

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR MERCÚRIO ATRAVÉS DOS GARIMPOS DE OURO AO LONGO DO BAIXO CURSO DO RIO POMBA, RIO DE JANEIRO, BRASIL.

Marilu de Meneses Silva (*)

Mário de Miranda de Souza (**)

Manuel Quintas (***)

Ricardo Luís de Mattos Gonçalves (***)

RESUMO - Durante os anos de 80 e meados de 90, o Estado do Rio de Janeiro foi palco da atividade de prospecção aurífera aluvionar, utilizando amalgamação com mercúrio, sem a devida preocupação com a contaminação ambiental. Esta atividade desenvolveu-se principalmente em trechos do curso do Rio Paraíba do Sul e de alguns de seus afluentes da margem esquerda, como foi o caso do Rio Pomba localizado na Região Noroeste Fluminense. Neste espaço de tempo o garimpo de ouro tornou-se a principal fonte de emissão do mercúrio nessa região. Como o mercúrio pode quimicamente sofrer alterações quando exposto ao ambiente natural, apresentando vários níveis de toxicidade para os organismos vivos, procurou-se conhecer quais são atualmente, os seus teores totais e parciais nas planícies aluviais e nos sedimentos de corrente, em vinte seis estações de amostragem ao longo do baixo curso do rio Pomba, em território fluminense. Foram utilizados os métodos de extração total e sequencial. Os resultados mostraram que o mercúrio total variou entre 155 ng.g^{-1} a 480 ng.g^{-1} nos sedimentos de corrente e de 107 a 1020 ng.g^{-1} nos aluviões. Quanto à sua disponibilidade para a biota observou-se que 1 a 12,5% do mercúrio total estavam facilmente disponíveis (fase trocável), que 70 a 90% encontravam-se potencialmente disponível (na fase oxidável) e que 0,2 a 40% estavam presos na estrutura dos minerais dos sedimentos (fase residual).

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi direcionado pela Geoquímica Ambiental que tem como principal objetivo pesquisar o comportamento das substâncias químicas lançadas no meio ambiente, por conta de atividades desenvolvidas no âmbito da antroposfera. Ela busca entender como funciona a natureza nas suas relações com o homem (Carvalho 1989).

O desenvolvimento econômico tem provocado a crescente utilização de substâncias químicas pelas indústrias e por outras atividades econômicas, que por sua vez promovem a dispersão dessas substâncias no ambiente, alterando profundamente seus ciclos geoquímicos naturais. Dentre essas substâncias encontram-se os metais pesados que têm densidade maior que 5 g/cm^3 , valência positiva e apresentam um comportamento complexo devido à facilidade de inúmeras interações. Como podem ser cumulativos no organismo vivo, eles interferem no seu metabolismo, provocando inclusive a morte. Com essas características alguns desses metais fazem parte das fórmulas químicas de pesticidas e fungicidas, sendo que alguns deles tem o seu uso controlado ou totalmente proibido, como é o caso do mercúrio. Além da sua introdução no ambiente pelas atividades antropogênicas, também deve ser considerada a contribuição das fontes naturais como as rochas, cuja liberação dos metais pesados ocorrem sob ação do intemperismo numa escala de tempo geológica.

Dentre esses metais pesados encontra-se o mercúrio que é um dos mais tóxicos. Seus efeitos nocivos podem se manifestar a curto e a longo prazos, pois mesmo imobilizado no ambiente, ele constitui um perigo latente para a biota e para o próprio homem, pois a sua liberação está condicionada às mudanças das condições físico-químicas e das atividades microbianas do meio. Por essas razões a contaminação do ambiente com esse metal constitui uma das preocupações mundiais. Na tabela 1 estão relacionadas as principais fontes de mercúrio.

