

ANÁLISES DOS NÍVEIS DE METAIS PESADOS NO SISTEMA HÍDRICO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO JATAÍ, SP

LIMA, N.R.W.*

RESUMO

Análises dos níveis de metais pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) no sedimento de fundo, na macrófita aquática *Eichhornia azukeya* e em 3 espécies da ictiofauna (*Prochilodus scrofa*, *Schizodon nasutus* e *Hoplias malabaricus*) de 4 lagoas e 3 córregos da Estação Ecológica do Jataí foram realizadas com o objetivo de se levantar dados para se montar um quadro genérico sobre a situação. As concentrações de metais nos sedimentos dos 7 sistemas hídricos foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) e a Lagoa do Infernão apresentou os maiores níveis de Cd, Co, Cr, Pb e Ni. Na Lagoa do Diogo observou-se um gradiente de metais no sedimento com um aumento significativo ($p < 0,05$) no sentido Córrego do Cafundó - Rio Mogi-Guaçu. *E. azukeya* apresentou um padrão de concentração de metais diferente daquele encontrado para o sedimento com níveis de Cr que estão dentro do intervalo de concentração encontrados em macrófitas aquáticas de sistemas poluídos. Os peixes concentraram os metais segundo um padrão inesperado. O herbívoro e o piscívoro apresentaram maiores concentrações que o iliófago. *S. nasutus* e *H. malabaricus* concentraram Cr

* Departamento de Ciências Biológicas, UFSCar, SP.

a níveis próximos das concentrações máximas permitidas para o consumo humano. Embora as concentrações de metais no sedimento de fundo fossem inferiores às aquelas encontradas em represas e sistemas fluviais moderadamente poluídos, indicando a inexistência de uma condição de impacto, os resultados de Cr na macrófita aquática e nos peixes, sugerem que a ciclagem deste metal deve ser detalhadamente investigada no sistema hídrico desta estação.

ABSTRACT - HEAVY METAL LEVELS IN THE AQUATIC SYSTEM OF JATAÍ ECOLOGICAL STATION, SP

In order to evaluate general aspects of metals impact in the Jataí Ecological Station, the Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn levels in bottom sediments, *Eichhornia azurea* and 3 species of fishes (*Prochilodus scrofa*, *Schizodon nasutus* and *Hoplias malabaricus*) from 4 lakes and 3 streams were determined. Metal concentrations in the 7 water systems sediments were statistically different ($p < 0.05$). Infernã Lake sediments showed the highest levels of Cd, Co, Cr, Pb and Ni. A significant increase ($p < 0.05$) of metals from Cafundó Stream to Mogi-Guaçu River was observed in Diogo Lake with a significant increase ($p < 0.05$). *Eichhornia azurea* showed a different pattern in metal concentration when compared to sediments. Concentration of Cr in this species was similar to aquatic macrophytes from polluted systems. Metal concentrations in fishes showed herbivorous and piscivorous species with higher metal content than the detritivorous. The Cr concentrations in *S. nasutus* and *H. malabaricus* were close to the Brazilian Standard for fresh water food fish. Metal concentrations in bottom sediments were below the levels of moderately polluted river systems and reservoirs. However the levels of Cr in the aquatic macrophyte and fishes species suggest that the cycle of this metal in the water systems of the

Jataí Ecological Station should be investigated in detail.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu (17.750 Km²; 84% situada no Estado de São Paulo) vem apresentando um aumento da atividade econômica (industrial e agropecuária) e de ocupação populacional, que têm intensificado a utilização dos recursos naturais destes sistemas (CETESB, 1985a). As análises sobre o padrão de qualidade da água do Mogi-Guaçu, realizadas pela CETESB desde 1975, caracteriza este rio como um corpo hídrico que apresenta condições entre boas e aceitáveis (CETESB, 1984 e 1985a). Entretanto, este padrão de qualidade baseia-se nas análises de 9 variáveis indicadoras da qualidade da água, tais como oxigênio dissolvido, coliformes fecais e fósforo total. Outros estudos realizados por este mesmo órgão mostraram que a bacia do Mogi-Guaçu e Pardo já apresenta concentrações de metais pesados (como o Hg) e de pesticidas organoclorados a níveis que excederam aqueles estabelecidos para a manutenção adequada de organismos dulcícolas, principalmente no trecho médio superior do rio, abrangendo os municípios Leme, Araras, Mogi-Mirim, Mogi-Guaçu, Conchal e Santo Antônio do Pinhal (CETESB, 1980).

O município de Luis Antônio encontra-se na região do baixo Mogi-Guaçu, próximo a Ribeirão Preto. Esta região tem apresentado um crescimento demográfico e econômico à exemplo do que já ocorre no trecho médio superior do rio (CETESB, 1985b). A Estação Ecológica do Jataí, localizada naquele município, apresenta um sistema hídrico compreendendo lagoas marginais ao Mogi-Guaçu e córregos que são importantes sob os aspectos ecológicos (manutenção da flora e fauna associada), climatológicos e recreativos. A legislação estadual que criou a Estação Ecológica do Jataí estabeleceu normas de proteção às características do

ambiente, sendo necessária a criação de um plano de manutenção e de manejo adequado. Para tanto, necessita-se de conhecimentos básicos para compor um quadro de informações que permita tais procedimentos.

