

Distribuição de Mercúrio, Zinco e Cobre em Solos e Sedimentos Fluviais de Corrente em Antiga Área de Garimpo de Ouro em Descoberto, Minas Gerais.

Vicente Aprigliano Fernandes
Estagiário, Geografia, UFRJ.

Silvia Gonçalves Egler
Orientadora, Bióloga, M. Sc.

Ricardo Gonçalves Cesar
Co-orientador, Geógrafo, B. Sc.

Resumo

O presente trabalho trata da avaliação preliminar do grau de contaminação por mercúrio, zinco e cobre em solos e sedimentos fluviais de fundo em uma área de garimpo de ouro abandonado na zona rural de Descoberto (sul de MG). Para tanto, os teores destes metais foram determinados por absorção atômica e comparados aos valores de referência recomendados pela legislação brasileira. Os resultados sugerem que, em comparação aos sedimentos, os solos denotaram maior grau de contaminação para todos os metais estudados. Em termos de contaminação, o mercúrio foi o metal de maior expressão nos solos, enquanto nos sedimentos as concentrações de cobre mostraram-se mais significativas. Por fim, espera-se que os resultados obtidos possam servir como suporte à análise de risco ambiental e à saúde humana, subsidiando a tomada de decisão em medidas de controle ambiental e de saúde pública.

1. Introdução

A contaminação ambiental por mercúrio (Hg) tem se tornado tema de destaque na comunidade científica, devido aos efeitos negativos provocados ao meio ambiente e à saúde humana (Lacerda & Pfeiffer, 1992). O mercúrio (Hg) é um metal pesado comumente empregado na mineração artesanal de ouro, durante os processos de beneficiamento mineral - amalgamação e concentração gravítica. Além disso, este metal é largamente empregado em indústrias soda-cloro, na confecção de lâmpadas fluorescentes, barômetros, termômetros, baterias recarregáveis e na fabricação de produtos cosméticos e farmacêuticos.

O Hg utilizado durante os processos de beneficiamento mineral pode ser liberado para a atmosfera, e posteriormente ser depositado nos ecossistemas aquáticos e terrestres. A deposição pode ser úmida ou seca; a primeira se processa através da precipitação de água pluvial, e a segunda está geralmente associada à instabilidade da baixa atmosfera e à presença de aerossóis, aos quais o Hg é aderido. Uma vez depositado no ecossistema terrestre, o mercúrio pode ser lixiviado e mobilizado para os corpos hídricos subterrâneos e superficiais, comprometendo a qualidade ambiental destes ecossistemas.

O Hg que atinge o ecossistema aquático possui uma importância particular devido ao seu elevado potencial de biotransformação para metilmercúrio, forma química muito mais tóxica quando comparada às demais espécies inorgânicas de mercúrio. O processo de metilação do Hg está atrelado ao potencial tóxico do elemento para

algumas bactérias sulforedutoras, que possuem a capacidade de biodegradar a sua forma inorgânica (por mecanismo de defesa), e de excretá-la sob a forma metilada.

Em áreas de mineração de ouro, durante os processos de beneficiamento, outros elementos de elevada densidade (além do minério) - como zinco (Zn), cobre (Cu) e chumbo (Pb) - podem ser concentrados, gerando anomalias geoquímicas locais destes elementos, e subsequente contaminação (Rodrigues-Filho & Maddock, 1997). Elevadas concentrações naturais (background) de Hg, Zn, Cu e Pb comumente estão atreladas ao intemperismo de rochas sulfetadas, contendo minerais de cinábrio (HgS), esfarelita (ZnS), calcopirita (CuS) e galena (PbS).

O município de Descoberto (sul de Minas Gerais) foi submetido à exploração de ouro durante o século XVIII, com emprego do amálgama Hg:Au. Em 2002, moradores da zona rural do município identificaram a presença de Hg metálico sobre a superfície dos solos, e posteriormente a Fundação Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (FEAM) delimitou uma área crítica de contaminação (de apenas 8.000m²), cortada por uma drenagem localmente conhecida como Córrego Rico (Branco et al., 2005).

O presente estudo propõe a avaliação preliminar da contaminação por Hg, Zn e Cu em amostras de solos e de sedimentos fluviais de corrente no perímetro crítico de contaminação da zona rural de Descoberto (MG) interditado pela FEAM.

2. Objetivos

Avaliar, de maneira preliminar, o grau de contaminação ambiental dos solos e sedimentos de fundo na área crítica de contaminação delimitada por Branco et al. (2005); Realizar a caracterização química dos materiais; Comparar os valores obtidos com aqueles recomendados pela legislação brasileira.

