



**Biomonitoramento de metais pesados no Córrego do Cravo e Represa Paraíso utilizando *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characiformes, Characidae)**

**Biomonitoring of heavy metals in the Cravo Stream and Paraiso Resovior Using *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characiformes, Characidae)**

**Samuel Mariano-da-Silva<sup>1</sup>, Antonio Paulino Costa Netto<sup>2</sup>, César Augusto Oliveira<sup>2</sup>, Francys Pimenta de Faria<sup>2</sup>, Fabiana Maria de Siqueira Mariano-da-Silva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Campus Chapecó, Curso de Agronomia. Rua Canários da Terra s/n, Bairro Seminário – CEP 89813-140 – Chapecó, Santa Catarina. E-mail: samuel.silva@uffs.edu.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Goiás – UFG, Campus Jataí, Dept de Ciências Biológicas

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade de Jataí, Dept de Tecnologia em Alimentos

Recebido em: 18/10/2011

Aceito em: 12/06/2012

**Resumo.** As áreas utilizadas como lixões e aterros controlados são focos potenciais de poluição, uma vez que os resíduos sólidos podem conter substâncias químicas com características tóxicas, como os metais pesados por exemplo. Este trabalho teve como objetivo avaliar os teores de cobalto, cádmio, chumbo, cromo, cobre, ferro, manganês e zinco em chorume e em peixes da espécie *Astyanax bimaculatus* oriundos do córrego do Cravo e da Represa Paraíso, que sofre com a contaminação direta e indireta dos líquidos percolados do aterro controlado de Jataí – GO. Uma amostra de chorume foi extraída da bacia de deposição, situada no lado nordeste do aterro. Outras onze amostras foram coletadas em diferentes pontos de afloramento superficial espontâneo, todos estes localizados sobre o aterro sanitário, totalizando doze amostras de chorume. Os espécimes foram coletados entre os meses de janeiro a março de 2008, utilizando anzol, em toda a extensão (5 km), em 32 pontos do Córrego do Cravo ( $\pm 130$  em 130 metros) e em 3 pontos da Represa Paraíso. Foi comprovada a contaminação pelos metais cádmio, chumbo, cromo e ferro, considerando os valores máximos permitidos, indicando que nos compartimentos ambientais estudados está havendo contaminação.

**Palavras-chave.** Biomonitoramento; metais pesados; *Astyanax bimaculatus*.

**Abstract.** The used areas as open dumps and controlled landfills are potential sources of pollution, since the waste may contain chemicals with toxic characteristics such as heavy metals, for example. This work had as objective to evaluate the levels of cobalt, cadmium, lead, chrome, sulfur, iron, manganese and zinc in samples of leachate and *Astyanax bimaculatus* fish species from the Cravo stream and Paraiso resovior, that suffers with the direct and indirect contamination of liquid leachate from the landfill Jataí - GO. A manure sample was extracted of the basin of deposition, situated in the northeast side of the landfill. Other eleven samples had been collected in the different points of outcrop surface spontaneous, all of these located on the landfill, totalizing twelve samples of manure. The specimens had been collected between the months January to March of 2008 using hook, in all the extension (5 km) in 32 points in the Cravo stream (130  $\pm$  130 meters) and in 3 points in the Paraiso Resovior. The contamination for metals was proven cadmium, lead, chromium and iron, considering the maximum values allowed, indicating that in the studied ambient compartments it is having contamination.

**Keywords.** Biomonitoring; heavy metals; *Astyanax bimaculatus*

### **Introdução**

A disposição inadequada de resíduos no solo e nas águas superficiais é reconhecida como um dos grandes problemas da atualidade, passando a ser motivo de estudo em todo o mundo, principalmente

nos países industrializados, dado o reconhecido poder poluidor e o grande volume gerado diariamente (Lima, 2002; Oliveira & Jucá, 2004; Baird & Cann, 2011).



Áreas destinadas a receber toneladas de lixo sem uma possível infra-estrutura adequada têm seu uso futuro comprometido e são responsáveis pela degradação ambiental das regiões sobre sua influência (Baird & Cann, 2011). Quando inadequadas, não são o ponto final para muitas das substâncias contidas no lixo urbano, pois a água, principalmente a das chuvas, percola através desses resíduos, carregando várias destas substâncias, entre elas os metais pesados, no chorume (líquido poluente originado da decomposição do lixo). O chorume ou líquido percolado, pode tanto alcançar as coleções hídricas superficiais como infiltrar no solo e atingir as águas subterrâneas (Segura-Muñoz, 2002).

No monitoramento de metais pesados em ambientes aquáticos, diferentes tipos de amostras são utilizadas, seja para controle ou prevenção de possíveis contaminações. Dentre as mais comuns estão a biota, destacando-se os peixes, que representam os organismos mais frequentemente empregados em programas de monitoramento de metais pesados. Estes informam a biodisponibilidade dos elementos analisados, fornecem também informações sobre as concentrações disponíveis ao homem, uma vez que fazem parte da dieta humana. Portanto, determinar metais pesados em peixes, significa determinar os níveis de metais pesados a que os seres humanos poderão estar expostos via alimentação (Rocha et al, 1985; Tomazelli, 2003; Silveira, 2004).