Com a crescente influência antropogênica no Rio Mogi-Guaçu e o conseqüente aumento do grau de poluição, o fenômeno natural de inundações periódicas que ocorre no verão e atinge principalmente as lagoas marginais, os brejos e trechos inferiores dos córregos, pode representar pulsos de entrada de agentes poluidores na Estação Ecológica. Estudos preliminares sobre a presença de praguicidas clorados (hetoclorado e cloretano) realizados na água da Lagoa do Infernã durante a estiagem de 1986, mostraram que as concentrações destes estiveram em torno de 0.01 ppm. Este nível de concentração foi superior aquele admitido pela EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) para preservação dos organismos aquáticos (ESTEVES & MOZETO, 1987). Até o presente momento, não havia nenhuma análise sobre os níveis de metais pesados na Estação Ecológica. Assim, este trabalho tem como objetivo principal levantar dados preliminares sobre a concentração de metais pesados no sistema hídrico da Estação Ecológica, a fim de se compor um quadro genérico sobre o problema. Os compartimentos escolhidos para a análise da possível influência dos metais Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn na Estação Ecológica do Jataí foram: sedimento de fundo (por ter a característica de ser integrador, segundo NRIAGU et alii, 1979), a macrófita aquática *Eichhornia azurea* (espécie indicadora de poluição por metais, segundo MALM, 1986) e representantes da ictiofauna da Lagoa do Diogo, pertencentes a três níveis da cadeia alimentar - *Prochilodus scrofa* (iliófago), *Schizodon nasutus* (herbívoro) e *Hoplias malabaricus* (piscívoro). Este levantamento foi realizado em 3 córregos e 4 lagoas no período de estiagem, durante a primavera de 1987.

MATERIAL E MÉTODOS

A Estação Ecológica do Jataí (Fig. 1) possui uma área 4.532 hectares apresentando uma diversidade de habitats naturais compreendendo o Rio Mogi-Guaçu, córregos, lagoas marginais, brejos em diferentes graus de inundação e florestas não inundáveis. As lagoas marginais são meandros abandonados e podem apresentar uma ligação com o rio em caráter



Figura 1 - Localização da Estação Ecológica do Jataí (Redução do mapa 1:25.000; fonte: INSTITUTO FLORESTAL, 1971).

permanente, a exemplo da Lagoa do Diogo, ou temporariamente durante as chuvas de verão, como a Lagoa do Infernã. Dentro da Estação Ecológica as influências antropogênicas limitam-se ao represamento do Córrego do Jataí, à existência de plantações de *Pinus* e *Eucalyptus* e à prática da pesca recreativa.

Os compartimentos analisados neste levantamento foram obtidos em duas campanhas. Os peixes analisados foram coletados na Lagoa do Diogo durante o levantamento da ictiofauna em setembro de 1987, segundo os métodos descritos por GALETTI Jr. et alii (1989). As espécies analisadas foram *Prochilodus scrofa* (iliófago), *Schizodon nasutus* (herbívoro) e *Hoplias malabaricus* (piscívoro). Os três espécimes de *P. scrofa*, de *S. nasutus* e de *H. malabaricus* apresentavam biomassa fresca entre 24 e 253 g; 57 e 88 g; 64 e 159 g; respectivamente. Os espécimens foram descamados no laboratório, lavados com água destilada e filetados. Os tecidos frescos foram sub-divididos em três amostras por espécimens, pesados (tendo como suporte filtros pré-pesados), secos em estufa (60°C) até peso constante, e calcinados em cadinho de porcelana (450°C, 24 h). As cinzas foram digeridas à quente em mistura ácida de HNO₃ + HCl (3:1) até a total dissolução do material. As amostras foram evaporadas até próximo a *secura* e ressuspendidas em 50 ml de solução de HCl 0.1N (PFEIFER et alii, 1985).

Os sedimentos de fundo foram amostrados nas Lagoas do Diogo (LD), Quilômetro (LQ), Infernã (LI) e Óleo (LO), nos Córregos do Cafundô (CC), Jataí (CJ) e Boa Sorte (CBS), com o auxílio de um coletor de gravidade, durante a campanha realizada em outubro de 1987. Na Lagoa do Diogo foram amostrados dois pontos com o objetivo de se avaliar a influência do Rio Mogi-Guaçu e do Córrego do Cafundô sobre esta (Fig. 1). Para tanto, coletou-se testemunhos em frente a fôz do córrego (LDi - interior da lagoa) e próximo a ligação da lagoa com o rio (LDl), em pontos adjacentes a

ocorrência de *Eichhornia azurea*. O Rio Mogi-Guaçu não foi amostrado devido a falta de um coletor adequado. Retirou-se dos testemunhos de sedimentos os perfis de 0-5 cm e 5-10 cm de profundidade. Estas porções foram peneiradas a fresco em malha de 1 mm, para a retirada de restos de tecidos vegetais e cascalhos, secas em estufa (60°C) até peso constante, moídas em graal de porcelana e novamente peneiradas em malha de 63 µm, por via seca.

Para as análises dos metais pesados nos sedimentos utilizou-se a técnica de extração com solução de HCl 0.1N a frio, na proporção de 5 g de sedimento para 15 ml da solução (FISZMAN et alii, 1984), com a finalidade de remover os metais pesados sob formas mais reativas sem atacar a matriz geológica do sedimento (PIPER, 1971; FORSTNER & PATCHNEELAM, 1981). Foram preparadas 2 amostras de cada perfil. Após a extração, as amostras foram filtradas e tiveram os volumes finais completados até 20 ml com solução de HCl 0.1N.

