

# **HISTÓRICO DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS (Hg, Cu, Mn, Cr e Ni) NA LAGOA RIO DAS PEDRAS, BACIA DO RIO MOJI-GUAÇU -SP, BRASIL**

## **HEAVY METALS (Hg, Cu, Mn, Cr e Ni) CONTENTS IN THE RIO DAS PEDRAS LAGOON, MOJI-GUAÇU RIVER BASIN (SÃO PAULO STATE, BRAZIL)**

**Tavares, G.A.<sup>1</sup>, Ferreira, J.R.<sup>2,3</sup>; Oliveira, C.R.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Isótopos Estáveis, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), C.P. 96, CEP 13400-970, Piracicaba-SP, [gtavares@cena.usp.br](mailto:gtavares@cena.usp.br) ;

<sup>2</sup>Laboratório de Ecotoxicologia, , Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP)

<sup>3</sup>Instituto de Pesca, Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

### **RESUMO**

A presença de metais pesados em perfil de sedimento coletado na Lagoa Rio das Pedras, localizada na planície de inundação do rio Moji-Guaçu, São Paulo, foi investigada. Amostras estratificadas a cada 1 cm foram peneiradas a 63  $\mu\text{m}$  e digeridas através de ataque ácido ( $\text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{HClO}_4$ ) em bombas de PTFE. Os extratos obtidos foram analisados quanto aos teores de Al, Cu, Mn, Cr e Ni por espectrometria de emissão de plasma (ICP-AES). Para Hg, empregou-se a pirólise direta da amostra e detecção por AFS. Utilizando-se Al como elemento normalizador, observou-se enriquecimento nos teores de metais pesados para anos recentes, exceto para Mn. As concentrações médias de Cu ( $0,12 \text{ mg g}^{-1}$ ) e Mn ( $1,12 \text{ mg g}^{-1}$ ) para amostras de sedimentos foram elevadas, em comparação às verificadas em ambientes não poluídos. A explicação para essa contaminação pode estar relacionada à atividade agrícola (cultivo de cana-de-açúcar) nas proximidades dessa lagoa, ou ao transporte desses metais nos períodos de inundação. Os teores de Hg, Cr e Ni foram semelhantes àqueles verificados em áreas não contaminadas.

A cronologia de deposição, determinada através da datação com  $^{210}\text{Pb}$ , indicou que o perfil de 25 cm de profundidade representa cerca de 135 anos de história da deposição de material em suspensão nessa lagoa.

**Palavras chave:** sedimentos, metais pesados, lagoa marginal, rio Moji-Guaçu.

---

## SUMMARY

The presence of heavy metals in a sediment profile from the Rio das Pedras lagoon, located at the Moji-Guaçu river floodplain, São Paulo, was investigated. Samples were stratified at each 1 cm, sieved in 63  $\mu\text{m}$  and digested in a strong acid solution ( $\text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{HClO}_4$ ) in PTFE bomb. The extracts were analyzed by emission plasma spectrometry (ICP-AES) for Al, Cu, Mn, Cr and Ni contents. For Hg, the direct pyrolysis of samples and atomic fluorescence spectrometry detector AFS were employed. By using Al as a normalizer agent, an enrichment of metals concentration, with exception for Mn was observed. Average concentration for Cu ( $0.12 \text{ mg g}^{-1}$ ) and Mn ( $1.12 \text{ mg g}^{-1}$ ) were considered high in comparison to those concentrations in an unpolluted environment. Probably, these data are related to the agricultural activity (sugarcane plantation) around the lagoon, or to the Moji-Guaçu river transport in the flood season. Hg, Cr and Ni concentrations were similar the those verified in unpolluted areas. The chronology investigation, determined by the  $^{210}\text{Pb}$  technique, indicated that the 25 cm long sediment profile shows a 135 years of deposition history of the suspended material in this lagoon.

**Key-words:** sediments, heavy metals, marginal lagoon, Moji-Guaçu river

---

## INTRODUÇÃO

O Rio Moji-Guaçu nasce no Estado de Minas Gerais, próximo à cidade de Borda da Mata, a uma altitude de cerca de 1.450 metros, e deságua no Rio Pardo, após percorrer 470 Km. No Estado de São Paulo, conforme o Relatório de Qualidade de Águas Interiores da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - 1997 (CETESB, 1998), possui área de drenagem de  $14.653 \text{ Km}^2$ . Ao longo do seu curso, existem várias lagoas marginais, as quais vêm sendo objetos de estudos nos últimos anos (SANTOS & MOZETO, 1992).