Contando com 30,73 ha, o aterro controlado de Jataí entrou em operação em 1999. Como a maioria dos depósitos de lixo do interior do país, o de Jataí também é um vazadouro a céu aberto, onde o lixo depositado, compactado e soterrado posteriormente, porém sem nenhum tratamento prévio.

Segundo informação verbal fornecido pelo Departamento de Limpeza Pública, 90% da cidade é atendida pelo Serviço Público de Limpeza Urbana, sendo a produção média de lixo por dia de 100 t. Este conta com cinco valas de deposição cheias uma em fase final de recebimento e outra em construção, todas sem nenhum estudo prévio de infiltração do solo.

Considerando o seu tempo de funcionamento e pouca infra-estrutura, assim como a necessidade de obter conhecimento sobre os níveis de metais pesados nas coleções hídricas sob sua influência, o presente trabalho tem por objetivo determinar os níveis de cádmio (Cd), cobalto (Co),

chumbo (Pb), cromo (Cr), manganês (Mn), cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn) em amostras de chorume e em *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), coletados no córrego do Cravo e na represa Rio Paraíso, sob influência direta e indireta da contaminação pelo chorume em Jataí - GO;

### **Material e Métodos**

Localizado na região sudoeste do Estado de Goiás, na província geológica da bacia do Paraná (Figura 1), o município de Jataí apresenta uma área de 7.174,1 km<sup>2</sup> a uma altitude de 708 metros, e uma população de 88.048 habitantes, segundo o censo de 2010 (IBGE, 2011). O aterro controlado (Figuras 2 e 3) está localizado à margem da estrada JTI-101, distando 18 km do centro da cidade de Jataí. Seu ponto central está posicionado à 17° 47' 33,1" S e 51° 38' 53,4" W, a uma altitude de 877 m sobre plintossolo.

A vegetação primitiva da região já foi quase toda devastada, sendo que ao norte, se encontra uma área de cerrado antropizado em processo de recuperação. Ao sul e sudeste se encontra uma jazida onde se explora cascalho. Ao sudoeste e noroeste se encontra área agricultável, onde há o plantio de soja, milho e girassol. Aproximadamente 500 metros do centro, no sentido nordeste se encontra a nascente do córrego do Cravo, pertencente à sub-bacia do rio Paraíso, que por sua vez é contribuinte da bacia hidrográfica do rio Claro. Este é tributário do rio Paranaíba. O córrego segue em direção leste, recebendo diretamente e indiretamente a água pluvial que percola pelo vazadouro (chorume). Após percorrer aproximadamente 5.000 metros, deságua no ribeirão Paraíso, formando imediatamente, juntamente com este, a represa Rio Paraíso, que conta com um perímetro de aproximadamente 6.000 metros (Figura 2).

Todo material reutilizável (vidrarias), foi previamente imerso, por 4 horas, em uma solução de lavagem (HNO<sub>3</sub>:HCl:água na proporção 1:2:9) sendo a seguir enxaguado com água deionizada (McDaniel, 1992).

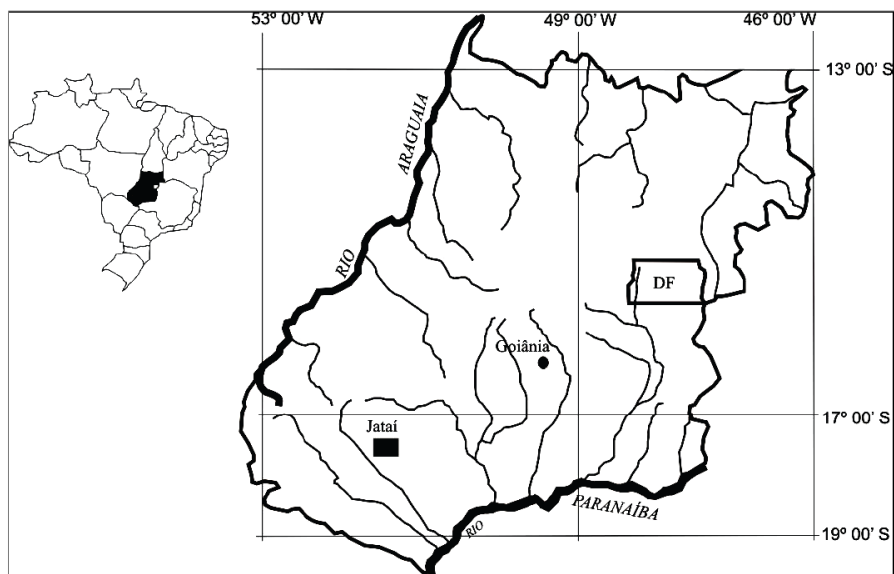
Uma amostra de chorume foi extraída da bacia de deposição, situada no lado nordeste do aterro. Outras onze amostras foram coletadas em diferentes pontos de afloramento superficial espontâneo, todos estes localizados sobre o aterro sanitário, totalizando doze amostras de chorume.