As folhas mais novas da macrófita aquática *Eichhornia azurea* foram coletadas manualmente nas Lagoas do Diogo, Infernã e Óleo em outubro de 1987. Estas folhas foram lavadas com água do local e enxaguadas com água destilada. No laboratório, estas foram secas em estufa de circulação (60°C) até peso constante e trituradas em moinho. Duas amostras de cada banco de macrófita aquática estudada, foram digeridas em mistura ácida de HNO₃ + HClO (5:1) em bloco digestor (ESTEVES, 1982). Cada amostra tratada foi solubilizada em 20 ml de HCl 0.1N.

Todos os instrumentos utilizados para a extração de metais nas diferentes amostras foram enxaguados com solução fraca de HNO₃ e todas as extrações foram acompanhadas por brancos.

As determinações dos metais pesados Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn nas amostras foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica (VARIAN modelo 1475) no laboratório de Radioisótopo do Instituto de Biofísica da

UFRJ.

Os resultados foram expressos em μg do metal por massa seca no caso do sedimento e da macrófita aquática, e por biomassa seca e fresca de peixes (ppm).

Testes estatísticos não paramétricos aplicados foram dos tipos: (1) análise de variância de Kruskal Wallis (H), para verificar se há diferença entre os corpos; e (2) teste t (tw), para verificar se ocorre diferenças entre os pontos amostrados na Lagoa do Diogo (CC - LDi; LDi - LDi), bem como, investigar se as espécies de peixes concentram os metais a níveis diferentes em função dos hábitos alimentares (SOKAL & ROHLF, 1969; SNEDCOR & COCHRAN, 1971).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição de metais pesados nos dois perfis de sedimentos de (0-5 cm e 5-10 cm) apresentou um padrão praticamente igual, a exceção dos resultados de Fe no Córrego do Jataí (Tab. 1). Devido a esta uniformidade, considerou-se a média entre os resultados de cada corpo hídrico, mesmo no caso do Fe (Fig. 2 e 3).

De um modo geral, os sedimentos de fundo das lagoas marginais apresentaram concentrações superiores àquelas encontradas nos Córregos do Cafundó e da Boa Sorte (Fig. 2 e 3). Estes resultados, provavelmente, refletiram a influência das inundações, devido às cheias do rio, e ao conhecido processo de acúmulo de materiais alóctones nos sistemas lênticos, reafirmando o conceito largamente aceito de que as lagoas marginais funcionam como filtros naturais dentro dos sistemas. O sedimento de fundo do Córrego do Jataí apresentou concentrações em níveis mais próximos daqueles encontrados nas lagoas marginais do que nos outros córregos. O ponto de amostragem do sedimento neste córrego localiza-se próximo a sua ligação com o Mogi-Guaçu, e

Tabela 1 - Concentração ($\mu\text{g/g}$) média de metais pesados em dois perfis (0-5 cm; 5-10 cm) de sedimentos de fundo de lagoas e córregos e localizados na Estação Ecológica.

Locais	Cd	Co	Cr	Cu	Fe*	Mn	Ni	Pb	Zn	
CÓRREGOS										
CAFUNDÓ										
0-5 cm	0,08	1,12	ND	4,08	1,294	35,2	0,12	1,23	5,80	
5-10 cm	0,08	1,12	ND	5,24	1,434	37,2	0,16	1,21	6,50	
BOA SORTE										
0-5 cm	ND	1,00	0,44	2,08	2580	—	75,6	ND	ND	2,80
5-10 cm	ND	1,12	ND*	2,32	2864	—	86,4	ND	0,15	3,20
JATAÍ										
0-5 cm	0,06	7,10	1,38	7,72	3178	—	125,6	1,36	1,79	7,30
5-10 cm	0,03	5,12	0,74	5,58	1749	—	130,8	0,70	0,87	7,00
LAGOAS										
DIOGO (1)										
0-5 cm	0,04	6,36	1,52	7,06	3164	—	168,0	1,18	1,99	12,75
5-10 cm	0,03	6,36	2,18	6,76	3240	—	150,8	0,94	1,93	11,00
DIOGO (1)										
0-5 cm	0,01	5,66	1,00	4,60	3102	—	174,9	0,92	1,08	5,95
5-10 cm	ND	4,82	1,24	5,26	3552*	—	161,0	0,82	1,31	6,30
QUILÔMETRO										
0-5 cm	0,03	6,36	1,36	7,00	4084	—	336,0	0,70	1,57	13,80
5-10 cm	0,03	5,44	1,86	7,76	4576	—	283,0	0,76	2,42	12,20
INFERNÃO										
0-5 cm	0,09	7,76	1,40	9,72	4632	—	120,0	1,92	2,69	4,24
5-10 cm	0,06	6,72	1,46	7,02	3948	—	121,4	1,51	2,43	3,06
ÓLEO										
0-5 cm	0,02	4,82	0,94	6,98	5740	—	122,0	0,94	0,77	14,80
5-10 cm	0,03	3,42	0,66	6,16	4138	—	104,2	0,62	0,93	12,60
H	32,0	20,3	19,9	18,7	21,7	—	24,1	17,9	20,3	29,07

H: análise de variância não paramétrica pelo método de Kruskal.
 ND: concentração a nível não detectável.