3. Metodologia

A amostragem dos materiais foi efetuada com o auxílio de trado para os solos, e amostrador com forma plana para os sedimentos de corrente. Durante a primeira campanha de campo, realizada em Julho/2006, foram coletadas 11 amostras de solo (Figura 1), e a segunda foi realizada em Junho/2007 com coleta de mais 11 amostras de solo e 11 amostras de sedimento (Figura 2 e 3). A amostragem destes materiais foi superficial (20 cm), com exceção de apenas uma amostra de solo coletada no Horizonte C. O referido horizonte, também conhecido como rocha alterada ou saprolito, remete de maneira bastante efetiva à composição textural, química e mineralógica da rocha subjacente, e dessa forma o valor de background determinado neste horizonte reflete diretamente a contribuição do aporte geológico local.

A escolha dos pontos de coleta foi baseada no mapa de iso-linhas de concentração de Hg confeccionado pela FEAM (Branco et al., 2005) (Figuras 1, 2 e 3).

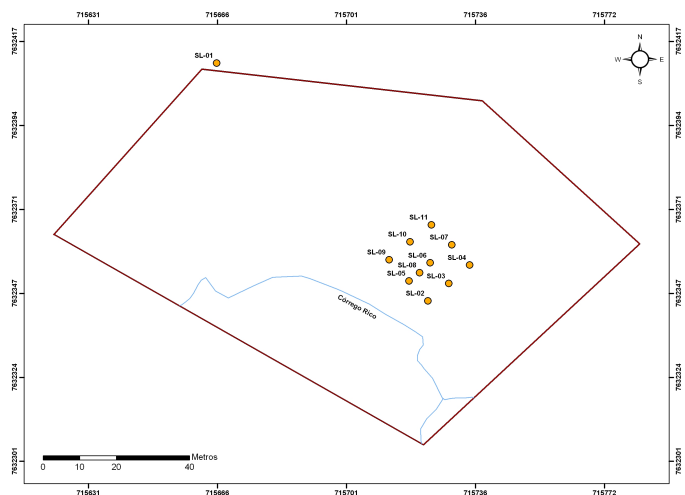


Figura 1. Mapa dos pontos de coleta para solos durante a primeira campanha de campo.

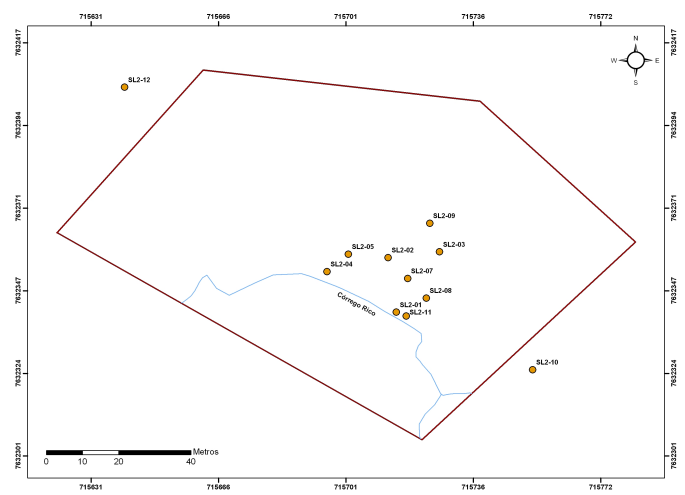


Figura 2. Mapa dos pontos de coleta para solos durante a segunda campanha de campo.

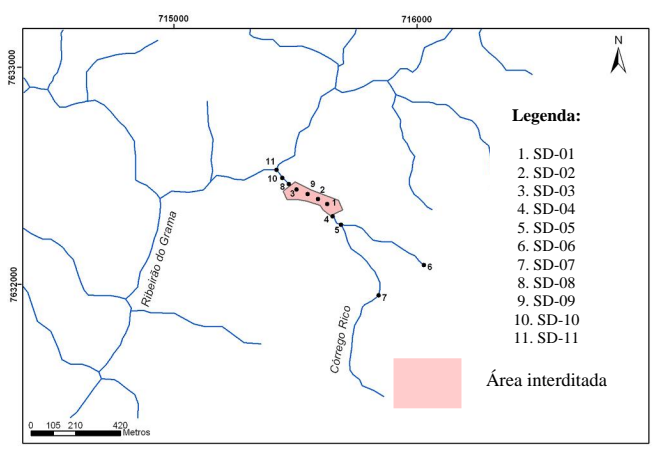


Figura 3. Pontos de amostragem para sedimentos de corrente durante a segunda campanha de campo.

As análises químicas totais de Hg foram realizadas utilizando o equipamento LUMEX, uma absorção atômica acoplada a técnica de termodessorção. As análises de Zn e Cu foram realizadas com a pesagem de 1 grama de amostra, e subsequente solubilização com uma mistura composta de ácido fluorídrico (HF), ácido clorídrico (HCl)

e ácido nítrico (HNO₃) (2:1:1), e posterior leitura em absorção atômica.