Os espécimes foram coletados entre os meses de janeiro a março de 2008, utilizando anzol,

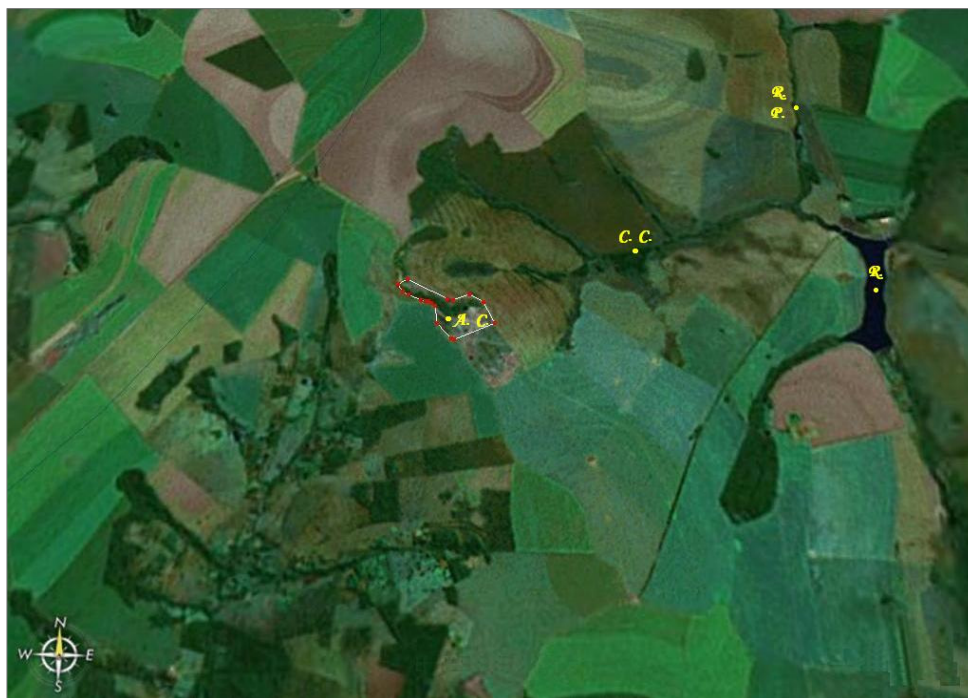
em toda a extensão (5 km), em 35 pontos do Córrego do Cravo ( $\pm 130$  em 130 metros). Após a coleta, os espécimes foram identificados e pesados (Aluísio & Pacheco, 2005).

Para coleta de amostras controle, selecionou-se um fragmento florestal, denominado localmente por Estação Ecológica e Jardim Botânico Mata do

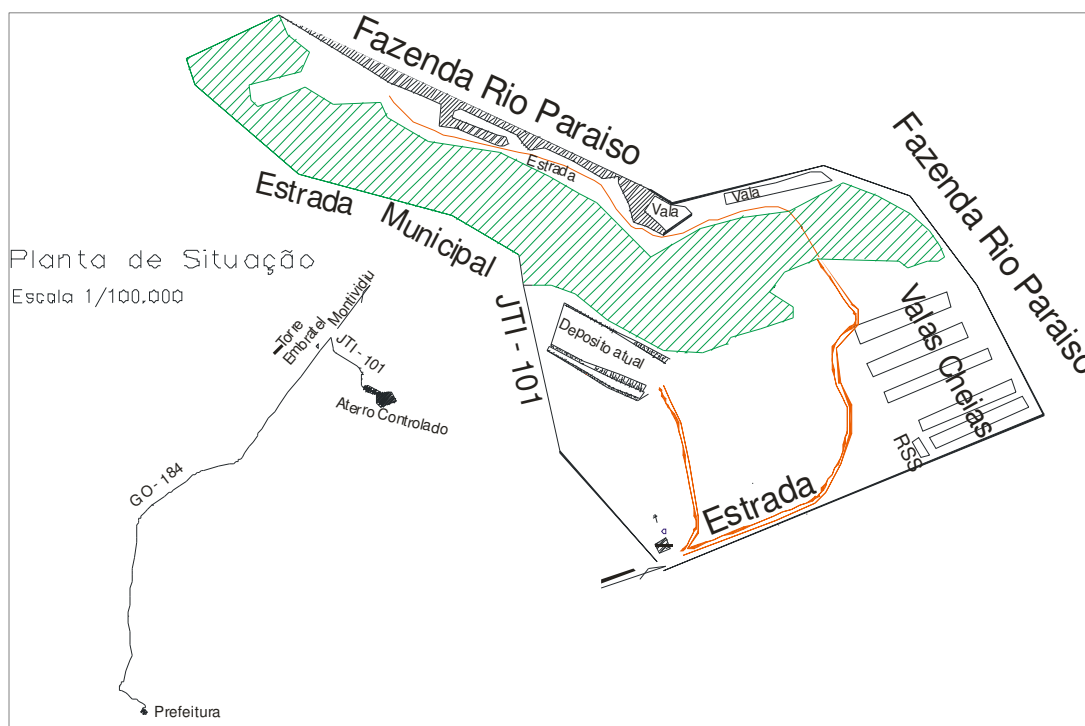
Açude, com cerca de 15 ha, localizada nas coordenadas  $17^{\circ}51'34''S$  e  $51^{\circ}43'33''W$ , no município de Jataí. Neste local foram coletadas amostras de *Astyanax bimaculatus*, mantendo-se as mesmas condições de coleta do córrego do Cravo e represa Paraíso.