As lagoas marginais são ecossistemas típicos característicos dos sistemas rio-planície de inundação, formadas a partir de antigas feições do canal do rio principal. Estas se diferenciam com respeito à distância mantida em relação ao rio, o que aliado aos aspectos da topografia local, caracterizam o estágio de desenvolvimento de cada uma

(ALBUQUERQUE, 1992).

Quando ocorrem pulsos de inundação há o transporte de material dissolvido e particulado para essas áreas. Este último pode ser inorgânico, como resultado de processos erosivos de rochas e solos, ou orgânico, produzido no rio e/ou gerado na própria bacia de drenagem. A densidade da cobertura vegetal nessas áreas atua como regulador do volume de sólidos suspensos transportados, inibindo ou favorecendo os processos erosivos, sem considerar-se, no caso, variações nos valores da descarga, que estão diretamente relacionados às chuvas locais e regionais (MEADE, 1985).

É consenso que a questão da contaminação do ambiente por metais pesados é um dos principais objetos de estudo na atualidade no mundo todo. Isso ocorre porque diversas atividades industriais e agrícolas vêm contaminando solos, sedimentos, ar e água em anos recentes, causando sérios prejuízos à fauna e flora terrestres e aquáticas.

Os elementos-traço metálicos podem ser essenciais aos seres vivos, como Zn, Mn, Cu, Co e Mo, ou sem função biológica definida, como Hg, Pb, Cd, Ni, Ag e Sn. Todos eles, incluindo os essenciais, são tóxicos a uma grande variedade de organismos, e os diferentes compartimentos dos ecossistemas possuem uma capacidade limitada para receber esses metais (NRIAGU, 1988).

Considerando-se que sedimentos de fundo se constituem em excelentes arquivos históricos da variação na ocorrência de metais pesados ao longo do tempo (BAKER, 1994), GATTI (1997) realizou importante estudo sobre metais pesados em perfis de sedimentos de duas lagoas marginais ao rio Moji-Guaçu, denominadas lagoas do Infernã e Frutal, localizadas na Estação Ecológica de Jataí. A análise dos perfis obtidos de vários elementos metálicos (Cr, Cu, Zn, Pb, entre outros) não permitiu encontrar concentrações elevadas desses metais que caracterizassem o enriquecimento ao longo do tempo dos sedimentos das lagoas, especificamente nessa área de preservação ambiental.

Para se avaliar a situação atual em uma lagoa natural com diferente grau de impactação, elegeu-se a Lagoa Rio das Pedras, localizada no Município de Pirassununga, no interior de uma propriedade particular, em posição à montante em relação às duas lagoas supracitadas. Esta lagoa, assim como as demais, no período das cheias (dezembro - abril), é inundada pela água deste rio, que atua como meio de transporte de material particulado e dissolvido, bem como de larvas de organismos aquáticos. Ressalta-se que nessa fazenda é praticado o cultivo intensivo da cana-de-açúcar nas proximidades da lagoa, o que a princípio poderia proporcionar resultados distintos daqueles verificados por GATTI (1997).

Assim sendo, este trabalho procurou verificar os níveis atuais de alguns metais pesados (Hg, Cu, Mn, Cr, Ni e Al) e elucidar sua história ambiental nessa área.

Para isso, se utilizou da técnica da datação de perfis de sedimentos pela metodologia do  $^{210}\text{Pb}$ , que é uma ferramenta empregada com sucesso nos últimos anos (BRAGANÇA, 1992; GATTI, 1997; TOWLER & SMITH, 2000).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foi selecionada para amostragem a área central da Lagoa Rio das Pedras, situada nas coordenadas  $47^{\circ}37'10''\text{W}$  e  $21^{\circ}58'15''\text{S}$ , onde foram coletados 3 perfis de sedimento de fundo, utilizando-se coletor Wildco modelo 2404. Os perfis coletados (25 cm de profundidade) foram seqüenciados em intervalos de 1 cm, perfazendo-se uma amostra composta representativa da área, sendo armazenadas em sacos plásticos e congeladas até o momento do preparo para as análises.

Para a realização das quantificações de interesse, as amostras foram secas à temperatura inferior a  $60^{\circ}\text{C}$  por 96 h, desagregadas e homogeneizadas em graal de porcelana, sendo em seguida peneiradas para a obtenção da fração menor que  $63\ \mu\text{m}$  de diâmetro.