(*) Prof. Assistente / Coordenação do Núcleo de Estudos Integrados Ambientais - Núcleo de Estudos e Pesquisa em Geoquímica Ambiental/ DMPI / Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (marilums@uerj.br)

(**) Eng. Químico - Técnico de Laboratório/ FGEL/UERJ

(***) Bolsista PIBIC-UERJ

Tabela 1: Principais fontes de mercúrio

NATURAIS	ANTROPOGÊNICAS
Desgasificação da crosta terrestre	Efluentes de indústrias de cloro-soda, de equipamentos elétricos e eletrônicos, de termômetros
Vulcanismo	Fungicidas, pesticidas
Rochas , minerais cinábrio e metacínábrio	Tintas
	Atividade Garimpeira
	Rejeitos de consultórios dentários

Dentre as atividades que podem contaminar o homem por mercúrio, a garimpeira de ouro aluvionar é hoje a mais importante, pois o processo de pré-concentração do metal precioso é feito por amalgamação com mercúrio, cuja pasta é posteriormente queimada para sua volatilização, contaminando assim, os sistemas aquático, atmosférico e terrestre. Nesse processo para cada grama de ouro é utilizado cerca de 1,7g de mercúrio. Calcula-se que além da perda por volatilização, o mercúrio é também lançado nos rios quando da lavagem final do ouro almagamado (FEEMA 1990).

No ambiente, esse elemento muda para formas químicas mais tóxicas, como o metilmercúrio, que pode se acumular na biota aquática e terrestre e alcançar o homem através da cadeia alimentar. O consumo de peixes predadores de rios e de lagos onde ocorreram garimpos é a principal causa da contaminação das populações ribeirinhas. Os sintomas de toxicidade por mercúrio são tremores, depressão e ataxia, tendo como sequelas a neurotoxicidades, danos cerebrais, lesões renais, falta de controle motor e morte (Yallouz e Silva 1999)

Como os demais metais pesados, o mercúrio em ambiente aquático é removido por material particulado em suspensão nas águas e precipitado, incorporando-se naturalmente nos sedimentos. Em função disto, esta pesquisa foi feita nos sedimentos de corrente e nos sedimentos das planícies aluviais do baixo curso do Rio Pomba, determinando-se as concentrações totais de mercúrio. Também as concentrações parciais do metal foram conhecidas ao analisar os seus principais suportes geoquímicos existentes nos sedimentos pesquisados. Os resultados parciais puderam indicar os níveis de disponibilidade (facilmente ou potencialmente disponível ou não disponível) do mercúrio para biota e para o homem.

ASPECTOS DA ÁREA PESQUISADA

O Rio Pomba nasce na Serra da Mantiqueira, no Estado de Minas Gerais e após percorrer 162 Km em território mineiro, entra na região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, estendendo-se por mais 40 Km para desaguar no Rio Paraíba do Sul. (Fig. 1). Neste trecho do seu baixo curso encontram-se os Municípios Fluminenses de Santo Antônio de Pádua e Aperibé, estando localizada nas folhas topográficas SF23-X-D-III-3 e 4, SF23-X-D-VI-1 e 2 e SF23-X-G-III-1 do IBGE, na escala 1:50.000.

A geologia da região pesquisada caracteriza-se por rochas do grupo Paraíba do Sul (rochas paragneisses quartzo-feldspáticos, com granada e sillimanita, lentes de rochas carbonáticas, calcissilicáticas, camada de quartzitos e gonditos, também granitóides e localmente, migmatitos) e pelo Complexo Juiz de Fora (composto por granulitos e charnockitos) que apresentam estruturas de dobras, empurrões dúcteis e zona de cisalhamento dúcteis (Campos Neto e Figueiredo 1990; Moraes e Silva 1998).

A morfologia desta área é caracterizada por relevo acidentado, apresentando escarpas íngremes e rochosas e vales em V. A altitude média é de 50 m e nas áreas de relevo mais movimentado ocorre uma variação entre 100 a 450 metros (Morro do Elefante com 420m). O ravinamento é denso, sendo controlado ou pela foliação regional ou por sistemas de fraturamento ortogonais e oblíquos. Entre os domínios montanhosos, destacam-se depósitos quaternários ao longo dos cursos do Rio Pomba e seus afluentes.