**Figura 1.** Localização geográfica do Município de Jataí. Fonte: Lima-Ribeiro et al, 2011.



**Figura 2.** Vista panorâmica da área de estudo, onde AC = aterro controlado; CC = córrego do Cravo e R = represa Paraíso.



**Figura 3.** Planta do aterro controlado do município de Jataí.

Para as amostras de chorume adicionou-se 5 mL de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), de alta pureza, sendo estas então mantidas a  $-18^\circ\text{C}$  até o momento da análise (Segura-Muñoz, 2002). Os espécimes coletados foram secos em estufa à  $105^\circ\text{C}$  por 48 horas (Zanebon et al., 2005) sendo em seguida triturados e acondicionados em frascos de propileno.

Da amostra estoque 0,50 g foram submetidas à digestão peróxido-perclórica ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ;  $\text{HClO}_4$  na proporção de 2:1) segundo a metodologia proposta por Miyazawa et al., (2009). As amostras foram colocadas em tubos de boro silicato de 20 x 250 e aquecidas à  $220^\circ\text{C}$  por 3 horas até a total descoloração, quando o material foi considerado mineralizado.

Diluiu-se a amostra mineralizada com água destilada, sendo realizada a análise dos teores dos metais por espectrofotometria de absorção atômica com atomização por chama de acetileno (Miyazawa et al., 2009).

Para a análise do líquido percolado, foram considerados os valores máximos permissíveis da resolução CONAMA 357/1 (Brasil, 2005), que regulamenta os lançamentos diretos e indiretos de efluentes líquidos de atividades poluidoras em águas internas superficiais ou subterrâneas. Para a análise dos espécimes, foram considerados os valores máximos permissíveis constantes na Portaria ANVISA nº 685 (Brasil, 1998).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições. A análise de variância (teste de F) foi utilizada para analisar as variáveis, seguida de análise por regressão linear (Freedman, 2007).

### **Resultados e Discussão**

Na Tabela 1 são apresentadas as concentrações dos metais detectados nas amostras de chorume, coletadas no local de estudo.



**Tabela 1.** Teores de cobalto, cádmio, chumbo, cromo, cobre, ferro, manganês e zinco nas amostras de chorume coletadas no aterro controlado do município de Jataí (GO).

Ponto coleta	Coordenadas geográficas	Cobalto mg L <sup>-1</sup>	Cádmio mg L <sup>-1</sup>	Chumbo mg L <sup>-1</sup>	Cromo mg L <sup>-1</sup>	Cobre mg L <sup>-1</sup>	Ferro mg L <sup>-1</sup>	Manganês mg L <sup>-1</sup>	Zinco mg L <sup>-1</sup>
1	S17°47'36'' W51°38'57''	1,25	0,50	4,50	0,00	1,85	15,65	6,50	2,20
2	S17°47'36'' W51°38'57''	1,00	0,50	3,75	0,00	4,30	13,10	6,30	2,00
3	S17°47'34'' W51°38'58''	1,00	0,50	4,25	0,50	4,20	12,90	5,60	2,30
4	S17°47'34'' W51°38'58''	1,25	0,50	5,00	0,50	4,30	15,25	5,55	0,90
5	S17°47'34'' W51°38'59''	0,75	0,25	3,00	1,25	2,05	9,45	5,90	0,80
6	S17°47'33'' W51°39'01''	0,50	0,30	3,50	0,75	2,10	15,35	6,00	0,95
7	S17°47'36'' W51°39'01''	0,75	0,25	2,50	0,50	2,00	14,70	6,50	2,10
8	S17°47'32'' W51°39'50''	0,75	0,50	4,00	0,00	4,25	12,25	6,00	2,30
9	S17°47'33'' W51°39'47''	0,75	0,30	3,25	0,25	3,40	10,45	5,90	0,90
10	S17°47'33'' W51°39'47''	0,75	0,50	3,50	0,25	3,90	15,20	5,50	0,80
11	S17°47'34'' W51°39'45''	1,00	0,50	5,00	0,00	2,35	8,10	5,05	2,20
12	S17°47'34'' W51°39'45''	0,50	0,50	4,30	0,75	4,05	15,30	5,00	2,15
13	S17°47'34'' W51°39'44''	0,80	0,40	3,50	0,00	3,90	14,85	4,50	2,60
14	S17°47'34'' W51°39'44''	0,60	0,30	2,80	0,00	3,90	12,90	3,40	2,30
15	S17°47'32'' W51°39'46''	0,65	0,30	3,20	0,00	4,00	15,75	5,60	2,60
16	S17°47'32'' W51°39'46''	0,75	0,30	3,50	0,00	1,90	15,35	5,40	2,50
17	S17°47'39'' W51°38'49''	0,50	0,20	2,70	0,20	3,95	15,00	5,00	0,90
18	S17°47'39'' W51°38'49''	0,40	0,30	3,00	0,00	4,10	8,95	6,05	0,80
<b>Média</b>		0,775	0,383	3,625	0,275	3,361	13,361	5,542	1,739

O pH medido nas águas do córrego e represa foi de 7,01 enquanto que o das amostras de chorume foi de 7,9 o que indica predominância de chorume de lixo em avançado estado de decomposição (Philips et al., 1994).