A metodologia empregada para determinação de Hg (TAVARES, 2003) foi a queima direta da amostra, a qual sofreu pirólise quando aquecida a  $1100^{\circ}\text{C}$  e teve a concentração de Hg quantificada via espectrofotometria de fluorescência atômica, em adaptação ao método originalmente proposto por MAGALHÃES et al. (1997). Nesse sistema analítico, a queima se deu em um recipiente de quartzo focalizado entre 3 lâmpadas de infravermelho. O Hg liberado durante a pirólise foi carregado por gás de arraste (ar sintético) para uma coluna que continha sílica, alumina e óxido de cobre, onde houve a eliminação dos possíveis interferentes. Daí se encaminhou para um amalgamador de ouro e sofreu posterior dessorção, para, por fim, ser detectado.

Para se obter as concentrações totais de Hg, Cu, Mn, Cr e Ni, bem como de Al (normalizador) nos de sedimentos estudados, realizou-se a digestão ácida das amostras (AGEMIAN & CHAU, 1976) em bombas de PTFE. Foram pesadas cerca de 200 mg de amostra de sedimentos (fração  $< 63\ \mu\text{m}$ ) relativas a cada camada estratificada para cada determinação (análise em duplicata). Iniciou-se a digestão acrescentando-se a estas 1 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado de alta pureza e aquecendo-se a  $60^{\circ}\text{C}$  por 2 h em bloco digestor. Em seguida, após a adição de 6 mL de HCl e 5 mL de HF concentrados, selaram-se as bombas, levando a aquecimento a  $160^{\circ}\text{C}$  por 12 h. Após resfriamento, as bombas de PTFE foram abertas e as amostras levadas ao aquecimento à temperatura de  $160^{\circ}\text{C}$ . Após volatilização completa da solução digestora, acrescentou-se 1 mL de  $\text{HClO}_4$ , ebulindo-se o extrato a  $210^{\circ}\text{C}$ , até a secura. As amostras foram então retomadas em

solução 0,5% (v/v) HCl, transferidas para balão volumétrico de 50 mL e levadas para análise através da técnica de espectrometria de emissão atômica (ICP-AES) utilizando-se equipamento PERKIN ELMER modelo OPTIMA 3000 DV, acoplado ao sistema gerenciador WINLAB ICP (GINE-ROSIAS, 1995). Vale ressaltar que durante as digestões foram preparados simultaneamente brancos analíticos e também procedeu-se a digestão de material certificado NIST – SMR 2704.

O levantamento cronológico foi realizado nos laboratórios da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) - Poços de Caldas, Minas Gerais. Para isso, realizou-se a extração radioquímica, processo que permite a separação do  $^{210}\text{Pb}$  dos demais radionuclídeos naturais que podem estar presentes nas amostras de sedimentos e interferindo nos resultados. Nesse método, desenvolvido por GODOY (1983), amostras entre 3 e 5 gramas foram inicialmente dispostas em béqueres e atacadas em solução ácida (25 mL de  $\text{HNO}_3$  + 25 mL de HF) a quente até a secura. Em seguida, acrescentou-se 10 mL de  $\text{HNO}_3$  mantendo o aquecimento novamente até a secura. Retomou-se por fim com 5 mL de  $\text{HNO}_3$  e 1 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  elevando o volume com água para 1 litro. Acrescentou-se a esse volume 1 mL de solução mista de carregador (20 mg Ba e Pb.mL $^{-1}$ ) e 7 mL de ácido cítrico 1 mol L $^{-1}$ . Os carregadores foram adicionados para aumentar as concentrações de bário e chumbo na solução e, conseqüentemente, facilitar suas precipitações. Já o ácido cítrico atuou complexando ferro e chumbo na solução, impedindo que estes se precipitassem na forma de hidróxidos.

A solução foi levada a ebulição, acrescentando-se nesse instante 50 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  3 mol L $^{-1}$ . Manteve-se o aquecimento até a formação de precipitados, quando cessou-se o aquecimento deixando a solução decantar até o dia seguinte.

Desprezou-se o sobrenadante e o precipitado foi centrifugado a 2500 rpm por 10 minutos. Descartou-se o sobrenadante proveniente da centrifugação, lavou-se o precipitado com 10 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 mol L $^{-1}$  para evitar sua solubilização e realizou-se novamente a etapa de centrifugação. Ao precipitado adicionou-se 2 g de ácido nítrico triacético (titriplex), 40 mL de água desionizada e 7 mL de NaOH 6 mol L $^{-1}$ , aquecendo a 60°C para dissolução do precipitado. A função do titriplex foi dissolver o precipitado em meio básico, complexando o chumbo e deixando em solução o bário e o rádio.