A vegetação nativa (Mata Atlântica) na área pesquisada foi praticamente substituída pela agricultura e pastagens, às vezes aparece em meio encosta ou cobre alguns maciços, constituindo menos de 1% da cobertura original. Atualmente a vegetação predominante é formada pela associação de gramíneas com arbustos. O clima da região é quente e úmido, com oscilações influenciadas pela altitude e continentalidade. As chuvas concentram-se nos meses de verão, com uma média anual de 1.100 mm, e o período de seca se prolonga nos meses seguintes, refletindo nas variações dos níveis das águas dos rios e na sua turbidez durante o ano. A temperatura é de 23° C (Scisínio 1990; Souza, Silva e Lopes 2000).

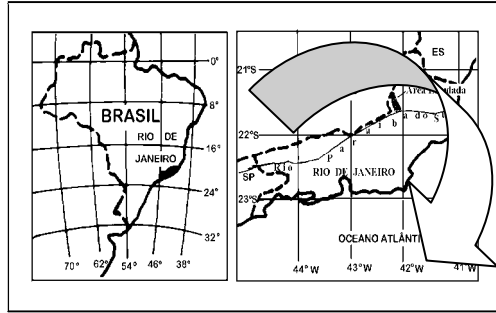
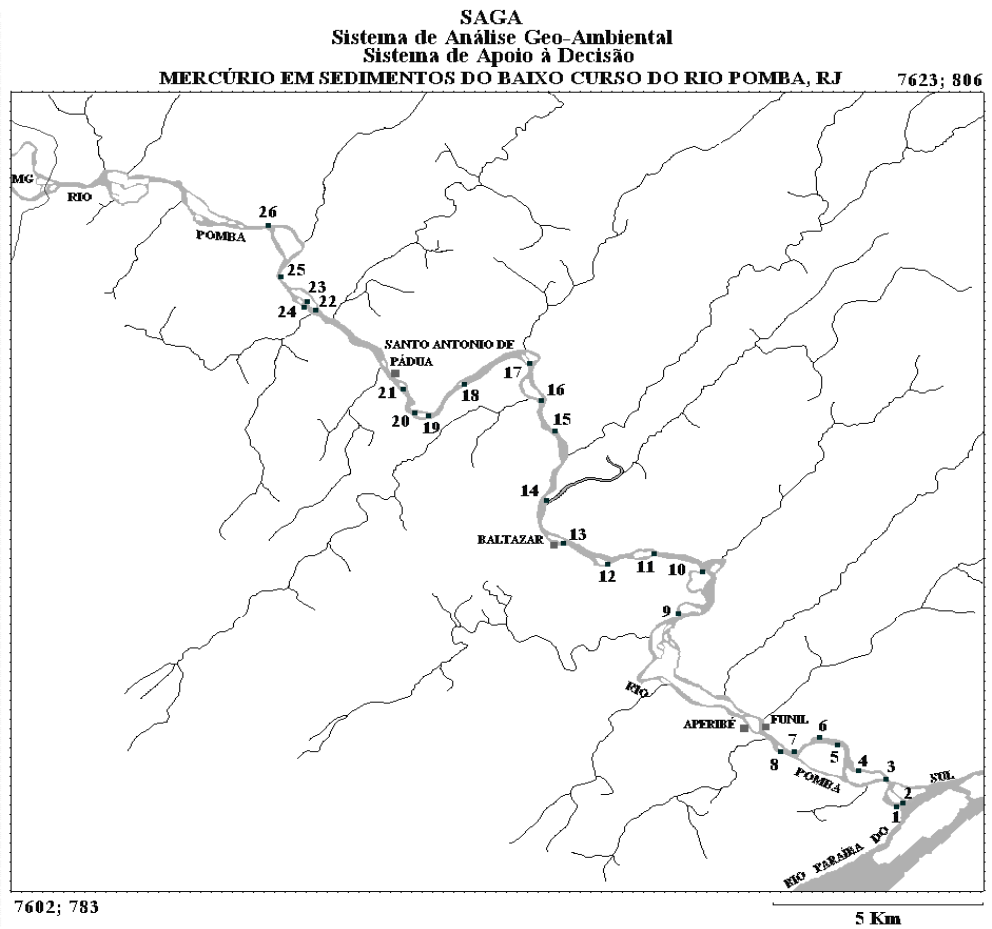


Figura 01: Localização da área de pesquisa na Região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro e das 26 estações de amostragem no baixo curso do Rio Pomba.