Os níveis de cromo, cobalto, zinco, chumbo e ferro no chorume parecem não representar potencial de risco, pelo fato de os valores encontrados estarem abaixo daqueles estabelecidos pela resolução

CONAMA 357/05 (Tabela 2). No entanto, as baixas concentrações destes íons metálicos podem ser atribuídas à baixa solubilidade destes metais nas condições prevalentes de pH alcalino e elevado teor de matéria orgânica (Buschinelli, 1985).

Foram mensurados níveis de cádmio entre 0,20 e 0,50 mg L<sup>-1</sup> e de cobre entre 1,8 e 4,3 mg L<sup>-1</sup>, ultrapassando os limites estabelecidos (Tabela 2). Como estes dois metais são largamente utilizados na



manufatura de plásticos, baterias e pigmentos, estes valores podem indicar que estão sendo depositados no aterro controlado estes materiais, além de

materiais metálicos fontes dos metais (Castilho-Jr., 1989).

**Tabela 2.** Limites estabelecidos pela resolução CONAMA- 357/05 para a presença dos metais cobalto, cádmio, chumbo, cromo, cobre, ferro, manganês e zinco em efluentes líquidos a serem lançados em corpos d'água.

Metal	Cobalto mg L <sup>-1</sup>	Cádmio mg L <sup>-1</sup>	Chumbo mg L <sup>-1</sup>	Cromo mg L <sup>-1</sup>	Cobre mg L <sup>-1</sup>	Ferro mg L <sup>-1</sup>	Manganês mg L <sup>-1</sup>	Zinco mg L <sup>-1</sup>
Limite estabelecido	1,25	0,20	5,00	0,50	1,00	15,65	1,00	5,00

Fonte: Brasil, 2005.

Ao observar as concentrações de manganês, é possível notar que as mesmas variaram entre 3,4 e 6,5 mg L<sup>-1</sup>, ultrapassando em muito os limites estabelecidos. Considerando que atualmente um dos principais usos do manganês é a fabricação de ligas metálicas e células secas, este valor pode representar a presença destes materiais dentre os resíduos que são encaminhados ao aterro (Segura-Muñoz, 2002).

Os níveis dos metais cádmio, chumbo, cobre e manganês parecem indicar que os mesmos representam um fator de contaminação para o chorume gerado no local de estudo e um possível fator de risco de contaminação do lençol freático. Segundo Jardim et al., (1995), quando o lixo é disposto como “lixão à céu aberto” ou como “aterro controlado”, a elevada concentração de metais no

chorume pode causar grandes impactos nos corpos de água circunvizinhos.

Os resultados das determinações de metais pesados no chorume oriundos do aterro de Jataí chamam a atenção quando comparados aos obtidos por outros autores (Tabela 3), os quais quase sempre mensuraram níveis menores dos metais analisados. Provavelmente o lixo depositado em Jataí tem um maior teor de matéria orgânica, fator que pode favorecer a fixação de metais no líquido percolado (Segura-Muñoz, 2002). Também é possível que, como foi demonstrado por Castilho-Jr. (1989), as diferenças entre os resíduos depositados sejam responsáveis pelas diferenças nos chorumes coletados.

**Tabela 3.** Alguns teores de metais pesados em chorume encontrados na literatura.

FONTE	Cobalto mg L <sup>-1</sup>	Cádmio mg L <sup>-1</sup>	Chumbo mg L <sup>-1</sup>	Cromo mg L <sup>-1</sup>	Cobre mg L <sup>-1</sup>	Ferro mg L <sup>-1</sup>	Manganês mg L <sup>-1</sup>	Zinco mg L <sup>-1</sup>
Oliveira & Pasqual, (2004)	-	0,053	0,062	0,037	-	-	-	0,14
Sisinno & Moreira, (1996)	-	0,005	0,190	0,150	0,360	27,6	0,35	0,68
Célere et al., 2007	-	0,012	-	0,175	2,085	-	-	9,146
Tartari, (2003)	-	-	-	0,8	0,7	15,6	2,7	0,78

Fonte: Adaptado de Sisinno & Moreira, (1996); Tartari, (2003); Oliveira & Pasqual, (2004); Célere et al., (2007).

Na Tabela 4 são apresentados os valores de metais pesados mensurados em *Astyanax bimaculatus* ao longo do Arroio do Cravo (0 a 4250

metros) e na Represa Rio Paraíso (4500 a 4750 metros).



**Tabela 4.** Teores de metais pesados em *Astyanax bimaculatus* coletados ao longo do Arroio do Cravo e na Represa Rio Paraíso.