A seguir, adicionou-se 5 mL de sulfato de amônio 25 mg mL $^{-1}$ , 3 a 4 gotas de vermelho de metila e ajustou-se o pH para 4,5-5,0 com ácido acético glacial. Deixou-se em repouso por uma noite para a formação do precipitado de  $\text{Ba(Ra)SO}_4$ , e procedeu-se então centrifugação a 2500 rpm por 10 min, restando o chumbo na fração

sobrenadante. O precipitado foi lavado com 20 mL de acetato de amônio 40% (m/v) e centrifugado novamente, sendo o sobrenadante acrescido ao anterior e reservado para a determinação do chumbo.

Ao precipitado, adicionaram-se 2,0 g de EDTA, 30 mL de água desionizada e 2 mL de hidróxido de amônio em banho-maria Marconi MA-127. Acrescentaram-se 5 mL de sulfato de amônio  $25 \text{ mg.L}^{-1}$  e 3 a 4 gotas de vermelho de metila, ajustando-se o pH para 4,5-5,0 com ácido acético glacial. Realizou-se filtração da solução a vácuo em membrana Millipore (AP20, diâmetro de 47 mm). Nessa etapa, determinou-se o rendimento químico gravimétrico, à partir do carregador adicionado. As membranas foram acondicionadas em plaquetas de aço inox e fixadas com anéis de cobre. Aguardaram-se 21 dias para a contagem do  $^{226}\text{Ra}$ , tempo necessário para que este entre em equilíbrio e para que a contribuição de outros isótopos e emissores alfa ( $^{223}\text{Ra}$  e  $^{224}\text{Ra}$ ) sejam nulas.

A detecção se deu através das quantificações de emissões alfa ( $^{226}\text{Ra}$ ), realizadas no detector Eberline modelo SAC-4 (contador de cintilação a ), durante cerca de uma hora de contagem.

Na solução sobrenadante anteriormente citada, contendo chumbo complexado, adicionou a quente 1 mL de  $\text{Na}_2\text{S}$   $1 \text{ mol L}^{-1}$  em banho maria. Manteve-se aquecimento por 10 min e deixou-se em repouso até o dia seguinte para a formação de  $\text{PbS}$ . Centrifugou-se a solução a 2500 rpm por 15 minutos desprezando-se o sobrenadante. Efetuou-se lavagem com água desionizada e procedeu-se nova etapa de centrifugação.

O precipitado obtido foi redissolvido em 10 mL de água desionizada e acrescentou-se gotas de  $\text{HNO}_3$  até a formação de precipitado coloidal amarelo de enxofre. A solução foi filtrada em papel de filtro qualitativo para a retirada do enxofre elementar.

Ao filtrado, adicionou-se acetato de amônio 40 % (m/v) até pH 4,5-5,0 e aqueceu-se até a ebulição. Adicionou-se a esta solução 2 mL de  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  30 % (m/v) sob aquecimento, mantendo-se aquecimento por 10 minutos. Filtrou-se a solução e a membrana Millipore (AP20) foi acondicionada em placa de aço inox, coberta com folha de papel aluminizada, que serviu para absorver partículas b de baixa energia que o  $^{210}\text{Pb}$  emite.