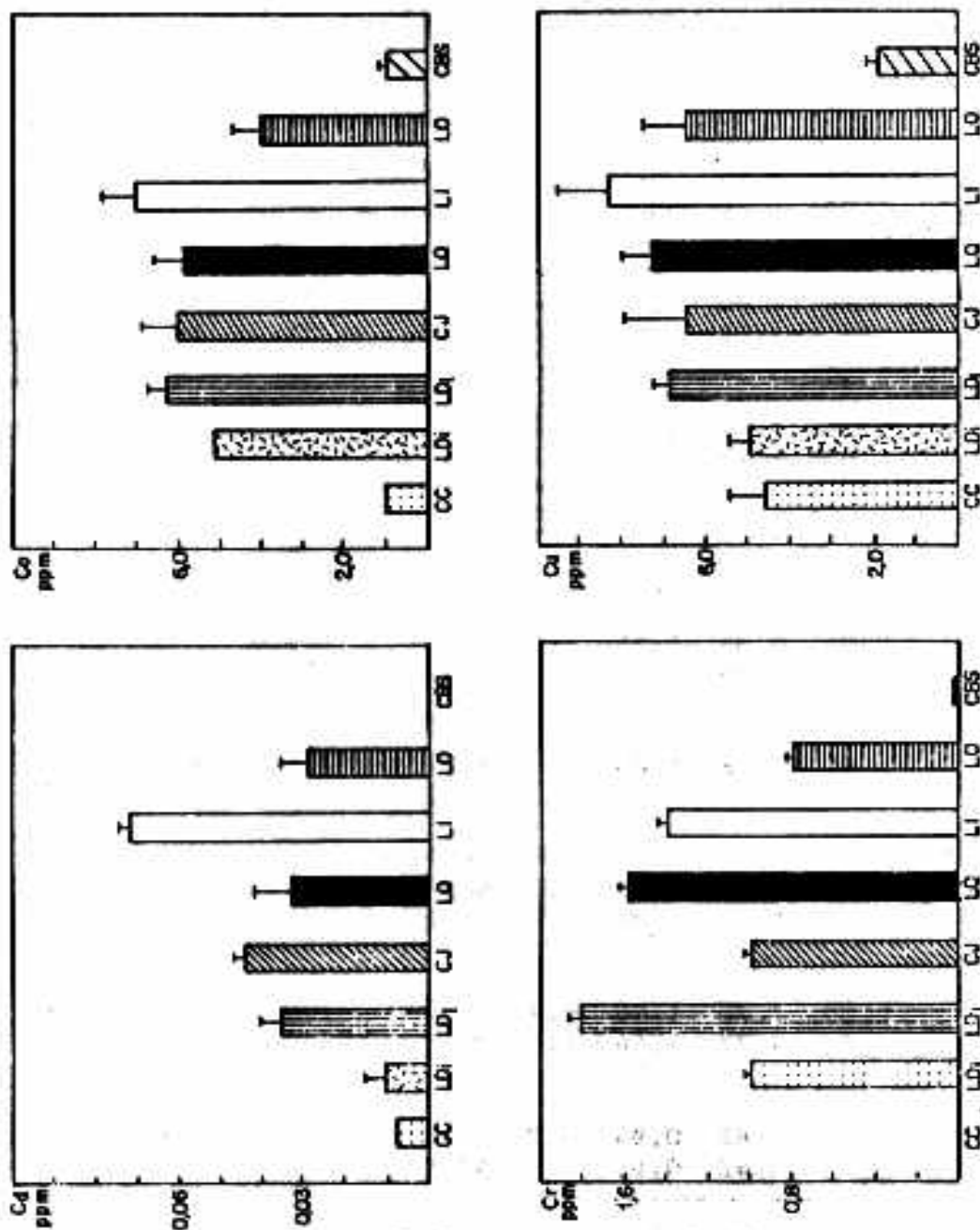


Figura 2 - Concentração de Cd, Co, Cr e Cu em sedimentos de fundo dos Córregos do Cafumô (CC), do Jetáí (CJ), do Bos Sorte (CBS) e das Lagoas do Diogo (LDI) - interior da Lagoa; LDI - ligação com o Rio Mogi-Guaçu, do Quilômetro (LQ), do Infernô (LI), do Óleo (LO).