Distância da nascente (metros)	ponto	Cobalto mg kg <sup>-1</sup>	Cádmio mg kg <sup>-1</sup>	Chumbo mg kg <sup>-1</sup>	Cromo mg kg <sup>-1</sup>	Cobre mg kg <sup>-1</sup>	Ferro mg kg <sup>-1</sup>	Manganês mg kg <sup>-1</sup>	Zinco mg kg <sup>-1</sup>
4750	1	3,433	0,467	5,267	3,400	2,267	393,833	26,967	164,300
4620	2	2,800	0,467	5,933	2,800	2,367	394,567	31,000	172,733
4490	3	3,000	0,400	5,450	5,550	2,233	524,667	23,600	174,433
4360	4	3,033	0,483	5,608	5,142	2,467	361,333	41,067	167,733
4230	5	3,067	0,567	4,767	4,733	2,333	403,200	31,133	164,000
4100	6	2,967	0,600	5,400	4,400	2,367	440,267	31,400	148,800
3970	7	2,700	0,400	5,900	9,900	2,100	411,100	29,167	159,400
3840	8	2,650	0,550	4,500	9,750	2,133	507,900	31,000	95,533
3710	9	2,750	0,600	5,550	7,250	2,067	430,133	29,667	152,300
3580	10	2,750	0,280	5,200	10,150	2,167	382,500	28,000	161,467
3450	11	2,975	0,440	5,600	10,625	2,167	374,300	30,833	149,500
3320	12	3,200	0,600	6,000	11,100	2,367	320,367	32,000	154,167
3190	13	2,867	0,600	5,800	5,033	2,533	339,967	30,583	140,333
3060	14	2,600	0,433	4,767	4,633	2,500	1067,500	31,125	145,833
2930	15	2,167	0,433	5,200	6,000	2,233	503,533	30,000	147,000
2800	16	3,400	0,667	7,533	8,433	2,433	365,933	30,250	145,667
2670	17	3,433	0,700	6,967	9,767	2,500	791,367	30,333	157,167
2540	18	2,633	0,900	6,500	7,067	2,100	943,567	31,500	158,133
2410	19	3,067	0,600	6,367	6,900	2,333	621,067	30,167	162,933
2280	20	3,200	0,450	6,883	6,950	2,667	790,167	29,417	154,500
2150	21	5,600	0,700	6,533	6,000	2,800	486,000	23,000	144,200
2020	22	5,533	1,000	7,867	5,200	3,600	697,200	30,800	159,200
1890	23	5,000	1,050	7,333	5,000	2,867	445,000	23,600	167,800
1760	24	4,867	0,933	7,733	3,600	2,833	312,400	41,200	173,200
1630	25	4,767	0,867	7,200	5,200	2,600	870,800	30,400	174,000
1500	26	5,800	1,000	8,400	8,200	3,600	1560,200	32,000	140,400
1370	27	5,000	0,817	8,417	4,667	3,500	184,667	23,667	97,000
1240	28	5,000	1,050	10,800	1,667	4,000	109,000	34,333	97,667
1110	29	5,667	1,350	11,300	3,333	3,833	258,167	29,500	106,667
980	30	5,667	0,917	12,150	3,000	3,333	157,667	24,667	96,333
850	31	6,500	1,317	11,050	3,667	3,500	190,333	34,833	114,500
720	32	6,500	1,250	11,133	3,500	3,833	141,500	27,667	104,333
590	33	6,500	1,275	12,017	3,000	3,750	159,500	28,250	114,000
460	34	6,333	1,463	12,342	3,750	4,625	204,250	35,125	124,500
330	35	6,667	1,650	10,000	4,500	4,833	249,000	42,000	135,000
200	36	7,167	1,050	11,775	4,500	4,250	157,750	27,250	98,250

Através da análise de variância (Tabela 5) foi possível detectar que os teores de manganês e zinco praticamente não variaram ao longo dos 4.750 m estudados e as concentrações encontradas não foram diferentes das concentrações obtidas nas amostras controle (Tabela 8). Segundo Clemente (1985), a

atividade biológica inibe a mobilidade do zinco e do manganês, uma vez que em relação aos sedimentos a biota contém teores relativamente baixos destes metais. Tal afirmação poderia explicar os resultados obtidos.



Como foi possível detectar, através do teste de análise de variância (Tabela 5), que existe efeito da distância em relação aos teores dos metais cobalto, cobre, ferro, cádmio, cromo e chumbo mensurados em *Astyanax bimaculatus*, foi aplicada a análise de regressão para a distância em relação às concentrações destes metais.

Através da análise de regressão foi possível detectar efeito significativo para os metais cobalto, cobre, cádmio, cromo e chumbo (Tabela 6) representado pelo modelo de polinomial 2º grau apresentados na Tabela 7. Os modelos de regressão polinomial e linear não explicaram as variações que ocorreram nas concentrações do metal ferro.

Tabela 5. Análise de variância dos teores de metais pesados em *Astyanax bimaculatus* coletados ao longo do Arroio do Cravo e na Represa Rio Paraíso.

Fonte de variação	GL	Cobalto	Cádmio	Chumbo	Cromo	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
Ptos coleta	35	5,4915	14,1877	19,4890	4,6519	13,6780	5,3901	0,1907	0,1825
Resíduo	72								
Média geral		4,202	0,787	7,534	5,788	2,891	459,742	30,486	142,305
CV(%)		3,45	4,23	5,99	14,72	5,27	17,99	20,01	9,66

Valor de F tabelado: F(0,05;35;72) = 1,53  
F(0,01;35;72) = 1,84

Tabela 6. Análise de regressão para os teores dos metais cobalto, cobre, cádmio e chumbo em *Astyanax bimaculatus* coletados ao longo do Arroio do Cravo e na Represa Rio Paraíso.

Fonte de variação	GL	Cobalto	Cobre	Ferro	Cromo	Cádmio	Chumbo
Regressão linear	1	6,679	9,585	0,6920	0,9002	7,789	14,560
Regressão quadrática	1	38,304	24,791	3,8762	3,1901	37,895	12,995
Resíduo	72						

Valor de F tabelado: F(0,05;1;72) = 4,00  
F(0,01;1;72) = 7,08

Tabela 7. Estimativas das equações polinomiais de segundo grau para os teores dos metais cobalto, cobre, cádmio e chumbo em *Astyanax bimaculatus* coletados ao longo do Arroio do Cravo e na Represa Rio Paraíso.

