

SEDIMENTO FLUVIAL COMO INDICADOR DE CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS¹

Alessandro Costa da SILVA²
Cláudio Pereira JORDÃO³

RESUMO: Objetivando avaliar a contaminação por crômio, zinco e cádmio, em rios adjacentes a curtumes no Estado de Minas Gerais, coletaram-se amostras de sedimento de fundo para serem submetidas à análise química. O conteúdo de crômio, proveniente da descarga direta de resíduos de curtumes, e dos demais metais foi medido por espectrofotometria de absorção atômica. Foi constatado que a descarga direta de resíduos nos rios contribuiu para aumentos significativos nos níveis de crômio, explicado pelo uso de sais deste elemento durante o processo de curtimento. Não foi detectada contaminação por zinco e cádmio, exceto na localidade Ubá, explicado pela presença de uma indústria de beneficiamento de caulim. A maioria dos pontos de amostragem coletados a jusante dos curtumes apresentaram enriquecimento de crômio. Investigações indicaram um forte fator de enriquecimento e alto índice de geoacumulação para os sedimentos. Altas concentrações de crômio foram encontradas nas amostras quando comparadas com valores controles. Para um controle ambiental em rios adjacentes a curtumes, deve-se fazer um monitoramento somente das concentrações do metal crômio.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Sedimento, Metais Pesados, Contaminação.

FLUVIAL SEDIMENT AS RIVER CONTAMINATION INDEX BY HEAVY METALS

ABSTRACT: Samples of bottom fluvial sediments were collected and submitted to chemical analysis to determine the contamination of rivers by Cr, Zn and Cd from tannery discharges in the State of Minas Gerais, Brazil. The chromium content and other metals in the samples were measured by atomic absorption spectrophotometer. Metal inputs were related to effluent discharges (waste) directly into the rivers. Contamination by zinc and cadmium were not detected, except in the Uba town probably as a result of an existing industry of kaolin. The presence of Zn in this river sediment was related to the use of metallic Zn in the cleaning process of kaolin. Almost all sites located down river from the tanneries showed high chromium contamination due to the use of chromium salts in the tannery process. Analysis of sediments indicated strong enrichment and high geoaccumulation indexes of chromium in samples when compared with controls. Severe control of chromium concentration in river sediments close to tanneries should be done because of environmental concerns.

INDEX TERMS: Sediment, Heavy Metals, Contamination.

¹ Aprovado para publicação em 06.11.03.

² Químico Industrial. Dr. Universidade Estadual do Maranhão. Campus Paulo VI. Cidade Operária s/n. São Luís (MA). CEP 65065-000. e-mail: alecosi@bol.com.br

³ Bacharel em Química. PhD. Universidade Federal de Viçosa. Av. PH Rolphs s/n. Viçosa (MG). CEP 36571-000. e-mail: Jordão@mail.ufv.br

1 INTRODUÇÃO

A contaminação por metais pesados é considerada uma das formas mais nocivas de poluição ambiental, uma vez que não são degradados e tendem a acumular-se no organismo (JARDIM, 1983). Vários estudos sobre o efeito carcinogênico de metais pesados têm sido reportados (SALA; RIZZOTO; FRASCAROLI, 1995). O conhecimento da concentração de metais em sedimentos de rios é importante do ponto de vista ambiental e no que tange à geoquímica do elemento (AGEMIAN; CHAU, 1975). Sedimentos de rio constituem um fator de estabilização entre poluentes solúveis e insolúveis no meio aquático, devido à sua maior permanência nesse ambiente (AGUDO, 1987) e por sua capacidade de neutralizar a atividade dos metais através da complexação com a matéria orgânica (substâncias húmicas) presente no sedimento (GERSE; KRENO; CSICSOR, 1994). Por essa razão, esse compartimento tem sido muito utilizado para avaliar a poluição por metais, atuando como importante concentrador de poluentes (JORDÃO, 1983).