7602; 783

DATA: JULHO/1999
RESOLUÇÃO: 25 m
FONTES:
FOLHAS TOPOGRÁFICAS DO IBGE (1:50000)
DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA, CAMBUÍ,
MIRACEMA E PALMA

- ILHA
- AFLUENTE
- ▨ RIO
- TERRENO
- ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM
- CIDADE, VILA
- LIMITES ESTADUAIS

As principais atividades econômicas desenvolvidas no baixo curso do rio Pomba estão voltadas para pecuária

leiteira associada a uma agricultura de baixo rendimento, para extração de brita e de areia fluvial, lavras de rochas ornamentais e catas de pegmatitos. As poucas indústrias existentes são predominantemente alimentícias (CIDE 1997).

A atividade informal de garimpagem de ouro aluvionar extraído pelo processo de amalgamação com mercúrio ocorreu ao longo do baixo curso. Essa atividade cessou após a intervenção do governo estadual (FEEMA 1990).

METODOLOGIA

1. Campanhas de campo:

As campanhas de amostragem ocorreram nos meses de abril, junho e setembro/99. No campo, os pontos de amostragem (Fig 1) foram localizados através do GPS e com o auxílio de um amostrador de PVC (6 cm de diâmetro e 2 m de comprimento) e de um trado (20 cm de diâmetro e 30 de profundidade) foram coletadas 26 amostras compostas de sedimentos nas planícies aluviais e de corrente, representativas dos mais importantes ambientes deposicionais do rio, como nas ilhas fluviais e nas margens periodicamente inundadas. Esses sedimentos foram acondicionados em sacos plásticos, catalogados e mantidos sob refrigeração, até a preparação para análise no laboratório.

Ainda no campo foram medidos *in situ*, a temperatura da água, utilizando-se termômetro convencional, o pH, Eh e condutividade elétrica com medidores específicos, marca DIGIMED.

2. Trabalhos no laboratório:

a) Preparação das amostras

As amostras descongeladas foram peneiradas a úmido em peneira de polietileno de malha de 0,062 mm (230 mesh), posteriormente, secas em estufa em temperatura baixa (50° C) a fim de se evitar perdas do mercúrio por volatilização (Malm *et al.* 1989) e desagregadas. Foram retiradas alíquotas para extrações total e parcial do mercúrio.

b) Métodos de extração do mercúrio

Na extração total do mercúrio utilizou-se de 1 g de cada amostra para digestão com HCl e HNO₃ (3:1) em bomba de teflon em chapa aquecida (Barrocas 1992). Adicionou-se, posteriormente, uma solução de KMnO₄ e persulfato de sódio. O excesso de oxidantes foi reduzido com cloridrato de hidroxilamina.

O método de extração sequencial utilizado (Tessier *et al.* 1979, Malm *et al.* 1989, Eganhouse *et al.* 1978; Revis *et al.* 1989) compreendeu três etapas, a fim de se obter o mercúrio associado aos substratos de três fases principais. O procedimento envolvido pode ser assim descrito:

FASE 1 - Em cada 1 g de amostra foi adicionado 15 mL de solução 1 M de MgCl₂, que foi mantida por 1 hora sob agitação mecânica, sendo em seguida centrifugada, separando-se o sobrenadante para posterior análise de Hg.

FASE 2 - No resíduo da fase anterior foi adicionado 15 mL de HNO₃ 12 M e submetido a agitação, em temperatura ambiente, por 12 h. A amostra foi centrifugada, obtendo-se o sobrenadante, como na fase anterior.

FASE 3 - O resíduo da fase 2, foi submetido a extração a quente com HCl : HNO₃ (3 : 1) sob aquecimento a 50° C por 15 minutos. Procedendo-se a seguir como na etapa anterior.

Aos extratos obtidos em cada fase, foram adicionados 2,5 mL de H₂SO₄ + 1,25 mL de HNO₃ + 1 mL de solução de KMnO₄ 5%. Após estas adições, aguardou-se 15 minutos, adicionou-se 1 mL de solução de K₂S₂O₈ a 5%, aquecendo-se por 2 horas. Durante esse período, foram adicionados alíquotas de KMnO₄ para que ocorresse a total redução deste pela amostra. Reduziu-se o excesso de oxidantes com 2,5 ml de cloridrato de hidroxilamina a 12%.

