicar programas de saúde e segurança no trabalho nas plantas de processamento para o mapeamento dos riscos e suas soluções. Isto minimizaria o contato direto do trabalhador com o mercúrio.
- ✓ Maximizar o aproveitamento do mercúrio, hoje em 60% nas plantas de processamento do minério, para diminuir os lançamentos no meio ambiente de cerca de 4,8 kg/semana.
- ✓ Estudos geotécnicos para evitar a lixiviação dos depósitos de rejeitos e assoreamentos dos córregos, considerando que pode existir cerca de 5,8t de Hg apenas no depósito próximo à vila.

- ✓ Embora os dados indiquem que o reservatório normalmente não é utilizado para uso doméstico, é recomendável o uso imediato de cercas e placas de alerta para evitar sua utilização pelas pessoas e para a dessedentação de animais.
- ✓ Programas de educação agrícola para evitar as queimada de pastagens e florestas, já que no mês de agosto é possível que cerca de 5 a 11,2 kg de Hg tenham sido emitidos para a atmosfera.
- ✓ Estudos geoquímicos, climáticos e hidrométricos para melhor conhecimento físico-químico e quantitativo do mercúrio e suas especiações nos ambientes da região (ar, solo, rejeitos e água), principalmente nos *hotspots*.

## **BIBLIOGRAFIA**

Cardoso, P. C. S., Lima, P. L., Bahia, M., Amorim, M. I. M, Burbano, R. R., Farias, R. F., Efeitos Biológicos do Mercúrio e seus derivados em seres humanos – uma revisão bibliográfica. Trabalho realizado no L.C.H do Dpto de Biologia do C.C. Biológicas da UFPA. Apoio: UFPA, CNPq. (2002). Pg. 1-7

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Relatório de estabelecimento de Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. Série Relatórios Ambientais. São Paulo. (2001) Pg. 11-27. In : <http://www.cetesb.sp.gov.br>

Decreto n.º 79.367-77 revogada pela portaria n.º 518 em 25 de março de 2004. In: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/download.asp?tipo=zip&arquivo=04p518.zip>

Decreto n.º 97.507-89. In: <http://www.lei.adv.br/97507-89.htm>

Lacerda, L. D., (1995). Amazon Mercury Emissions, *Nature*, v. 374. Pg. 20-21.

Mathis, A. (2003). Removal of Barriers to the Introduction of Cleaner Artisanal Gold Mining and Extraction Technologies. Relatório referente aos garimpos de São Chico e Creporizinho. Pg.21-25.

Resolução n.º 344. CONAMA, de 25 de março de 2004. In: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>

Rodrigues Filho, S., Castilhos, Z. C., Santos, R. L. C., Yallouz, A. V., Nascimento, F. M. F., Egler, S. G., Peregovich, B., Ribeiro, R. A., Pereira, D. M., Pedroso, L. R., Silva, L. C. P., Santos, E. C. O., Brabo, E., Lima, M. O., Faial, K. F., Müller, G. (2004). Environmental and Health assessment in two Small-Scale Gold Mining Areas – Brazil São Chico and Creporizinho. CETEM.

Silva, A. P. (1997). Projeto Itaituba: programa de desenvolvimento de tecnologia ambiental. Série Tecnologia Ambiental, v.18 CETEM/CNPq. Pg. 14-47.

Veiga, M.M., Meech, J. A., Oñate, N., 1994. Mercury Pollution from Deforestation. Nature, 368. Pg. 816-817.

Veiga, M. M., Silva, A. R. B., Hinton, J. J. O Garimpo de Ouro na Amazônia: Aspectos Tecnológicos, Ambientais e Sociais. (2002). In: Extração do Ouro: Princípios, Tecnologia e Meio Ambiente. CETEM/MCT. Pg. 286-297.

Veiga, M. M., Baker, R. (2003). Protocols for Environmental & Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small Scale Gold Miners. UNIDO. Pg. 2-5.

Links:

[www.epa.gov/ttn/oarpg/t3/reports/volume3.pdf](http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t3/reports/volume3.pdf)

<http://www.gama-peru.org/libromedmin/>

[www.areaseg.com/toxicos/mercurio.html](http://www.areaseg.com/toxicos/mercurio.html).