Vários curtumes operam no Estado de Minas Gerais e produzem, aproximadamente, 10% de todo o couro brasileiro (PEREZ, 1991). Apenas 75 curtumes estão legalmente registrados, a maioria ainda sem tratamento de efluentes (FEAM, 1994). As descargas de resíduos lançadas pelos curtumes nos rios e córregos constituem fonte de poluentes devido, principalmente, ao grande número de curtumes clandestinos na região. Essas considerações fazem dos

curtumes uma das principais fontes poluidoras dos cursos d'água locais. No que tange à poluição por metais pesados, a maior preocupação deve-se ao crômio, uma vez que este elemento é largamente usado na melhoria da qualidade do couro, imprimindo-lhe elasticidade, estabilidade, espessura e, principalmente, durabilidade (GROZZA, 1984). Neste sentido, pretende-se investigar a contaminação, por crômio, zinco e cádmio em sedimentos de rios localizados próximos a curtumes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram obtidas amostras de sedimentos fluviais em seis localidades da Região Sudeste de Minas Gerais. Coletaram-se amostras nos seguintes cursos d'água: ribeirão Ipanema e córrego Limoeiro, em Ipatinga; rio Paraibuna, em Matias Barbosa; ribeirões Açude e Patusca, em Dolores de Campos; córrego da Mamona, em Ressaquinha; ribeirão Ubá, em Ubá, e rio Paraibuna, em Juiz de Fora. A localização dos pontos de coleta é mostrado nas Figuras 1 e 2. A amostragem foi efetuada durante a estação seca, em pontos situados a montante e a jusante dos curtumes, estocadas em sacos de PVC e mantidas a 4°C até análise.

As amostras destinadas à análise dos metais foram secas a 105 °C por 24 h, e passadas em peneiras de 80 mesh. Outra parte foi seca a 60 °C por 48h, e passadas em peneiras de 9 mesh para medição do pH. Para a determinação dos metais (AGEMIAN; CHAU, 1975), digeriu-se, em banho de areia a 150 °C, 1 g de sedimento com 10 mL de HNO₃ concentrado até

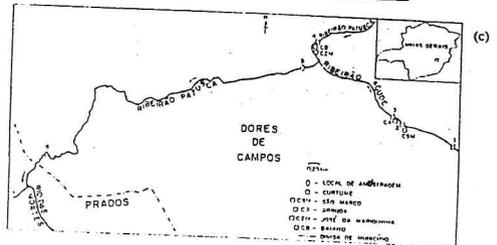
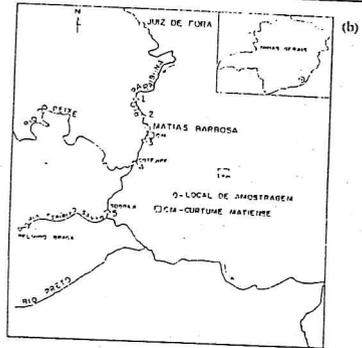
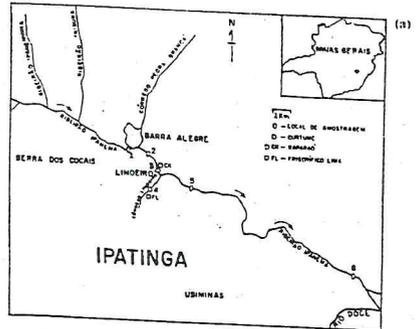
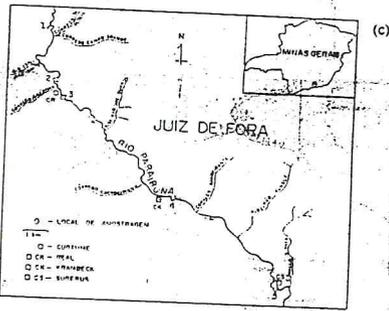
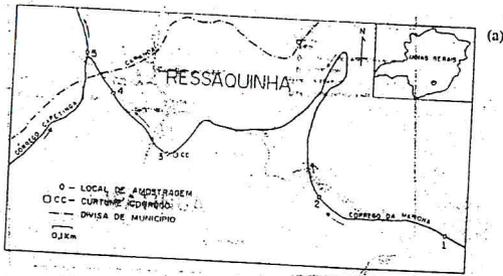


Figura 1 - Localizações dos ambientes aquáticos com seus respectivos pontos amostrados.