As amostras com volume aferido, foram analisadas no Espectrômetro de Absorção Atômica SPECTRAA 10 PLUS BQ (marca VARIAN) com Gerador de Vapor a frio (VGA 76, da marca VARIAN). Utilizou-se como agente redutor para o mercúrio o cloreto estano e como gás carreador, o nitrogênio analítico. Foram utilizados padrões internos, amostras em duplicatas e branco de reagentes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

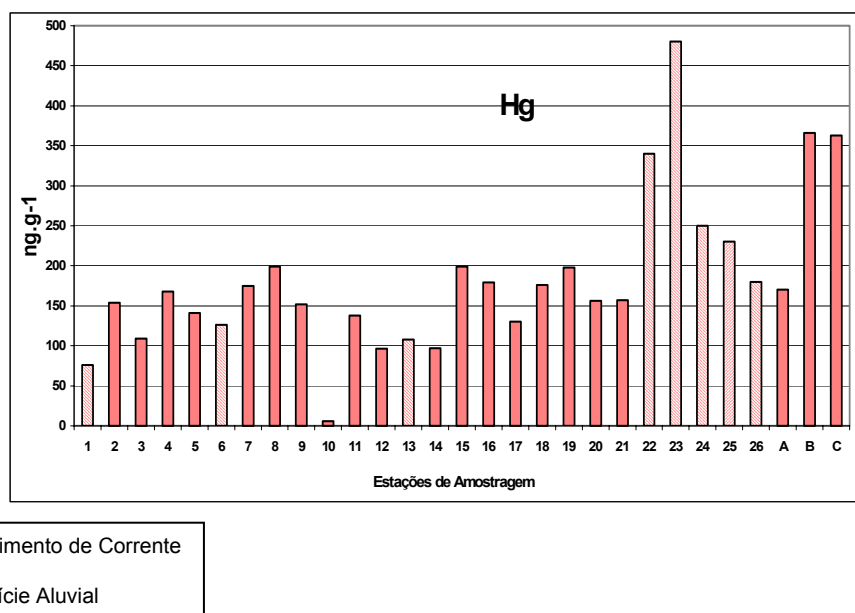
Os valores dos parâmetros pH (variaram entre 6,31 a 7,35), Eh (145 a 265 mV), temperatura (22 ° a 28,5 °C) condutividade elétrica (CE) (30 a 48 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) (Tab.2)

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos das águas do baixo curso do Rio Pomba

Pontos de Coleta	pH	Eh (mV)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	OC	Pontos de Coleta	pH	Eh (mV)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	OC
01 (Foz)	7,12	258	56	28	14	7,18	163	56	25
02	6,74	265	52	28	15	7,23	167	55	24
03	6,72	250	49	27	16	7,23	209	55	24
04	6,80	249	53	-	17	7,07	156	55	24
05	6,78	223	52	-	18	7,09	160	54	23,5
06	6,86	206	54	-	19	7,15	145	54	24
07	7,03	192	53	-	20	7,35	193	56	24
08	6,45	196	45	-	21	7,15	177	55	24
09	6,66	195	62	-	22	7,19	184	38	28,5
10	6,31	165	58	-	23	7,34	198	48	28,5
11	6,64	152	45	24	24	7,20	174	47	28
12	6,86	166	54	22	25	6,68	194	30	28
13	6,68	180	30	22	26	6,51	244	37	28

mostraram que as águas estavam dentro da faixa de temperatura esperada, para as características climáticas da região e a profundidade média (5 m) do rio Pomba. Esses parâmetros físico-químicos observados indicaram condições de estabilidade para o mercúrio metálico (Hg^0) em água. Embora não se conheçam totalmente os mecanismos de interação dos microorganismos com o mercúrio, sabe-se que eles seriam capazes de oxidar o mercúrio metálico e assim disponibilizá-lo para a metilação (Silver 1984). Além das variações do sistema Eh e pH, também as atividades microbianas podem intermediar nas transformações deste metal.