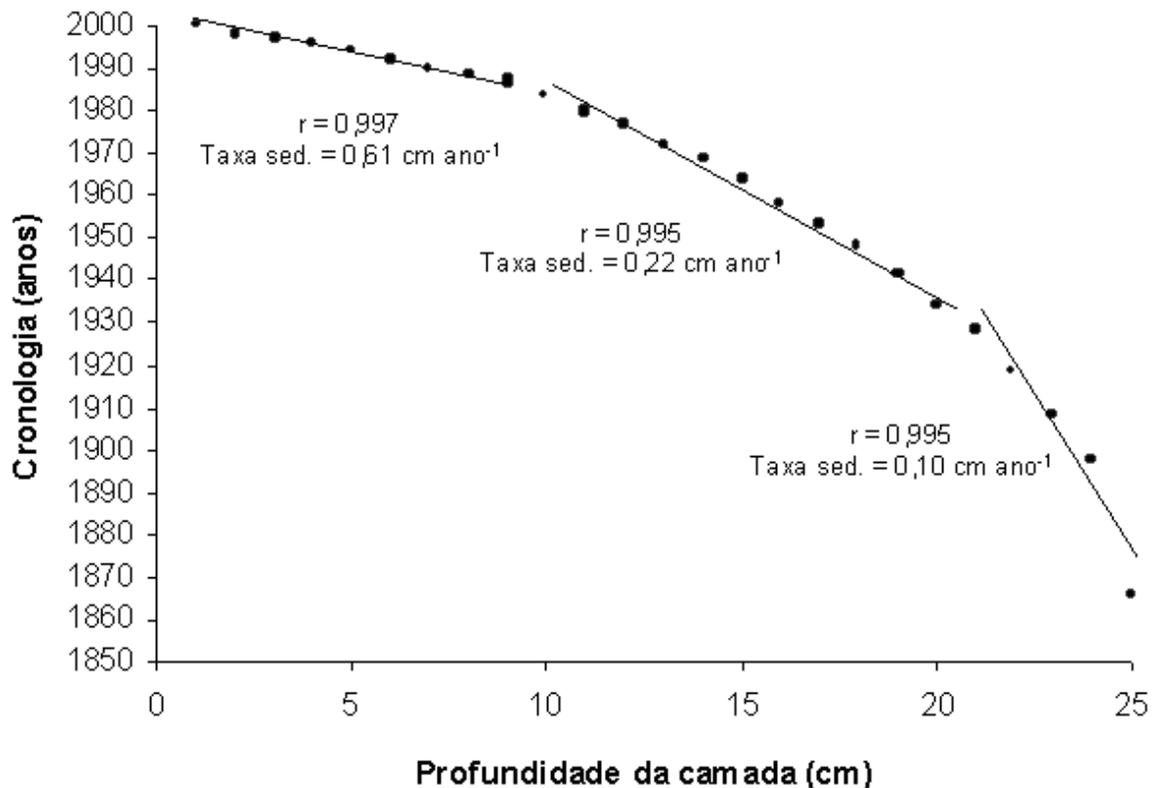
Aguardou-se 10 dias para a contagem de emissões b em detector proporcional de fluxo gasoso de baixo background Eberline modelo FHT-770T, realizada

durante cerca de 400 minutos. Este equipamento opera com fluxo de gás P-10, que é uma mistura de 90 % de argônio e 10 % de metano, e realiza 6 medidas simultâneas.

O modelo escolhido para tratamento dos dados (CRS - Constant Rate of Supply), desenvolvido por APPLEBY & OLDFIELD (1983), considera que existem variações significativas nas taxas de sedimentação de qualquer perfil de sedimento, que não podem ser explicadas por fenômenos de mistura física dos sedimentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras coletadas foram primeiramente empregadas na elucidação da cronologia da deposição. Os resultados encontrados para  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{226}\text{Ra}$  (média de 2 repetições), bem como os cálculos necessários para a obtenção da idade das camadas são apresentados na Tabela 1, sendo na Figura 1 ilustradas as taxas de deposição calculadas.



**Figura 1** - Perfil de sedimento representativo da Lagoa Rio das Pedras, obtida através da técnica da datação pelo  $^{210}\text{Pb}$ .

**Tabela 1** - Valores de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{226}\text{Ra}$  ( $\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}$ ) e cronologia do perfil de sedimento da Lagoa Rio das Pedras, obtida através da técnica da datação pelo  $^{210}\text{Pb}$