Figura 2 - Localizações dos ambientes aquáticos com seus respectivos pontos amostrados.

próximo à secara. Alíquotas de 10 mL de HF concentrado e 2 mL de HClO_4 concentrado foram acrescentadas, para total solubilização da amostra, sendo a mistura evaporada. Finalmente, o resíduo foi dissolvido em 2 mL de HCl concentrado, filtrado e diluído para 25 mL com água deionizada, sendo as concentração de cromo, zinco e cádmio medidas em espectrofotômetro de absorção atômica modelo AAS 3 Carl Zeiss JENA por aspiração direta da solução em chama de

óxido nitroso-acetileno. O pH do sedimento foi medido em solução de cloreto de potássio (KCl) 1 M e água destilada (H_2O) na razão solo:solução e solo:água de 1:2,5. Para controle da contaminação foram feitos testes em branco, análise em triplicata e usados somente reagentes de grau analítico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH do sedimento, medido em KCl e H_2O destilada, variaram de 3,7 a 7,5 (Tabela 1). A adição de KCl na

solução mantém a força iônica e reduz as mudanças bruscas de pH, além de apresentar menor susceptibilidade ao efeito de diluição (ALVAREZ; MELO; DIAS, 1994). Em geral, as medidas de pH em KCl apresentaram valores menores que em H₂O, indicando aumento na concentração de prótons.

Os baixos valores de pH encontrados em alguns pontos sugerem que a argila contida nessas amostras tende a apresentar maior número de cargas negativas. A amostra coletada no sítio 6 em Ipatinga (Ribeirão Ipanema) mostrou um considerado aumento no pH (7,5) em relação aos demais pontos. Isto pode ser explicado devido ao sedimento apresentar alto conteúdo de areia, reduzindo, provavelmente, o efeito do deslocamento de íons hidrogênio para a solução. Os sedimentos coletados na região em estudo

apresentaram valores de pH similares aqueles obtidos em área não contaminada (nascente do ribeirão Espírito Santo), isto é, 4,5 em H₂O e 3,9 em KCl. Valores de pH variando de 4,3 a 6,4 foram registrados para sedimentos coletados nos rios Piracicaba e Doce na região do Vale do Aço mineiro (JORDÃO; PEREIRA; GOUVEIA, 1996).

As médias das concentrações de crômio, zinco e cádmio, obtidas em triplicatas para cada ponto amostrado, são apresentadas na Tabela 2. Estes dados mostram que, exceto na localidade Ubá, os resultados de zinco e cádmio não revelaram contaminação. Inferindo que os descartes provenientes de curtumes praticamente não apresentam contaminação por zinco e cádmio. Isto foi ratificado pela ausência destes metais no sedimento, que é um compartimento concentrador no ecossistema.

Tabela 1 – Valores de pH do sedimento em vários pontos

Pontos de amostragem	LOCALIDADES					
	Ipatinga	Matias Barbosa	Dores de Campos	Ressaquinha	Ubá	Juiz de Fora
	pH em H ₂ O e pH em KCl, respectivamente					
1	4,8 e 6,7	5,5 e 5,5	4,1 e 4,0	5,4 e 4,3	4,5 e 4,1	5,5 e 4,3
2	3,7 e 3,8	5,4 e 5,0	5,2 e 4,5	5,0 e 4,5	5,3 e 4,7	6,9 e 5,4
3	6,4 e 6,6	5,6 e 5,0	5,4 e 5,0	5,1 e 4,5	5,2 e 5,1	7,2 e 6,5
4	4,2 e 4,5	5,9 e 5,1	5,8 e 4,3	4,9 e 4,8	4,9 e 4,9	6,9 e 4,9
5	7,3 e 7,5	5,4 e 4,8	5,4 e 4,7	3,7 e 3,7	4,9 e 4,8	7,1 e 5,0
6			5,6 e 4,3		4,7 e 4,3	
Pontos	Valores de ΔpH					
1	1,9	0,0	0,1	1,1	0,4	1,2
2	0,1	0,4	0,7	0,5	0,6	1,5
3	0,2	0,6	0,4	0,6	0,1	0,7
4	0,3	0,8	1,5	0,1	0,0	2,0
5	0,2	0,6	0,7	0,0	0,1	2,1
6			1,3		0,4	