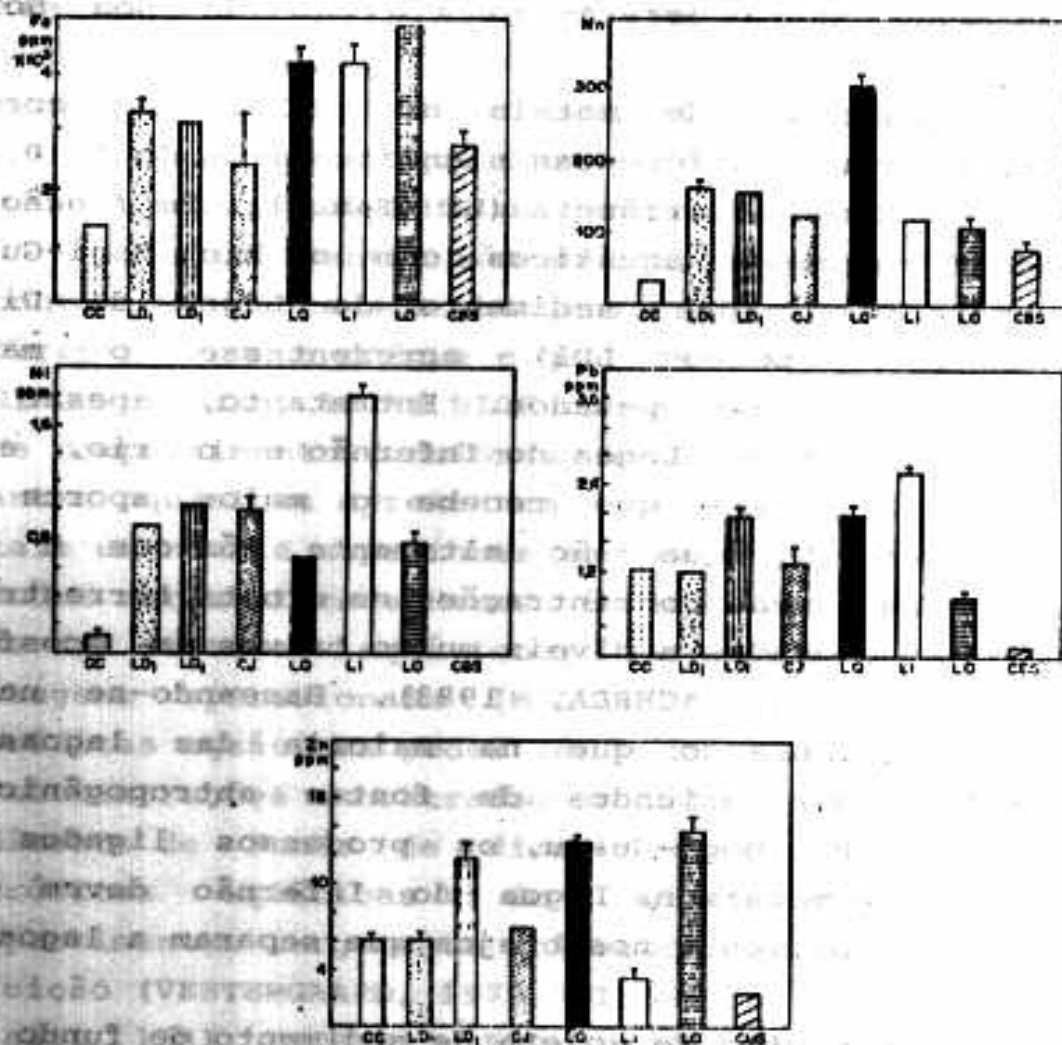


Figura 1 - Concentração de Fe, Mn, Ni, Pb e Zn em sedimento de fundo dos Córregos do Cafundó (CC), do Jataí (CJ), da Boa Sorte (CBS) e das Lagoas do Diogo (LD1 - interior da lagoa; LD2 - ligação com o Rio Mogi-Guaçu), do Quilômetro (LQ), do Inferno (LI), do Óleo (LO).

portanto, está sob influência das inundações. A existência de uma represa localizada à montante desta região também pode ter contribuído para o enriquecimento de metais neste trecho do córrego. Quanto à importância quantitativa de cada metal nos diferentes corpos hídricos, observou-se que: as maiores concentrações de Cd, Co, Cu, Pb e Ni foram encontradas nos sedimentos da Lagoa do Infernã, enquanto que os metais Zn e Fe estiveram mais concentrados na Lagoa do Óleo, Cr na Lagoa do Diogo (LD1) e Mn no Quilômetro. As menores concentrações ocorreram no Córrego da Boa Sorte (Tab. 1).

Os resultados de metais nos diferentes corpos hídricos apresentaram diferenças significativas ($p < 0.05$) com base na análise de variância (H) (Tab. 1). Em função da proximidade dos sistemas aquáticos com o Rio Mogi-Guaçu (Fig. 1), esperava-se que o sedimento da Lagoa do Diogo (especialmente o ponto LD1) apresentasse o maior enriquecimento de metais pesados. Entretanto, apesar da distância que há entre a Lagoa do Infernã e o rio, esta aparece como o sistema que recebe o maior aporte de elementos Cd, Pb e Ni que são altamente tóxicos e que apresentam-se em baixas concentrações na crosta terrestre e normalmente são ciclados a níveis muito baixos na ecosfera (STECHEER 1968, apud LACERDA, 1983). Baseando-se nesta observação e considerando que na maioria das lagoas o incremento de metais (oriundos de fontes antropogênicas) advém somente do Rio Mogi-Guaçu, os processos ligados ao enriquecimento de metais na Lagoa do Infernã devem ser estudados, principalmente nos brejos que separam a lagoa do rio.