Figura 2: Teores de mercúrio nos sedimentos de corrente e das planícies aluviais no baixo curso do Rio Pomba comparados com as amostras A, B e C (background)



Os teores totais de mercúrio nos sedimentos de corrente variaram entre 155 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ a 480 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, enquanto nos aluviões, os valores foram entre 107a 1020 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$. (Fig. 2)

Ao se comparar essas faixas de variação de mercúrio total, com os teores encontrados nas áreas-controle ou *background* (pontos A, B e C), que foram de 170 a 365 ng.g⁻¹, verificou-se que a maior parte dos pontos apresentou concentrações abaixo ou um pouco acima de 170 ng.g⁻¹. Apenas as amostras das estações 22 e 23 apresentaram igual e acima do maior valor do *background*. Os concentrações mais elevadas com relação aos resultados obtidos, encontram-se a montante da cidade Santo Antônio de Pádua.

Na comparação das concentrações medidas no baixo curso do Rio Pomba com os resultados de pesquisas em outras áreas da Bacia do Rio Paraíba do Sul (Tab. 3), observou-se que na área estudada houve baixo impacto com relação às atividades do garimpo de ouro, pois predominaram baixas concentrações de mercúrio.

Tabela 3: Mercúrio total (ng.g⁻¹) em vários trechos e afluentes do Rio Paraíba do Sul (a) áreas não e/ou pouco impactadas e (b) áreas impactadas pelo garimpo de ouro

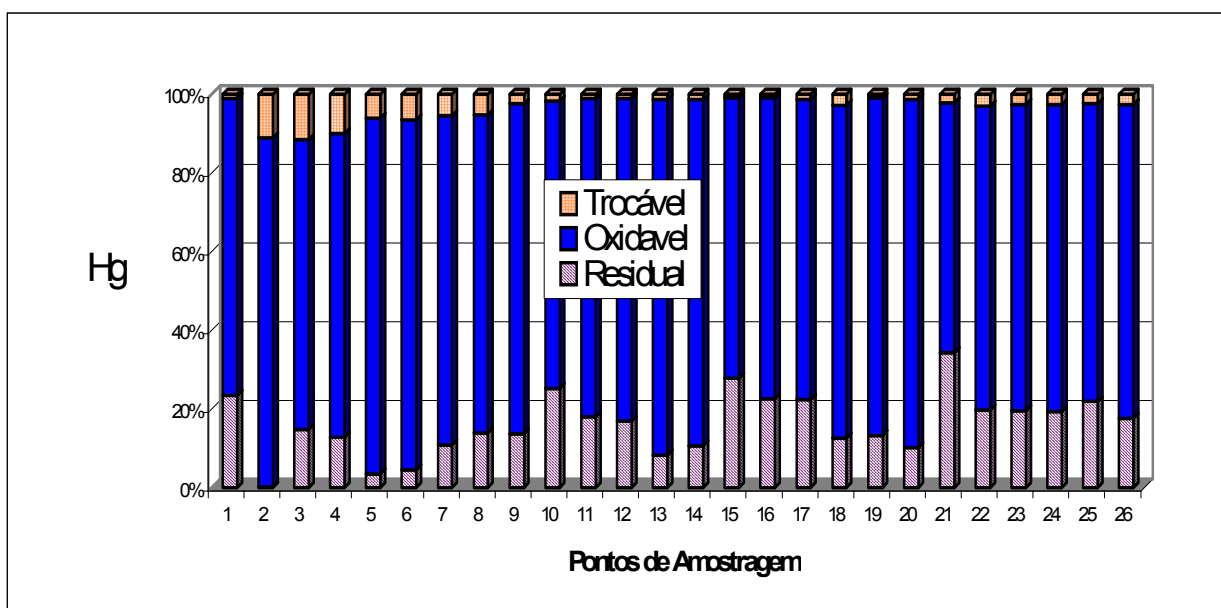
Local	Teor de Hg (ng.g ⁻¹)	Local	Teor de Hg (ng.g ⁻¹)
Barragem Santa Branca(a)	180-400	Rio Paraibuna (b)	300-900
Rio Piabanha (a)	160-190	Rio Paraíba do Sul (b)	212-884 e 3710
Reservatório do Funil (a)	100-200	Pontos A, B e C (áreas-controle)	170-366-363
Rio Paraíba (b)	300-550	Baixo Curso do Rio Pomba (em estudo)	155- 480 107-1020

Fonte: Moraes e Silva, 1998

Quanto aos resultados da extração sequencial, o mercúrio apareceu em sítios geoquímicos citados nas três fases descritas a seguir:

Na fase 1 ou fase trocável, os teores de mercúrio mais fracamente ligados aos sedimentos variaram entre 2,5 e 25 ng.g⁻¹. Trata-se do mercúrio facilmente disponível, adsorvido nos argilominerais, na matéria orgânica etc.