Tabela 2 – Concentrações de metais em vários pontos (mg g⁻¹, peso seco) ^{a, b}

Pontos de amostragem	LOCALIDADES					
	Ipatinga	Matias Barbosa	Dores de Campos	Ressaquinha	Ubá	Juiz de Fora
CRÔMIO						
1	19,0 ± 9	80,0 ± 12	340 ± 7	70,1 ± 7	75,0 ± 4	50,2 ± 3
2	14,2 ± 5	60,1 ± 20	31,2 ± 21	87,0 ± 16	68,9 ± 1	84,0 ± 2
3	266 ± 95	93,0 ± 3	2878 ± 78	98,5 ± 3	1531 ± 2	93,2 ± 5
4	37,3 ± 17	87,9 ± 16	156 ± 12	74,0 ± 14	334 ± 14	147 ± 13
5	24,1 ± 2	86,2 ± 9	131 ± 28	43,9 ± 5	168 ± 3	170 ± 18
6	57,8 ± 2	NA ^c	89,7 ± 0,3	NA	243 ± 9	NA
ZINCO						
1	11,3 ± 4	20 ± 5	41 ± 9	7,8 ± 2	73 ± 1	8,2 ± 1
2	2,2 ± 0	28 ± 10	9,2 ± 4	27,0 ± 11	3400 ± 9	24,0 ± 2
3	26 ± 9	30 ± 5	26 ± 8	28,6 ± 3	1291 ± 35	33 ± 5
4	17,3 ± 3	28 ± 6	52 ± 10	34,0 ± 12	2029 ± 21	41 ± 3
5	10 ± 2	22 ± 3	14 ± 8	39 ± 5	1401 ± 631	55 ± 18
6	18 ± 2	NA	19,7 ± 0,3	NA	700 ± 33	NA
CADMIO						
1	< 0,02 ^d	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
2	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
3	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,04 ± 0,04	< 0,02
4	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
5	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,075 ± 0,07	< 0,02
6	< 0,02	NA	< 0,02	NA	0,13 ± 0,08	NA

^a Média de três repetições ± desvio-padrão.

^b Valores-controle para sedimentos fluviais de regiões não-industrializada: 53, 95 e 0,3 mg g⁻¹ para crômio, zinco e cádmio, respectivamente (TORRES, 1992).

^c Não analisado.

^d Limite de detecção do aparelho nas condições de análise.

Percebe-se (Tabela 2) que os valores obtidos no ponto 3 (próximo ao curtume) de cada região foram maiores do que encontrados nos pontos 1 e 2 (à montante do curtume). No caso da alta contaminação registrada no ponto 3 em Ipatinga (ribeirão Ipanema), acredita-se ser devido ao curtume Kaparaó, pois sua saída de descarga está localizada a 50 m de distância do local amostrado (Figura 1a). Os sedimentos coletados na estação seca mostraram concentrações de cromo variando de 14,2 a 266mg g⁻¹ em Ipatinga. Jordão, Pereira e Gouveia (1996), também observaram uma alta contaminação no sedimento do rio Piracicaba (também em Ipatinga) coletado na estação seca. Enquanto o nível de cromo na estação chuvosa, devido ao efeito de diluição, mostrou uma menor contaminação.

Como pode ser visto pela Tabela 2, houve uma distribuição uniforme das concentrações de cromo em amostras coletadas ao longo do rio Paraibuna em Matias Barbosa (Figura 1b). O valor máximo encontrado nesse rio foi no ponto 3, aproximadamente 2 vezes mais do que o valor médio encontrado em áreas não industrializadas usado como controle, 53 mg g⁻¹ (TORRES, 1992). Embora o curtume Matiense, situado em Matias Barbosa, tenha sido fechado há algum tempo, a concentração de cromo pode ser atribuída à capacidade de retenção dos sedimentos, ou devido à industrialização da região.

A comparação da concentração de cromo para sedimentos de rio em áreas não industrializadas (valor de controle) revelou um aumento nos níveis de cromo via

descarga de resíduo dos vários curtumes (Tabela 2). Assim, 79 % das amostras apresentaram valores acima da média (53mg g⁻¹). O sedimento escuro coletado no ponto 3 em Dores de Campos (Figura 1c) foi o mais contaminado. A concentração de cromo encontrada neste local foi 54 % maior do que o valor controle. No entanto, amostras coletadas no ponto 1 (ribeirão Açude) e 4 (ribeirão Patusca) mostraram substancial contaminação, superando por quase 4 e 2 vezes, respectivamente, a média global para sedimentos fluviais (90 mg g⁻¹) de acordo com Malm et al (1989). Esta contaminação foi, provavelmente, devido à presença de outros curtumes na região. Não foi observado nenhum aumento de concentração nos sedimentos do córrego da Mamona em Ressaquinha (Figura 2a). Os níveis de cromo encontrados nesta localidade (Tabela 2) podem indicar um efeito atenuante favorecido pela baixa "energia" do curso d'água (não há ressuspensão). Por outro lado, o aumento nos níveis de cromo, devido descarga do curtume Santa Matilde em Ubá (Figura 2b), foi considerável.