Os dois pontos de coleta de sedimento de fundo na Lagoa do Diogo localizaram-se em frente à foz do Córrego do Cafundó (LD1) e nas proximidades da ligação com o Mogi-Guaçu (LD1), como descrito em Material e Métodos. O Córrego do Cafundó limita a estação ecológica ao sul (Fig. 1) e drena uma extensa área cultivada que localiza-se à sua

margem esquerda. O Rio Mogi-Guaçu tem se mostrado como um corpo hídrico impactado por metais pesados, a exemplo dos níveis de Hg encontrados em peixes e na água (CETESB, 1980). A influência destes dois corpos hídricos sobre a Lagoa do Diogo pode ser verificada. Os resultados de concentração de metais nos sedimentos desta lagoa e do córrego mostraram que houve um aumento significativo ($T_w > 0.813$; $gl = 4$; $n = 8$; $p < 0.05$) nos níveis de Co, Cr, Fe, Mn e Ni entre os pontos CC e LD_i, e para todos os metais entre LD_i e LD₁, a exceção do Mn (Fig. 2 e 3). Estes resultados indicaram: que há uma variação espacial de concentração de metais na lagoa com um aumento no sentido CC - Rio Mogi-Guaçu; que provavelmente o rio apresenta uma influência preponderante no incremento de metais na lagoa.

Os sedimentos são em grande parte compostos por produtos de processos biogênicos e físico-químicos que ocorrem na coluna d'água e que os enriquecem com metais (NRIAGU et alii, 1979; SIGG et alii, 1987). Deste modo, este compartimento funciona como depósito de metais. As plantas aquáticas apresentam a capacidade de concentrar os metais em níveis superiores àqueles encontrados em solução e podem ser utilizadas como indicadores da qualidade da água de sistemas aquáticos, apresentando uma série de vantagens operacionais (MILLER et alii, 1983). Tais macrófitas aquáticas podem refletir, de forma proporcional, as concentrações encontradas no meio (PETERSON, 1983). O sedimento de fundo de diferentes sistemas aquáticos e macrófitas aquáticas do gênero *Eichhornia* são compartimentos largamente utilizados como indicadores de poluição (VESTERGAARD, 1979; FISZMAN et alii, 1984; ESTEVES et alii, 1981; ESTEVES, 1982; CHIGBO et alii, 1982; MALM, 1986). Entretanto, as concentrações de metais pesados nas folhas da *E. azurea* (Tab. 2) em sua maioria não refletiram as variações de concentração encontradas nos sedimentos das Lagoas do Diogo, Infernã e Óleo (onde a macrófita aquática ocorre). Neste caso, necessita-se de um estudo mais detalha

Tabela 2 - Concentração ($\mu\text{g/g}$) média de metais pesados em *Eichhornia azurea* em lagoas da estação ecológica

Lagoas	Cd	Co	Cr	Cu	Fe ⁴	Mn	Ni	Pb	Zn
Diogo (1)	0,22	1,80	2,00	12,80	180,2	750,0	4,00	1,82	30,20
Diogo (1)	0,24	0,40	ND	14,20	372,2*	560,0	4,20	1,30	31,20
Infernão	0,14	ND	1,60	10,40	123,6	688,0	3,60	0,42	22,40
Óleo	0,35	0,80	0,40	18,60	278,0	1242,0	4,20	1,56	29,60

ND: concentração a nível não detectável.

do para verificar o potencial desta espécie como monitor biológico das condições destas lagoas. Possivelmente, as lagoas apresentam baixas concentrações de metais em solução interferindo nesta comparação. Porém, esta espécie concentrou o Cr em quantidades próximas àquelas reportadas para o Rio Paraíba do Sul, apesar do mesmo padrão não ser verificado entre as concentrações deste elemento nos sedimentos de fundo (MALM, 1986) (Tab. 4).

Os resultados de concentração de metais nas três espécies de peixe não apresentaram o padrão esperado em função dos diferentes hábitos alimentares. *P. scrofa* por ser um comedor de fundo (iliófago), deveria apresentar maiores concentrações de metais que o herbívoro *S. nasutus* e o piscívoro *H. malabaricus* (Tab. 3), uma vez que o sedimento é o compartimento que tende a reter as maiores quantidades de metais em sistemas aquáticos e os metais estudados em geral não sofrem biomagnificação na cadeia alimentar, como no caso do Hg (FOWLER, 1982). De um modo geral, o herbívoro concentrou mais metais que os demais tipos de peixe, seguido pelo piscívoro. Porém, diferenças a níveis significativos ($t_w > 1.22$; $gl = 3$; $n = 6$; $p < 0.05$; em relação aos resultados expressos em peso seco) somente foram encontradas nos seguintes casos: (1) *S. nasutus* concentrou mais Co, Cu, Mn e Ni que *P. scrofa*; (2) *H.*

Tabela 3 - Concentração ($\mu\text{g/g}$) média de metais pesados em peixes coletados na Lagoa do Diogo, expressas em (g) de peso seco e peso fresco.

Espécies	Cd	Co	Cr	Cu	Fe [*]	Mn	Ni	Pb	Zn
PESO SECO *									
<i>P. scrofa</i> (iliófago)	0,0016	0,37	0,25	1,77	2,98	2,89	0,012	0,36	38,75
<i>S. nasutus</i> (herbívoro)	0,0013	0,61	0,41	0,35	1,85	5,95	0,033	0,69	47,46
<i>H. malabaricus</i> (piscívoro)	0,0025	ND	0,44	8,88	0,89	2,47	0,008	0,60	44,72
PESO FRESCO									
<i>P. scrofa</i> (iliófago)	0,385 [*]	0,09	0,06	0,44	0,71	0,70	0,003	0,087	9,31
<i>S. nasutus</i> (herbívoro)	1,55 [*]	0,13	0,10	0,20	0,40	1,41	0,008	0,17	11,39
<i>H. malabaricus</i> (piscívoro)	0,62 [*]	ND	0,11	2,18	0,22	0,60	1,90 [*]	0,15	10,97
CPM **	1,00	-	0,10	30,0	-	-	-	8,0	100,0

* Concentração expressa em ppb ($\mu\text{m/g} \times 10$).