A análise do pH foi realizada em água, conforme Embrapa (1997), utilizando equipamento da marca DIGIMED. O teor de matéria orgânica foi quantificado por perda ao fogo.

A magnitude da contaminação ambiental foi avaliada através da comparação com os padrões propostos pela legislação brasileira (Tabela 1).

Tabela 1: Valores orientadores recomendados pela legislação brasileira para qualidade de solos e sedimentos de água doce.

Valores orientadores da CETESB para solos				Valores orientadores do CONAMA para sedimentos	
Poluentes	Referência de Qualidade (mg/kg)	Prevenção (mg/kg)	Intervenção Agrícola Imediata (mg/kg)	Níveis de Classificação (mg/kg)	
				Nível 1	Nível 2
Cobre (Cu)	35	60	200	35,7	197
Mercúrio (Hg)	0,05	0,5	12	0,17	0,486
Zinco (Zn)	60	300	450	123	315

Fonte: Adaptado de CETESB (2005) e CONAMA (2004). Nota: Nível 1 – Limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos tóxicos à biota; Nível 2 – Limiar acima do qual se prevê prováveis efeitos tóxicos à biota.

4. Resultados e Discussão

A comparação dos dados de solos da primeira campanha de coleta à legislação brasileira demonstrou que todas as amostras estão acima dos valores de referência de qualidade para todos metais estudados (Tabelas 1 e 2). No caso do Cu, somente uma amostra apresentou teor acima do valor de prevenção, enquanto as demais permaneceram abaixo do limite de referência. Todas as concentrações de Zn estiveram abaixo do valor de prevenção e acima do valor de referência. O Hg foi o metal que apresentou a maior magnitude de contaminação, com uma amostra acima do limite de intervenção agrícola e 63% destas acima do valor de prevenção.

As determinações de Cu, Zn e Hg nos solos da segunda campanha de campo demonstrou um nível mais baixo de contaminação em comparação à primeira coleta (Tabelas 1 e 2). Apesar da interdição da área crítica de contaminação, foi constatado em campo que o proprietário do terreno vem utilizando o perímetro interditado para pasto e realização de queimadas. Sendo assim, a queima da vegetação pode provocar a transferência dos contaminantes para a atmosfera, diminuindo seu aporte no solo. Dessa forma, foi observado que somente duas amostras estiveram acima do valor de referência de qualidade para Cu, e as demais permaneceram abaixo deste valor (Tabelas 1 e 2). A análise dos dados de Zn revelou que 72% das amostras estão acima do valor de referência, e as demais abaixo deste limite. Novamente o Hg acusou o maior grau de contaminação, com uma amostra acima do valor de intervenção, 45 % destas acima do valor de prevenção e as restantes acima do valor de referência (Tabelas 1 e 2).

Tabela 2 – Concentrações totais de Hg, Zn e Cu em solos e sedimentos fluviais, incluindo a comparação com a legislação brasileira.

Amostra	1ª campanha					Amostra	2ª campanha				
	pH	Matéria orgânica (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Hg (mg/kg)		pH	Matéria orgânica (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Hg (mg/kg)
SL-01	6,53	3,016	37,8*	92,4*	0,274*	SL2-01	5,08	-	ALD	ALD	ALD
SL-02	6,07	1,598	40,7*	84,8*	2,4**	SL2-02	5,09	2	30,8	63*	0,576**
SL-03	5,77	2,188	34,7*	92,7*	5,728**	SL2-03	5,66	2,2	30,6	62,2*	0,626**
SL-04	5,59	1,913	40,1*	75,4*	1,795**	SL2-04	6,07	1,5	29,4	51,7	0,249*
SL-05	5,65	1,94	33,7*	73,8*	4,808**	SL2-05	5,97	2,2	36,8*	60,4*	0,24*
SL-06	6,12	2,172	62,7**	141*	5,49**	SL2-06	5,8	1,4	25,5	49,1	0,681,5**
SL-07	6,18	2,525	32,8*	80,9*	0,835**	SL2-07	5,63	2,1	32,4	83,6*	25,711***
SL-08	6,15	2,221	30,6*	82,7*	13,45***	SL2-08	5,98	2,6	32	78,6*	2,77**
SL-09	5,57	2,562	35,3*	72,5*	0,747**	SL2-09	5,95	2,4	32,4	60,1*	0,427*
SL-10	5,97	2,589	38,5*	80,6*	0,434*	SL2-10	5,75	1,5	31,1	63,2*	0,22*
SL-11	6,15	2,49	40,2*	90,1*	0,284*	SL2-11	5,69	3,1	31,3	65,3*	1,155**
						SL2-12	5,87	1,6	35,6#	59,3	0,209#
						SD-01	7,96	0,6166	33,6	58,3	0,237#
						SD-02	7,62	0,5363	44,5#	101	0,089
						SD-03	6,87	0,8467	37,4#	92,5	0,108
						SD-04	6,68	1,439	50,9#	93,9	0,107
						SD-05	6,83	1,194	46,1#	97	0,121
						SD-06	6,42	2,324	47,6#	133#	0,078
						SD-07	6,53	1,475	49,7#	92,4	0,195#
						SD-08	6,45	1,344	39,8#	96,3	0,144
						SD-09	6,69	0,3878	36,5#	88,8	0,1
						SD-10	6,62	0,6671	40#	95	0,237#
						SD-11	6,53	0,6587	27,6#	19,1	0,09