Sedimentos coletados no Reno (um dos principais rios da Alemanha) tem mostrado elevados níveis de cromo. Essa contaminação pode ser atribuída a curtumes e outras indústrias situadas na cabeceira do rio Weschnitz, um dos seus tributários (FÖRSTNER; WITTMANN, 1981). Um estudo similar foi realizado coletando-se amostras no ribeirão Skeleton, Estados Unidos, encontrando uma concentração média de 5,1 mg g⁻¹ (NAMMINGA;

WILHM, 1977). Por outro lado, concentrações de crômio em sedimentos do rio Irajá, Brasil, variaram de 210 a 70.000 mg g⁻¹. Este rio recebe descargas de uma indústria de galvanoplastia (PFEIFFER et al., 1985). Outro tipo de contaminação metálica tem sido observada em sedimentos de rios que recebem efluentes de fundições em Minas Gerais (JORDÃO; PEREIRA; GOUVEIA, 1996).

O estudo de uma nascente (Ribeirão Espírito Santo localizado em Belmiro Braga – MG), área não contaminada, apresentou concentrações de crômio e Zinco de 26,3 e 35 mg g⁻¹; não foi detectado presença de cádmio. Estes resultados corroboram que a presença de metais como crômio e zinco em amostras “background” ocorre sempre em baixas concentrações não comprometendo com isto o ambiente.

O fator de enriquecimento do sedimento (*FES*) também foi investigado. Devido à presença do zinco e cádmio ter ocorrido somente em amostras da localidade Ubá, a determinação do *FES* foi efetuada apenas para o metal crômio. O *FES* é um parâmetro que visa demonstrar se o sedimento está sofrendo contribuição ou não, quanto ao conteúdo de metais (SALOMONS; FÖRSTNER, 1984). É uma grandeza expressa pela razão entre metais e um normalizador, que em geral é um elemento conservativo, isto é, aquele que se distribui mais homogêaneamente no meio, e cujo comportamento ao longo do sistema mantém-se estável sem entradas artificiais (FÖRSTNER; WITTMANN, 1981).

$$FES = \frac{[Me]_s, [Co]_s}{[Me]_b, [Co]_b}$$

Onde: *FES* é o fator de enriquecimento do sedimento; $[Me]_s$ é a concentração do metal ‘Me’ no sedimento; $[Co]_s$ é a concentração de cobalto ‘Co’ no sedimento; $[Me]_b$ é o nível de base do metal ‘Me’ (background) e $[Co]_b$ é o nível de base do cobalto ‘Co’ (background). Embora o alumínio seja comumente escolhido como conservativo, existe um significativo enriquecimento deste elemento em latossolos brasileiros. Por conveniência e por ter mesma distribuição em sedimentos e solos coletados em região próxima ao estudo, o cobalto ‘Co’ foi escolhido como conservativo.

Observa-se, de acordo com a Tabela 3, que o sedimento coletado no ponto 3 em Dores de Campos apresentou um forte enriquecimento por crômio (*FES* = 42). Isto pode ser atribuído ao fato do ribeirão Açude receber dejetos de dois curtumes, o São Marcos e o Arruda (Figura 1c). O ponto 1 também mostrou um relativo enriquecimento (*FES* = 5,0), provavelmente devido à descarga de outros curtumes localizados próximos aos pontos de coleta no sítio, já que a localidade apresenta cerca de 13 curtumes, a maioria clandestino e de difícil localização. Os valores de *FES* para crômio, encontrados por Salomons e Förstner (1984), em vários ambientes contaminados (lacustre e marinho), variaram de 1,3 a 3,0. Também são reportados, pela literatura, outros modelos para rios contaminados por metais

(PEREIRA, 1996). Em geral, os valores de FES encontrados nos pontos 3 foram maiores quando comparados com os demais locais amostrados (Tabela 3). Em Ipatinga o enriquecimento foi de 3,9, possivelmente explicado pela presença do curtume Kaparaó, e em Ubá foi 22, possivelmente explicado pelo curtume Santa Matilde. Torres (1992), encontrou valores na faixa de 2,2 a 7,2 para sedimentos dragados coletados no rio Paraibuna, que atravessa áreas industrializadas em Juiz de Fora.