** Concentração máxima permissível para consumo humano.

malabaricus concentrou mais Cu que o herbívoro e o iliófago; (3) apenas no caso do Fe houve um decréscimo de concentração do iliófago para o herbívoro e deste para o piscívoro. As variações nos níveis de metais pesados nos peixes estudados podem estar relacionadas a outras características fisiológicas tais como, faixa etária, sexo, entre outras, que devem ser investigadas.

As concentrações de metais pesados nestas espécies foram convertidas para μg de metal por peso fresco a fim de compará-los com as concentrações máximas permitidas para o consumo humano (CMP) estabelecidas pelo Ministério da

Tabela 4 - Intervalos de concentração ($\mu\text{g/g}$ de peso seco) de metais pesados em sedimentos de fundo, *Eichhornia* sp e ictiofauna de corpos hídricos moderadamente poluídos, utilizados como base de comparação.

Sedimento de Fundo	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Rio Mogi-Guaçu	-	-	-	1,0	-	-	-	-	3,0
	-	-	-	22,5	-	-	-	-	45,0
Rio Pardo	-	-	-	7,5	-	-	-	-	25,0
	-	-	-	37,5	-	-	-	-	62,5
Rio Paraíba do Sul	0,8	-	20,0	58,4	10*	10	5,0	21,0	120
	5,5	-	124,0	471,0	27*	78*	10,0	72,4	515
Represas do Estado de São Paulo	0,5	8,1	8,5	18,3	14*	322	4,6	19,3	16
	1,3	15,0	21,0	37,0	22*	846	7,9	29,0	24
<i>Eichhornia</i> sp									
Rio Paraíba do Sul	0,48	-	0,1	3,4	51	300	0,57	0,83	31
	3,48	-	1,8	18,0	570	520	3,10	6,35	175
Represas do Estado de São Paulo	-	-	-	19,0	1700	900	-	-	26
	-	-	-	53,5	2100	3100	-	-	81

* x 10

FONTE: Rios Mogi-Guaçu e Pardo (CETESB, 1980), Rio Paraíba do Sul (MALM, 1986), Represas do Estado de São Paulo (ESTEVEZ et alii, 1981 e ESTEVEZ, 1982).

Saúde. Dos resultados obtidos, somente as concentrações de Cr nas espécies *S. nasutus* e *H. malabaricus* foram próximas da CMP.

A ligação permanente da Lagoa do Diogo com o Rio Mogi-Guaçu possibilitaria a migração das espécies de peixe analisadas. Entretanto, GALETTI Jr. et alii (1989), a partir do estudo dos aspectos biológicos da ictiofauna das Lagoas do Diogo e Infernã, concluíram que as lagoas marginais servem como refúgio de espécimens jovens, claramente observado para a população de *P. schofa*. Provavelmente, os exemplares de peixes utilizados para as

análises de metais estiveram em grande parte do tempo vivendo e se alimentando dos recursos energéticos da Lagoa do Diogo. Portanto, são válidas as considerações de que os resultados obtidos (Tab. 3) refletem a disponibilidade de metais dentro da lagoa para esta fauna.

Os níveis de metais no sedimento de fundo das lagoas e córregos (Tab. 1), quando comparados com os resultados obtidos por outros autores em sistemas fluviais e represas moderadamente poluídos (Tab. 4), indicaram que a estação não apresenta-se sob impacto de metais pesados. As diferenças encontradas entre os resultados deste estudo e aqueles listados na referida tabela foram: para o Cr, em até 60 vezes, para o Zn em até 35 vezes, para o Cu em até 8 vezes e para o Fe e Ni em cerca de 5 vezes. Para os resultados de *E. azurea* (Tab. 2) observou-se que, de um modo geral, as concentrações encontradas nas lagoas da Estação Ecológica foram menores que aquelas apresentadas na Tab. 4, a exceção do Cr, como discutido anteriormente. As maiores diferenças foram encontradas entre as concentrações de Fe entre LDI e os reservatórios; Mn entre LDI e os reservatórios; Pb entre LI e o Rio Mogi-Guaçu; Ni e Zn entre LI e o Rio Paraíba do Sul; Cu entre LI e reservatórios; Cu entre LDI e o Rio Paraíba do Sul.