Figura 3: Distribuição do mercúrio em porcentagem nas fases trocável, oxidável e residual nos sedimentos no baixo curso do Rio Pomba.



Na fase 2 ou fase oxidável, as concentrações obtidas foram de 104 a 283 ng.g⁻¹. Foi extraído o mercúrio de seus compostos oxidáveis, que estava ligado a matéria orgânica e a alguns sulfetos (cinábrio e metacínábrio) (Kuldvere 1990). Este mercúrio estava potencialmente disponível.

Na fase 3 ou fase residual, os teores de mercúrio variaram entre 0,36 e 80 ng.g⁻¹. Este mercúrio estava preso nos retículos cristalinos dos minerais primários e secundários que compõem os sedimentos estudados, encontrando-se não disponível para o ambiente.

Os resultados da extração sequencial comparados com as concentrações totais do mercúrio (Fig.3) mostraram que 1 a 12 % do mercúrio total estavam na fase trocável, facilmente disponíveis para o meio aquático e para biota.

A maior parte do mercúrio detectado (70% a 90 %) encontrava-se na fase oxidável, potencialmente disponíveis e podendo ser liberado somente com alteração das condições físico-químicas de pH, temperatura e óxido-redução do ambiente aquático.

O mercúrio na fase residual variou entre 0,2 a 40%. Nesta fase o mercúrio estava inerte, não disponível para o ambiente. A sua liberação pode ocorrer numa escala de tempo geológico.

CONCLUSÕES

As concentrações do mercúrio total estão, em geral, abaixo e dentro da faixa de *background* considerado para a região, com exceção de duas estações de amostragem. Os valores mais altos foram encontrados à montante da cidade Santo Antônio de Pádua e nas planícies aluviais.

O mercúrio detectado, na sua maior parte, estava preso em sítios geoquímicos no qual ele se apresentava mais estável e inerte (fases oxidável e residual). Esta fase residual indica a existência de uma contribuição da petrologia regional com teores de mercúrio natural. Na fase disponível, os valores estão baixos, mostrando que tem pouco mercúrio facilmente disponível para a biota.

Os resultados obtidos comparados com dados de outras áreas de garimpo pesquisadas, mostraram que o baixo curso do rio Pomba está entre as áreas que foi pouco impactada pelo garimpo de ouro.

O garimpo de ouro que se desenvolveu na área pode ser apontado como responsável pela contaminação ambiental por mercúrio. Contudo, pode não ser ele o único vilão, pois ainda não foram pesquisadas outras atividades antrópicas poluentes existentes no trecho em estudo.

Permanecendo as condições físico-químicas do meio aquático, o mercúrio de origem natural e/ou antrópica tende a ficar retido nos sedimentos. Embora constituindo perigosa fonte potencial poluente (Lacerda e Salomons 1992).

Tendo em vista que ainda é pouco conhecida a atividade biológica na interface água-sedimento capaz de alterar as espécies de mercúrio existentes nos sedimentos do leito do rio, para a sua forma mais tóxica (o metilmercúrio), sugere-se que seja feito monitoramento através da análise dos peixes predadores, pois é através da cadeia alimentar que esse mercúrio vai poder atingir o homem.