O índice de geoacumulação (*Igeo*), estabelecido para padronizar o nível de contaminação dos sedimentos, também foi determinado. O *Igeo* foi estabelecido para caracterizar o nível de contaminação dos sedimentos. Os resultados apresentados na Tabela 3 foram comparados com a concentração de cromo ($26,3 \text{ mg g}^{-1}$) obtida por análise de sedimento coletado em uma nascente, sistema não-poluído, do Ribeirão Espírito Santo, em Belmiro Braga.

A partir desta concentração de referência (background), foi possível determinar o *Igeo* das amostras e classificá-las de acordo com padrões preestabelecidos de contaminação, como proposto por Muller (1979, citado por SALOMONS; FÖRSTNER, 1984), sendo calculado pela seguinte expressão:

$$Igeo = \text{Log}_2 \frac{Cn}{1,5 \cdot Bn}$$

Onde Cn expressa a concentração metálica de *n* elementos no local em estudo, e Bn expressa o valor background geoquímico. O fator 1,5 padroniza as possíveis variações, devido a efeitos litogênicos, dos valores background (SALOMONS; FÖRSTNER, 1984). O valor de Bn usado foi $26,3 \text{ mg g}^{-1}$, obtido pela análise de sedimento coletado em área não-contaminada (nascente do ribeirão Espírito Santo). O *Igeo* de sedimentos

Tabela 3 – Valores do FES^a e *Igeo*^b para o metal cromo

Pontos de amostragem	LOCALIDADE					
	Ipatinga	Matias Barbosa	Dores de Campos	Ressaquinha	Ubá	Juiz de Fora
1	0,3 ^a - 0 ^b	1,2 - 1	5,0 - 3	1,0 - 1	1,1 - 1	0,7 - 0
2	0,2 - 0	0,9 - 1	0,4 - 0	1,3 - 1	1,0 - 1	1,2 - 1
3	3,9 - 3	1,4 - 1	42,1 - 6	1,4 - 1	22,4 - 5	1,4 - 1
4	0,5 - 0	1,2 - 1	2,3 - 2	1,1 - 1	4,9 - 3	2,1 - 2
5	0,3 - 0	1,2 - 1	1,9 - 2	0,6 - 0	2,4 - 2	2,5 - 2
6	0,8 - 1		1,3 - 1		3,5 - 3	
7					1,7 - 2	

consistem de 7 classes (0 a 6), que representam incrementos sucessivos com relação a uma situação considerada natural, isto é: classe 0 (*não-poluído*), 1 (*não-poluído a moderadamente poluído*), 2 (*moderadamente poluído*), 3 (*moderadamente a fortemente poluído*), 4 (*fortemente poluído*), 5 (*fortemente a exageradamente poluído*) e 6 (*exageradamente poluído*). Desta forma, um índice 6 representará um incremento 100 vezes superior ao nível de base utilizado.

De acordo com a Tabela 3, percebe-se que em Ipatinga, Dolores de Campos e Ubá, foram verificados índices máximos nos pontos 3 em relação aos demais locais de amostragem. Esse comportamento se assemelha aos obtidos para sedimentos coletados no rio Paraibuna (TORRES, 1992). O mais elevado índice encontrado (classe 6) no ponto 3 em Dolores de Campos, devido à área receber descarga de dois curtumes (Figura 1c). Os cursos d'água de Matias Barbosa, Ressaquinha e Ipatinga (exceto o ponto 3) não revelaram a existência de poluição (classe 0 e 1). Em Juiz de Fora a poluição foi moderada e em Ubá fortemente poluída. Resultados similares aos verificados em Matias Barbosa e Ressaquinha foram encontrados no rio Elber na Alemanha (SALOMONS; FÖRSTNER, 1984).