Sumariamente, os resultados obtidos por este levantamento, mostraram que o sistema hídrico da Estação Ecológica não apresenta-se contaminado pelos metais estudados, quando se considera os resultados nos sedimentos de fundo dos corpos hídricos, pois, de um modo geral, encontraram-se inferiores àqueles reportados para sistemas moderadamente poluídos com os rios Mogi-Guaçu, Pardo e Paraíba, além de represas de diferentes sistemas fluviais do Estado de São Paulo (Tab. 4). Entretanto, as concentrações de Cr em *E. azurea*, *S. nasutus* e *H. malabaricus* sugerem que este metal deve ser mais detalhadamente investigado na Estação Ecológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica. Diagnóstico e planejamento da utilização dos recursos hídricos da Bacia MOGI/PARDO. Brasília, s.d. (Relatório síntese)
- CETESB. Avaliação da situação atual de contaminação dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo e seus reflexos sobre as comunidades biológicas. São Paulo, 1980. 357 p.
- _____. Levantamento das cargas orgânicas industriais e domésticas da Bacia do Rio Mogi-Guaçu. São Paulo, 1985. v. 6
- _____. Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. São Paulo, 1984.
- _____. Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. São Paulo, 1985.
- CHIGBO, F.E.; SMITH, R.W.; SHORE, F.L. Uptake of Arsenic, Cadmium, Lead and Mercury from polluted water hyacinth *Eichhornia crassipes*. Environ. Poll., 27: 31-6, 1982.
- ESTEVES, F.A.; FERREIRA, J.R.; PESENDA, L.C.R.; MORTATTI. Análises preliminares sobre o teor e a distribuição de metais em sedimentos de Represas do Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 1981. p. 323-45. Anais...
- ESTEVES, F.A. Biomas and analysis of the major inorganic componests of coating aquatic macrophyte (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Salmos) in six reservoir of São Paulo state (Brazil). Ci. e Cult., 34: 1196-200, 1982.

- ESTEVEES, F.A. & MOZETO, A.A. Lagoas marginais do Rio Mogi-Guaçu (SP): avaliação ambiental e papel ecológico. São Carlos, UFSCar, 1987. (Relatório Projeto FINEP)
- FISZMAN, M.; PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D. Comparison of methods used for extraction and geochemical distribution of heavy metals in botton sediments from Sepetiba Bay, RJ. Environ. Tech. Lett., 5: 567-75, 1984.
- FORSTNER, V. & PATCHNEELAM, S.R. Chemical associations of heavy metals in marine deposits with special reference to pollution in he German North Sea. Rapp. P. V. Réun. Const. Int. Explor. Mer., 181: 49-58, 1981.
- FOWLER, S.W. Biological transfer and transport processes. In: KULLENBERG, G. Pollutant transfer and transport in the sea. s.l.p., CRC Press, 1982. v. 2, p. 33-51.
- GALETTI Jr., P.M.; ESTEVES, K.E.; LIMA, N.R.W.; MESTRINER, C.A.; CAVALLINI, M.M.; CESAR, A.C.G.; MIYAZAWA, C.S. Aspectos comparativos da ictiofauna de duas lagoas marginais do Rio Mogi-Guaçu (Alto Paraná - Estação Ecológica do Jataí, SP). (Acta Limnol. Bras., 3 - no prelo)
- LACERDA, L.D. Aplicação da metodologia de abordagem pelos parâmetros críticos no estudo da poluição dos metais pesados na Baía de Sepetiba, RJ. Rio de Janeiro, UFRJ, 1983. (Tese de Doutorado)
- MALM, O. Estudos da poluição por metais pesados no sistema Paraíba do Sul - Rio Guandu (RPS - RG) através da metodologia de abordagem pelos parâmetros críticos. Rio de Janeiro, UFRJ, 1986. (Dissertação)
- MILLER, G.E.; WILE, I.; HITCHIN, G.G. Patterns of accumulation

of selected metals in members of soft-water macrophyte flora of Central Ontario Lakes. Aquat. Bot., 15: 53-64, 1983.

NRIAGU, I.O.; KEEMP, H.K.; WONG, H.K.T.; HARPER, N. Sedimentary record of heavy metal pollution in Lake Erie. Geochim. Cosmochim. Acta, 43: 247-58, 1979.

PETERSON, P.J. Adaptation to toxic metals. In: ROBB, D.A. & PIERPOINT, W.S. Metals and micronutrients uptake and utilisation by plants. London, Academic Press, 1983. p. 51-69.

PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D.; FISZMAN, M.; LIMA, N.R.W. Metais Pesados no pescado da Baia de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro. Ci. e Cult., 37: 297-302, 1985.

PIPER, D.Z. The distribution of Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni and Zn in Framvaren a Norwegian anoxic fjord. Geochim. Cosmochim. Acta, 35: 531-50, 1971.

SIGG, L.; STURM, M.; KISTLER, D. Vertical transport of heavy metals by settling particles in Lake Zurich. Limnol. Oceanogr., 32: 112-30, 1987.

SNEDCOR, G.W. & COCHRAN, W.G. Statistical methods. IOMA, The IOMA State University Press, Anes, 1971.

SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. Biometry. Madri, H. Blume, 1969.

VESTERGAARD, P. A study of indication of trace metal pollution of marine areas by analysis of salt marsh. s.i.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece aos professores Francisco de Assis Esteves e Maria Helena Antunes de O. e Souza pela indispensável ajuda na análise dos materiais. Ao professor Wolfgang C. Pfeiffer pela determinação dos metais pesados nos materiais e ao técnico Wanderley Bastos pela execução destas análises. Ao professor Pedro Manoel Galetti Jr. pelas críticas construtivas e incentivo à elaboração deste manuscrito e finalmente aos estagiários Carlos Alberto Mestriner, Ana Cristina G. Cesar e Marcelo M. Cavallini por inúmeros auxílios.

ENDEREÇO DO AUTOR

LIMA, N.R.W.
Universidade Federal de São Carlos
Departamento de Ciências Biológicas
13560 São Carlos - SP

LAUREL
GALET
GARCIA
GARCIA
GUNES
LIMA
JESUS
JOSE
JUNIOR
KNOPF
KNEZEV
LAVIN