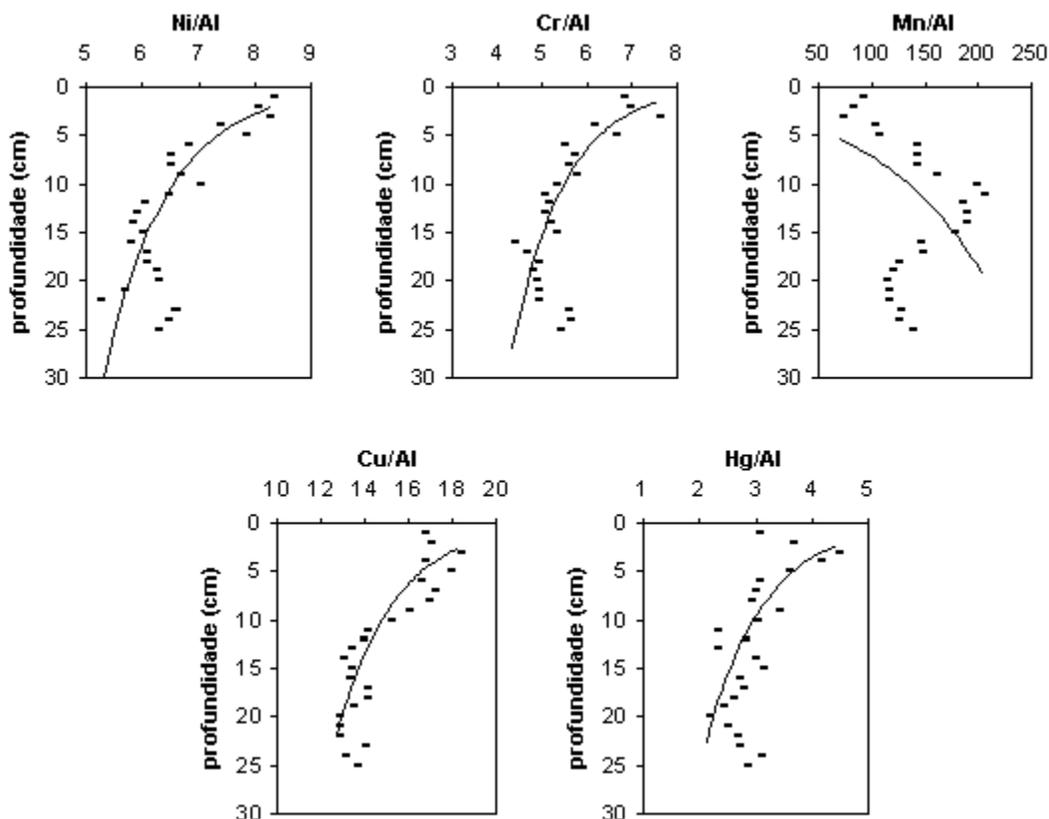
<b>Camadas do perfil (cm)</b>	<b><math>^{210}\text{Pb}</math> (<math>\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}</math>)</b>	<b><math>^{226}\text{Ra}</math> (<math>\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}</math>)</b>	<b><math>^{210}\text{Pb}</math> exc. (<math>\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}</math>)</b>	<b><math>^{210}\text{Pb}</math> exc.m área (<math>\text{mBq}/\text{cm}^2</math>)</b>	<b>Anos</b>
0 a 1	0,180	0,027	0,153	18,64	0
1 a 2	0,085	0,027	0,058	9,33	1,9
2 a 3	0,082	0,025	0,057	10,9	2,9
3 a 4	0,109	0,030	0,079	16,2	4,2
4 a 5	0,100	0,028	0,072	14,5	6,1
5 a 6	0,112	0,034	0,078	14,8	7,9
6 a 7	0,084	0,035	0,049	9,1	9,8
7 a 8	0,087	0,037	0,050	10,0	11,1
8 a 9	0,148	0,032	0,116	24,4	12,5
9 a 10	0,121	0,033	0,088	19,6	16,4
10 a 11	0,108	0,031	0,077	18,0	19,8
11 a 12	0,116	0,034	0,082	19,8	23,4
12 a 13	0,090	0,033	0,057	14,2	27,8
13 a 14	0,093	0,030	0,063	15,8	31,3
14 a 15	0,105	0,032	0,073	17,8	35,8
15 a 16	0,081	0,034	0,047	12,3	41,8
16 a 17	0,084	0,035	0,049	11,8	46,7
17 a 18	0,076	0,036	0,040	11,3	52,1
18 a 19	0,074	0,036	0,038	10,1	58,43
19 a 20	0,061	0,035	0,026	7,8	65,4
20 a 21	0,070	0,035	0,035	9,1	72,0
21 a 22	0,063	0,032	0,031	6,6	81,7
22 a 23	0,063	0,036	0,027	5,3	91,7
23 a 24	0,067	0,039	0,028	8,3	102,5
24 a 25	0,067	0,038	0,029	4,9	134,2

Os resultados de taxas de deposição observados (entre 0,6 e 0,1 cm ano<sup>-1</sup>) são semelhantes aos verificados em outras lagoas marginais localizadas nas proximidades da área de estudo (GATTI, 1997; TAVARES et al, 2003), indicando que o perfil de 25 cm de profundidade representou cerca de 135 anos de história da deposição de material em suspensão na lagoa Rio das Pedras.

Na Tabela 2 são listadas as concentrações do elemento normalizador (Al) e metais pesados quantificados. Nessa, pode ser verificado que os teores dos metais Cr, Ni e mesmo Hg, que possuem um histórico de contaminação na região (BOLDRINI et al., 1978), encontram-se em concentrações semelhantes às aquelas verificadas em sedimentos de corpos d'água considerados não impactados (MANAHAN, 1992). Entretanto, as concentrações médias de Cu (0,12 mg g<sup>-1</sup>) e Mn (1,12 mg g<sup>-1</sup>) para amostras de sedimentos foram elevadas, em comparação aos verificados em ambientes não poluídos.