Metal pesado	equações
Cobalto	$y = 3E-07x^2 - 0,0024x + 7,8886$
Cobre	$y = 2E-07x^2 - 0,0013x + 4,8515$
Cádmio	$y = 5E08-x^2 - 0,0005x + 1,5535$
Chumbo	$y = 5E07x^2 - 0,0039x + 13,511$

Tabela 8. Teores de metais pesados mensurados nas amostras controle.

Metais	Cobalto mg kg <sup>-1</sup>	Cádmio mg kg <sup>-1</sup>	Chumbo mg kg <sup>-1</sup>	Cromo mg kg <sup>-1</sup>	Cobre mg kg <sup>-1</sup>	Ferro mg kg <sup>-1</sup>	Manganês mg kg <sup>-1</sup>	Zinco mg kg <sup>-1</sup>
	3,100	0,080	0,933	0,567	2,010	1,433	24,433	154,200





Os teores de cromo e ferro apresentaram variação espacial, porém não obedecendo qualquer orientação (Tabela 6). Apesar disto, os teores de ferro encontrados nos espécimes coletados são muito maiores que aquelas determinadas nas amostras controle (Tabela 8) e os teores de cromo excedem aqueles considerados tolerados (Tabela 9).

Os teores de cádmio, chumbo, cobalto e cobre são maiores quando mais próximo da nascente

(e conseqüentemente do lixão), demonstrado variabilidade espacial (Tabelas 6 e 7). As concentrações destes dois metais encontradas em todos os espécimes coletados no Córrego do Cravo e Barragem Rio Paraíso são muito maiores que aquelas encontradas nas amostras controle e estão acima das concentrações toleradas (Tabela 9).

**Tabela 9.** Concentrações de cobalto, cádmio, chumbo, cromo, cobre, ferro, manganês e zinco toleradas em peixes e produtos de pesca.

Metais	Cobalto mg kg <sup>-1</sup>	Cádmio mg kg <sup>-1</sup>	Chumbo mg kg <sup>-1</sup>	Cromo mg kg <sup>-1</sup>	Cobre mg kg <sup>-1</sup>	Ferro mg kg <sup>-1</sup>	Manganês mg kg <sup>-1</sup>	Zinco mg kg <sup>-1</sup>
Limites tolerados	-	1,0	2,0	0,10	30,0	-	-	50,0

Fonte: Adaptado de Brasil, 1998.

A variabilidade espacial nos níveis de alguns metais pode ser resultado de muitas diferenças físico-químicas e de fatores e processos biológicos. Flutuações no ambiente externo, tais como condições hidrográficas, parâmetros que influenciem a biodisponibilidade (complexação, especiação, cálcio dissolvido, carbono orgânico dissolvido, pH, condições redox, matéria em suspensão) podem ter uma influência importante (Lima, 2001).

Trabalhando com o bivalve límico *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819), Tomazelli (1999) observou que cobre e zinco acumulado por este bioindicador apresentam correlação positiva com a descarga de efluentes contaminados e o teor de cobre correlação positiva com carbono orgânico dissolvido. Muitas vezes a poluição orgânica pode até mesmo mascarar a contaminação por metais pesados, uma vez, que a matéria orgânica pode quelar os metais, tornando-os inacessíveis ao acúmulo pelos organismos vivos (Klumpp, 1999; Secor et al., 1993;). No entanto, cabe ressaltar que cada sistema apresenta um comportamento diferente em relação aos metais pesados e outros poluentes, e que este comportamento varia dependendo do elemento analisado.

Tessier et al., (1993) não observaram correlações entre as concentrações de cádmio no biomonitor e carbono orgânico dissolvido no meio aquoso, sugerindo que a complexação por matéria orgânica não influencia a tomada de cádmio pelo bioindicador. De qualquer maneira, uma substância somente é considerada segura nos ecossistemas aquáticos quando sua concentração ambiental é de

10 a 100 vezes inferior àquela que causa efeito tóxico aos organismos (Bertoletti, 2001).

### Conclusões

Os níveis dos metais cádmio, chumbo, cobre e manganês mensurados nas amostras de chorume parecem indicar que os mesmos representam um fator de contaminação no local de estudo e um possível fator de risco de contaminação do lençol freático. Nos espécimes coletados, os teores de cromo, cádmio, chumbo, cobalto e cobre excederam as concentrações consideradas toleráveis.

Os resultados obtidos podem ser atribuídos a uma falta de impermeabilização do aterro e servem de alerta à postura do poder público e da sociedade com relação ao descarte de resíduos. No entanto, para uma melhor representação do risco, se fazem necessários outros estudos na área, como por exemplo, análise de sedimento, da matéria em suspensão, das condições de temperatura e pH entre outros.

### Referências

- ALUÍSIO, G.R.; PACHECO, T.B.B. **Introdução ao estudo de ictiofauna**. Miscelânea: Jataí, 2005. 20p.
- BAIRD, C.; CANN, M. **Química ambiental**. 4ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2011. 844p.
- BERTOLETTI, E. Ecologia Aquática. In: MAIA N.B.; MARTOS, H.L.; BARRELLA, W. **Indicadores Ambientais: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. cap.11, 219-228p.



- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. **Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos em alimentos.** Publicada no Diário Oficial da União de 27/08/2008.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução 357/1 de 17/03/2005. **Classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes.** Publicada no Diário Oficial da União de 18/03/2005.
- BUSCHINELLI, C.A.A. **Contaminação do Solo, Plantas e Água Subterrânea por Cd, Pb, Cr, Cu e Zn em Área de Aterro com Lixo em Porto Alegre, RS.**, 1985. Ano de obtenção: 1985. 132 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.
- CASTILHO-JR, A.B. Estimativa de distribuição dos teores dos metais pesados nas diversas frações dos resíduos urbanos no Brasil. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**, v.1, n.1, p.57-60, 1989.
- CÉLERE, M.S.; OLIVEIRA, A.S.; TREVILATO, T.M.B.; SEGURA-MUÑOZ, I. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, v.23, n.4, p.939-947, 2007.
- CLEMENT, J. **Chemical, physical and biological properties of compounds present at hazardous waste sites.** Washington: U.S. Environmental Agency, 1985. 540p.
- FREEDMAN, D.; PISANI, R.; PURVES, R. **Statistics.** 4ª ed. New York: WW Norton Company, 2007. 576p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE cidades@.** 2011. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=521190#>>. Acesso em: 15/09/2011.
- KLUMPP, A. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. IN: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELA, N. **Indicadores Ambientais: Conceitos e Aplicações.** São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. cap. 4, p.77-95.
- LIMA, J.S. Processos biológicos e biomonitoramento: aspectos bioquímicos e morfológicos. IN: MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARRELA, N. **Indicadores Ambientais: Conceitos e Aplicações.** São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. cap. 5, p.95-117.
- LIMA, L.Q.M. **Biorremediação de lixões.** Campinas: UNICAMP, 2002, 274 p.
- LIMA-RIBEIRO, M.S.; REZENDE, S.L.; BERNASOL, W.P. Estrutura espacial e deposição de sementes de *Hymenaea courbaril* L. em um fragmento florestal no sudoeste goiano. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 33, n. 1, p. 41-47, 2011.
- McDANIEL, W. Sample preparation procedure for spectrochemical determination of total recoverable elements in biological tissues. In: SMOLEY, C. K. **Methods for the determination of metals in environmental samples.** Boca Raton: CRC Press, 1992. cap. 3, p.25-32.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F.S.; MELLO, W.J. Análises químicas de tecido vegetal. In. SILVA, F. C. **Manual de análises químicas.** Brasília: EMBRAPA, 2009. parte 2 - cap. 2., p.191-234.
- OLIVEIRA, S.; PASQUAL, A. Avaliação de parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário. **Revista de Engenharia. Sanitária e Ambiental**, v.9, n.3, p.240-249, 2004.
- OLIVEIRA, F.J.S.; JUCÁ, J.R.T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, vol.9, n.3, p.211-217, 2004.
- PHILIPS, P.S.; FREESTONE, N.P.; HALL, R.S. Dealing with leachate. **Chemistry in Britain**, v.30, p.828-830, 1994.
- ROCHA, A.A.; PEREIRA, D.N.; PÁDUA, H.B. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da represa Billings, São Paulo (Brasil).



**Revista de Saúde Pública**, v.19, n.5, p.401-410, 1985.

SECOR, C.L.; MILLS, E.L.; HARSHBARGER, J.; KUNTZ, H.T.; GUTERMANN, W.H.; LISK, D.J. Bioaccumulation of toxicants, element and nutrient composition, and soft tissue history of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) from New York State Waters. **Chemosphere**, v.136, p.71-97, 1993.

SEGURA-MUÑOZ, S.I. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002., Ano de obtenção: 2002. 131 p. Tese (Doutorado) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2002.

SILVEIRA, M.P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade de água em rios. Documentos n.36. Jaguariúna: EMBRAPA, 70p, 2004.

SISINNO, C.L.S.; MOREIRA, J.C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v.12, n.4, p.515-523, 1996.

TARTARI, L.C. **Avaliação do processo de tratamento do chorume do aterro sanitário de Novo Hamburgo**. 2003. 125p. Ano de obtenção: 2003. Dissertação (Mestrado). Universidade Luterana do Brasil, Novo Hamburgo. 2003.

TESSIER, A.; COUILLARD, Y.; CAMBELL, P.G. C.; AUCLAIR, J.C. Modeling Cd partitioning in oxic lake sediments and Cd concentrations in the freshwater bivalve *Anodonta grandis*. **Limnology and Oceanography**, v. 38, n.1-17, 1993.

TOMAZELLI, A.C. **Biomonitoramento de metais pesados em duas bacias hidrográficas do estado de São Paulo, utilizando como monitor biológico o bivalve límico *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819)**. 1999., Ano de obtenção 1999. 64p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

TOMAZELLI, A.C. **Estudo comparativo das concentrações de cádmio, chumbo e mercúrio em**

**seis bacias hidrográficas do estado de São Paulo**. 2003. 124p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.

ZANEBON, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. **Métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1020p.