AGRADECIMENTOS

São devidos aos Profs. Rodolfo de O. Souza e Liane M. A.Dornelles, ao Prof. Benigno Bairral do Projeto Piabanha, da APARPS, ao Adson Gomes dos Santos e Antonio Carlos Manhães de Aquino da SAPO, pelo apoio dado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- BARROCAS, P.R.G. (1992) **Geoquímica do Mercúrio em sedimentos do Rio São João de Meriti, Sistema da Baía da Guanabara**. Tese de Mestrado. UFF (Inédita). Rio de Janeiro. 122 pp.
- CAMPOS NETO, M. C & FIGUEIREDO, M., (1990) Evolução geológica dos terrenos costeiro, Paraíba do Sul e Juiz de Fora (RJ-ES). **Congr. Bras. de Geol.** Camboriu, Anais **6**:253-264
- CARVALHO C. N. (1989) Geoquímica Ambiental - Conceito, Métodos e Aplicações **Geoquímica Brasiliensis**. São Paulo, 3 (1):9-16
- CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO- CIDE. (1997) **Governo do Estado do Rio de Janeiro**. Relatório.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DE MEIO AMBIENTE (1990) **Diagnóstico da atividade de extração de ouro no Estado do Rio de Janeiro**. Relatório. 49pp.
- YALLOUZ, A V. e SILVA, M. de M. (1999) **Avaliação dos Teores de Mercúrio em Pescado do trecho Itaocara- São Fidélis, no Baixo Curso do Rio Paraíba do Sul**. Poster didático.
- KULDVERE, A (1990) Decomposition of Cinnabar and Organomercurials in Geological materials with Nitric Acid-Sulfuric Acid for the Determination of total mercury by cold vapour Atomic Absorption Spectrometry. **Analyst** . 115:559-562.
- LACERDA L. D. *et alli* (1991) Mercury dispersal in Water, sediments and aquatic biota of a gold mining tailings drainage in Poconé, Brazil. **Water, Air, Soil Pollution**. 55:283-294
- LACERDA L. D.; SALOMONS, W. (1992) Mercúrio na Amazônia, uma bomba relógio química? Rio de Janeiro: CETEM/CNPq. **Tecnologia Ambiental** 3:78 pp
- MALM, O. *et alli*. (1989) Utilização do acessório de geração de vapor a frio para análise de mercúrio em investigações ambientais por espectrofotometria de absorção atômica. **Ciência e Cultura.**, 41 (1): 88-92.
- NRIAGU J. O (1979) **The Biogeochemistry of Mercury Environment: Topics in Environmental Health**. Amsterdam: Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 695pp.
- MALM, O. *et alli*. (1989) Utilização do acessório de geração de vapor a frio para análise de mercúrio em investigações ambientais por espectrofotometria de absorção atômica. **Ciência e Cultura.**, 41 (1): 88-92.
- MORAES, M. L. de & SILVA, M. de M. (1998). Partição do mercúrio nos sedimentos do Rio Paraíba do Sul: Trecho entre Itaocara-São Fidélis, Rio de Janeiro, Brasil. In: LUZARDO, F.M et.al. (Edt.) **Hombre y Medio Ambiente Série Contribución a La Educacion y La Protección Ambiental.** Ed. Academia (EDA) . 1 (1): 77-81
- PFEIFFER, C. W. *et alli* (1990) A ameaça do mercúrio nos garimpos. **Ciencia Hoje** 11(61): 10-12.
- REVIS, N. W. *et alli*, (1989). Quantitative method for determining the concentration of mercury (II) sulfide in soils and sediments. **Analyst** 114: 823-825.
- SCISINIO, A. E. (1990) **Itaocara- uma democracia rural**. Série municípios. Biblioteca de estudos Fluminenses. Niterói. 314 pp.
- SILVER, S (1984) Bacterial transformations of and resistance to heavy metals. NRIAGU, J.O (Ed) **Changing metal cycles and human health**. Springer Verlag. p.199-213
- SOUZA, R. de O.; SILVA, M.de M. & LOPES, G. F. (2000) Noroeste Fluminense: Um Novo Semi-Árido Brasileiro. In: **Revista Ecologia e Desenvolvimento**. Ano 10: 83. P. 24-25
- TESSIER, S.; CAMPBELL, P. G. C.& BISSON, M. (1979) Seqüencial Extration Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. **Anal. Chem.** 51(7):884-51
- TUBINO, M. & MAGALHÃES, M. E. A. de (1997) Mercúrio um caminho rápido para a toxicidade. **Ciência Hoje**. 23 (133): 20-22