As possíveis explicações para essa contaminação podem estar relacionadas à atividade agrícola (cultivo de cana-de-açúcar) nas proximidades da lagoa, na qual há anos vêm sendo empregados adubos químicos e herbicidas de maneira indiscriminada, ou ao transporte desses metais nos períodos de inundação pelo rio Moji-Guaçú, caracterizando o aporte de poluentes. O resultado dessa contaminação é que sistemas como esse deixam de ser ambientes propícios para a manutenção da vida aquática, uma vez que a presença de metais pesados e outros contaminantes potenciais inibem sensivelmente essa possibilidade, podendo inclusive trazer problemas para ribeirinhos que alimentam-se de peixes retirados dessas lagoas marginais.

Utilizando-se Al como elemento normalizador, observou-se enriquecimento nos teores de metais pesados para anos recentes, exceto para Mn, como pode ser visto na Figura 2. Essa observação é mais facilmente explicada como reflexo da crescente atividade industrial na região, representando mais fielmente o histórico do aporte de poluentes pelo rio Moji-Guaçú. Ainda que questionado, nos dias atuais, o emprego de Al como normalizador para metais pesados apresentou resultado satisfatório. Um dos principais motivos de críticas se deve ao fato de que a chuva ácida poderia ocasionar uma maior lixiviação do solo, disponibilizando mais Al para os corpos d'água .



**Figura 2** – Utilização do Al como traçador para verificar o enriquecimento nas concentrações ( $\text{m g g}^{-1}$ ) de metais pesados para anos recentes (frações multiplicadas por 10.000 para facilitar a escala gráfica, uma vez que o Al é reportado em %).adjacentes (ROMERO et al., 1989).

**Tabela 2** – Concentrações de metais pesados (média de 3 repetições) verificadas em amostras de sedimentos (perfil de 25 cm, estratificado em intervalos de 1 cm) coletadas na lagoa Rio das Pedras

Perfil (cm)	Al (% m/m)	Hg ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Cu ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Mn ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Cr ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Ni ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
0 a 1	11,1	35,0	0,183	1,03	74,1	96,6
1 a 2	11,9	45,2	0,199	0,97	81,1	100,0
2 a 3	11,9	55,3	0,215	0,86	89,0	102,7
3 a 4	10,9	47,0	0,180	1,13	65,8	84,0
4 a 5	11,0	40,9	0,194	1,18	71,6	89,9
5 a 6	9,5	30,1	0,155	1,37	51,2	67,4
6 a 7	9,0	27,8	0,152	1,29	50,3	60,8

7 a 8	9,0	27,3	0,150	1,29	49,3	61,0
8 a 9	8,7	30,8	0,137	1,42	49,1	60,5
9 a 10	7,0	23,5	0,099	1,36	37,8	55,1
10 a 11	7,4	19,1	0,098	1,49	37,9	53,6
11 a 12	7,3	22,8	0,095	1,32	38,1	49,4
12 a 13	7,4	18,9	0,092	1,36	37,9	49,0
13 a 14	7,2	23,9	0,088	1,32	37,9	47,1
14 a 15	7,5	26,1	0,094	1,29	40,5	50,6
15 a 16	7,8	23,5	0,097	1,11	34,8	50,6
16 a 17	7,1	22,0	0,094	1,03	33,6	48,4
17 a 18	7,4	21,4	0,097	0,91	37,1	50,3
18 a 19	7,6	19,4	0,093	0,91	38,9	50,9
19 a 20	7,7	17,6	0,090	0,87	40,0	52,0
20 a 21	8,3	22,0	0,096	0,97	43,5	50,4
21 a 22	7,6	21,6	0,089	0,87	39,9	42,9
22 a 23	6,5	18,7	0,083	0,83	38,7	45,8
23 a 24	6,6	21,8	0,078	0,82	39,6	45,8
24 a 25	6,1	18,4	0,076	0,845	35,3	41,2
<b>Média</b>	8,4	27,2	0,121	1,12	47,7	60,2
<b>CV (%)</b>	20,5	36,8	36,9	19,8	33,1	31,2

## CONCLUSÃO

Estudos realizados nas lagoas marginais ao rio Moji-Guaçú permitem elucidar vários aspectos relacionados tanto à qualidade da água como à vida aquática (fauna e flora). No estudo ambiental realizado, a ferramenta da datação dos perfis de sedimentos comprovou ser de extrema valia, e sua utilização deve ser difundida de forma que a técnica não fique restrita a poucos laboratórios capacitados.