SL – solo e SD - sedimento

Notas - CETESB (2005): * - acima do valor de referência; ** - acima do valor de prevenção; *** - acima do valor de interferência.

ALD = Abaixo do limite de detecção (Hg = 0,01 mg/kg; Zn e Cu = 0,05 mg/kg).

SL2-01 = Amostra de horizonte C.

Nota - CONAMA (2004): # - Acima do nível 1.

A análise química do horizonte C (Tabela 2, SL2-01) revelou concentrações abaixo do limite de detecção para todos os metais estudados. Esta constatação sugere que as anomalias geoquímicas detectadas no horizonte A decorrem unicamente do emprego de Hg durante o processo de amalgamação e concentração gravítica (ação antrópica), e não do intemperismo do material parental (baixo valor de background de metais).

As análises de Cu em sedimentos de corrente da segunda campanha de campo revelaram que 82% das amostras estão acima do "Nível 1", e as demais se encontram-se abaixo deste limite (Tabelas 1 e 2). A determinação de Zn acusou somente uma amostra acima do referido limite. No caso do Hg, 27% das amostras permaneceram acima do Nível 1, e o restante abaixo deste limite (Tabelas 1 e 2). Dessa forma, em contradição aos solos, o Cu foi o metal que apresentou maior nível de contaminação.

Os valores de pH detectados neste trabalho (Tabelas 2) margearam a faixa de neutralidade, e dessa maneira denotam um baixo potencial de contribuição deste parâmetro na mobilidade da contaminação. Os solos apresentaram pHs mais ácidos do que os sedimentos. Esta observação está associada ao fato de que os solos contêm maiores teores de matéria orgânica (Tabelas 2) e, conseqüentemente, de substâncias húmicas. Os sedimentos superficiais de fundo correspondem a um compartimento do ecossistema aquático diretamente influenciado pelo substrato aquoso sobrejacente; este último, ao apresentar elevadas concentrações de oxigênio dissolvido, promove a degradação da matéria orgânica, e subsequente diminuição do pH.

5. Conclusão

Os resultados obtidos demonstraram a elevada magnitude da contaminação dos solos e sedimentos, confirmando estudos prévios de contaminação por Hg executados por Branco et al. (2005). Os solos apresentaram maior grau de contaminação em comparação aos sedimentos. Esta constatação indica um baixo potencial de mobilidade da contaminação dos solos em direção à drenagem. Dado que a área em estudo conta com generosos depósitos de bauxita (Branco et al., 2005), é possível que os metais estudados estejam fortemente adsorvidos aos minerais de alumínio. No entanto, somente a caracterização mineralógica destes materiais poderá confirmar esta suspeita.

6. Agradecimentos

À equipe do LECOMIN e LEMA pelo apoio e incentivo; ao geógrafo Nilo Teixeira pelo auxílio na confecção dos mapas; e aos meus orientadores Ricardo Gonçalves Cesar e Silvia Gonçalves Egler pela oportunidade no CETEM.

7. Bibliografia

BRANCO, O. E. A.; CARVALHO-FILHO, C. A. & TRINDADE, M. C. 2005. Evaluation of Mercury Contamination in Soils: The Case of the Rural Area of the Municipality of Descoberto, State of Minas Gerais, Brazil. In: XIII International Conference on Heavy Metals in the Environment. 4 pp.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). 2005. Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acessado em: Março/2008.

CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). 2004. Justificativa de Adoção de Critérios para Avaliação de Material Dragado. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/6d36e92f/just_critérios.doc>. Acessado em: Março/2008.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. In: *Manual de Métodos de Análises de Solo*. Rio de Janeiro, RJ.

LACERDA, L. D. & PFEIFFER, W. C. 1992. Mercury from Gold Mining in the Amazon Environment - an Overview. *Química Nova* (15), 155-160.

RODRIGUES-FILHO, S. & MADDOCK, J. E. L. 1997. Mercury Pollution in Two Gold Mining Areas of the Brazilian Amazon. *Journal of Geochemical Exploration* (58), 231-240.

WASSERMAN, J. C.; HACON, S. S. & WASSERMAN, M. A. 2001. Ciclo do Mercúrio no Meio Ambiente Amazônico. *Mundo & Vida* (2), 46-52.