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos da análise de sedimentos fluviais coletados próximos a curtumes, foi confirmada, como

já esperado, contaminação, por crômio, para todos as localidades estudadas, explicada pelo uso de compostos de crômio durante o processo de curtimento. Por causa da acentuada e, normalmente, clandestina atividade, bem como a inexistência de tratamento dos efluentes de curtumes, os pontos de deságüe de efluentes constituem fontes potenciais de poluição do ambiente. Devido à não utilização de compostos contendo zinco e cádmio, por parte dos curtumes, não foi detectada a presença destes metais nas amostras. A presença destes metais nas amostras coletadas na localidade Ubá pode ser explicada pela presença de uma indústria de caulim nas margens do rio. Esta indústria utiliza compostos de zinco durante o processo de branqueamento do caulim. É sabido pela literatura que o zinco e o cádmio são geoquimicamente semelhantes, por isto a presença destes metais em amostras naturais é freqüente. Pode-se inferir, portanto, que os sedimentos dos rios situados a jusante de curtumes são enriquecidos exclusivamente com o crômio, embora utilizem uma variedade de produtos durante o processo de branqueamento. Já as indústrias de caulim enriquecem o sedimento com os metais zinco e cádmio. É necessário que os órgãos competentes façam o monitoramento para controle da contaminação destes metais nos compartimentos bióticos (plantas, peixes e moluscos) e abióticos (água e matéria orgânica) dos corpos d'água situados próximos a estas indústrias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEMIAN, H.; CHAU, A. S.Y. An atomic absorption method for the determination of 20 elements in lake sediments after acid digestion. *Anal. Chim. Acta*, v. 80, p. 61-66, 1975.
- AGUDO, Edmundo G. *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. São Paulo: CETESB, 1987. 150p.
- ALVAREZ, V. H.; MELO, J. W. V.; DIAS, L.E. *Curso de fertilidade e manejo do solo*. Módulo IV - Acidez do solo. Brasília, DF: ABEAS / UFV, 1994. 62 p.
- FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. *Metal pollution in the aquatic environment*. 2 nd ed. New York: Springer-Verlag, 1981. 486p.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. *Controle de processos técnicos e científicos*. Belo Horizonte, 1994. 56p.
- GERSE, J.; KRENO, R.; CSICSOR, J. Application of humic acids in environmental pollution control IN: SENESI, N.; MIANO, T.M. *Humic substances in the global environment implications on human health*. Amsterdam: Elsevier Science, 1994. 1368p.
- GROZZA, G. *Curtición de cueros y pieles: manual practico del curtidor*. Barcelona: Sintes, 1984. 256p.
- JARDIM, W. F. Poluição aquática: metais pesados, um dano irreparável. *Rev. Bras. Tecnol.*, v. 14, p. 14-45, 1983.
- JORDÃO, C.P. *Chemical availability of heavy metals in the aquatic environment*. 1983. 226p. Tese (PhD.) - University of Bristol, 1983.
- JORDÃO, C.P.; PEREIRA, J.L.; GOUVEIA, L.C. Contaminação de sedimentos fluviais por metais pesados nas proximidades de uma indústria metalúrgica de Minas Gerais. *Geochim. Bras.*, v. 7, p. 9-15, 1996.
- MALM O.; PFEIFFER W.C.; FISZMAN M.; AZCUE, J. M. Heavy metal concentrations and availability in the bottom sediments of the Paraíba do Sul-Guandú River system, RJ, Brazil. *Environ. Technol. Lett.*, v. 10, p. 675-680, 1989.
- NAMMINGA, H.; WILHM, J. Heavy metals in water, sediments, and chironomids. *Journ. Water Poll. Contr.*, v. 49, p. 1725-1731, 1977.
- PEREIRA, J.C. *Avaliação da contaminação do meio ambiente por metais pesados na região do Vale do Aço (MG)*. 1995. 117p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 1996.
- PEREZ, G. Curtume aumenta a agonia dos rios mineiros. *O Estado de Minas*, Belo Horizonte, 02 jul. 1991.
- PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D.; FISZMAN, M. et al. Metais pesados em pescado da Baía de Sepatibar, Rio de Janeiro. *Ciência e Cultura*, v. 37, p. 297-302, 1985.
- SALA, L.F.; RIZZOTO, A.; FRASCAROLI, M.I. Contaminacion ambiental por el metal de transicion cromo. Estamos frente a un serio problema ecologico?. *Quim. Nova*, v. 18, p. 468-474, 1995.
- SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U. *Metals in the hydrocycle*. New York: Springer, 1984. 349p.
- TORRES, J. P. M. *Ocorrência e distribuição de metais pesados no rio Paraibuna, Juiz de Fora, MG*. 1992. 114p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.