A possível contaminação por Cu e Mn verificada nas amostras de sedimento de fundo não significa que o problema nessa região se restrinja a esses metais, uma vez que muitos outros contaminantes não aferidos podem estar presentes, e também porque a poluição pontual no rio Moji-Guaçú pode não ser necessariamente refletida nas lagoas, dependendo, entre outros fatores, da periodicidade dos eventos de inundação. Ressalte-se que durante as amostragens de campo foi possível verificar a preocupante ação antrópica na região, representada pela dragagem indiscriminada de areia do leito do Rio Moji-Guaçu, afetando sobremaneira as áreas de inundação.

Por fim, pode-se concluir que deve ser dada devida atenção à contaminação do rio Moji-Guaçú, estimulando-se a realização de estudos que melhor caracterizem esse corpo hídrico, que outrora já foi um dos mais piscosos do Estado de São Paulo. Sem a tomada imediata de ações que coibam a atividade poluidora de um modo geral, a qualidade da água e, por conseguinte, a qualidade de vida na região estará seriamente ameaçada.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN/Poços de Caldas) pelas facilidades analíticas oferecidas e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo auxílio financeiro e bolsa concedidos.

## **REFERÊNCIAS**

- AGEMIAN, H.; CHAU, S. Y. Evaluation of extraction techniques for the determination of metals in aquatic sediments. **The Analyst**, London, v. 101, p. 761-767, 1976.
- ALBUQUERQUE, A. L. S. **Composição e fluxo do material particulado transportado pelo Rio Mogi-Guaçu na planície de inundação da E.E. de Jataí, Luíz Antônio - SP.** 1992. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1992.
- APPLEBY, P. G.; OLDFIELD, F. The assessment of  $^{210}\text{Pb}$  data from sites with varying sediment accumulation rates. **Hydrobiologia**, Dodrecht, v. 103, p. 29-35, Jan. 1983.
- BOLDRINI, C. V. et al. Contaminação por mercúrio nos rios Mogi Guaçu e Pardo (S.P.). **Revista DAE**, São Paulo, v. 43, n. 135, p. 106-117, fev. 1983.
- BRAGANÇA, M. J. C. S. **Aplicação do modelo de taxa de deposição constante (CRS) na datação dos sedimentos da Baía de Guanabara utilizando medidas de  $^{210}\text{Pb}$ .** 1992. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 1997.** São Paulo, 1998.
- BAKER, L. A. (Ed). **Environmental chemistry of lakes and reservoirs.** Washington: ACS, 1994.
- GATTI, L. V. **Distribuição de metais em testemunhos de sedimentos de duas lagoas marginais do Rio Moji-Guaçu (E. E. de Jataí, Luiz Antônio, SP).** 1997. 133 f.

- Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.
- GINÉ-ROSIAS, M. F. G. **Análise por injeção em fluxo em espectrometria de plasma.** 1995. 60 f. Tese (Livre Docência) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- GODOY, J. M. **Entwicklung einer analysenmethode fur die bestimmung von  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  und ihre anwendung auf umweltsproben.** 1983. 172 f. Tese (Doutorado) - Universitat Munchen, Munchen, 1983.
- MAGALHÃES, C. E. C. et al. Direct determination of mercury in sediments by atomic absorption spectrometry. **Journal of Atomic Absorption Spectrometry**, London, v. 12, p. 1231-1234, 1997.
- MANAHAN, S. E. **Toxicological Chemistry.** Lewis Publishers: Michigan, 1992
- MEADE, R. H. **Suspended sediment in the Amazon river and its tributaries in Brazil during 1982-1984.** U.S. Geological Survey Open-File Report, London, v. 85, p. 39, 1985.
- NRIAGU, J. O. A silent epidemic of environmental metal poisoning? **Environmental Pollution**, London, v. 50, p. 139-161, 1988.
- ROMERO, F.; ELEJALDE, C.; SABIN, H. Efectos de la lluvia acida: lixiviacion de constituyentes en suelos contaminados. **Anales de Edafologia y Agrobiologia**, Madrid, v. 49, n. 1-2, p. 1-10, 1989.
- SANTOS, J. E.; MOZETO, A. A. **Programa de análise de ecossistemas e monitoramento ambiental: Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antonio, SP).** São Carlos: UFSCar, 1992.
- TAVARES, G. A. et al. Mercury in the Moji-Guaçu River Basin (S.P - Brazil): the Link Among Marginal Lagoons and River Contribution, Assessed by  $^{210}\text{Pb}$  Dating Profiles. **Ambio**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 47-51, Jan. 2003.
- TOWLER, P. H.; SMITH, J. D. Studies of the influence of graded storm layers on  $^{210}\text{Pb}$  and heavy metals profiles in great barrier reef sediments. **Environmental Science and Technology**, Easton, v. 34, p. 2947-2951, 2000.