

## Elementos traço na água e em vísceras de peixes da Bacia Hidrográfica Butuí-Icamaquã, Rio Grande do Sul, Brasil

Trace elements in water and viscera of fish from Butuí-Icamaquã Basin, Rio Grande do Sul, Brazil

Luiz Carlos Santos Porto<sup>I</sup> Eduardo Miranda Ethur<sup>II</sup>

### RESUMO

*Metais pesados, também denominados elementos traço, podem ser essenciais ao metabolismo de organismos vivos, e, ao mesmo tempo, dependendo de suas concentrações, altamente tóxicos. Com o objetivo de investigar a toxicidade da água da Bacia dos Rios Butuí-Icamaquã, na fronteira oeste do Rio Grande do Sul, foram analisados, através de espectrofotômetro de absorção atômica, os teores de alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, manganês, níquel e zinco em vísceras abdominais de peixes, coletados, entre junho de 2007 e fevereiro de 2008, em pontos determinados nos rios Butuí, Icamaquã e Uruguai. Mostraram-se acima do nível considerado seguro para consumo humano: alumínio, cádmio, manganês e níquel e teores próximos aos limites legais foram encontrados para cobre e cromo. A análise simultânea de amostras da água coletadas nos mesmos locais acusou em espectrofotômetro de luz visível, níveis superiores aos limites legais de bromo, chumbo, cianeto, cobre, cromato, fenóis, fosfato, manganês e sulfeto. Estes elementos, em tais concentrações na água e nos peixes, podem comprometer o ecossistema ou representar riscos à saúde humana.*

**Palavras-chave:** recursos hídricos, metais pesados, toxicidade.

### ABSTRACT

*Heavy metals, also called trace elements, may be essential to the metabolism of living organisms, and at the same time, depending on their concentrations, highly toxic. With the objective to investigate the toxicity of water of the Butuí-Icamaquã Rivers Basin on the border west of Rio Grande do Sul, were analyzed by atomic absorption spectrophotometer, the contents of aluminum, cadmium, chromium, copper, lead, manganese, nickel and zinc in abdominal viscera of fish, collected between June 2007 and February 2008, at selected points in Butuí, Icamaquã and Uruguai rivers. Aluminum, cadmium, manganese and nickel were above the levels*

*considered safe for human consumption and levels near the legal limit were found for chrome and copper. The simultaneous analysis of water samples collected in the same locations showed levels above the legal limits of bromine, chromate, copper, cyanide, lead, manganese, phenols, phosphate and sulfate. These elements, in such concentrations in water and in fish, may compromise the ecosystem or pose risks to human health.*

**Key words:** water resources, heavy metals, toxicity.

### INTRODUÇÃO

Metais pesados “são talvez os mais comuns de todos os venenos metabólicos”: sua toxicidade pode afetar enzimas, pois reagem com o grupo sulfidril dos sistemas enzimáticos, assinalam CSUROS & CSUROS (2002), que tecem críticas à denominação de “metais pesados”, pois, apesar da terminologia estar incorporada à literatura que aborda poluição ambiental, pode causar confusões. Com a sugestão de abandono do uso do termo (DUFFUS, 2002), tem sido utilizado, cada vez mais freqüentemente, “elementos traço” como substituto de “metais pesados”, caracterizados como metais presentes em pequenas concentrações no ambiente e nos seres vivos, sendo alguns considerados essenciais do ponto de vista biológico, enquanto outros não o são. Porém, mesmo os essenciais, sob condições específicas, causam danos a ecossistemas terrestres e aquáticos (LANDRIGAN et al., 2007).

Íons metálicos na água ocorrem naturalmente e podem ter origem antropogênica. Os resíduos urbanos e aterros sanitários constituem fontes

<sup>I</sup>Laboratório de Águas, Universidade Regional da Campanha (URCAMP). Av. Tancredo Neves, 210, 97670-000, São Borja, RS, Brasil. E-mail: porto@gpsnet.com.br. Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Programa de Pós-graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Centro Universitário Univates (UNIVATES). Lajeado, RS, Brasil.

importantes de contaminação, sobretudo na presença de tempestades e enchentes, com carreamento de altas concentrações de metais aos cursos hídricos (CSUROS & CSUROS, 2002). O mesmo pode ocorrer a partir do solo agrícola, se este estiver impregnado com metais, oriundos, por exemplo, de agroquímicos (CAMPOS et al., 2005; BIZARRO et al., 2008). Presentes nos corpos hídricos, os íons metálicos ou seus compostos facilmente atingem os peixes, a partir da cadeia alimentar aquática ou tendo como importante sítio de captação o epitélio das brânquias, concentrando-se em músculos e vísceras abdominais, como fígado, rins e trato gastrointestinal (BJERREGAARD & ANDERSEN, 2007; DALLINGER et al., 1987).

Este estudo desenvolveu-se na Bacia Hidrográfica Butuí-Icamaquã, uma das onze bacias em que está dividida, no Rio Grande do Sul, a Bacia do Rio Uruguai e que irriga região da fronteira oeste do estado. Trata-se de região cuja economia está baseada na atividade agropecuária e esta, por fazer uso intensivo do solo e dos recursos hídricos, com larga aplicação de agroquímicos, pode originar contaminação da água da bacia. Cabe ressaltar que a pesca, amadora e profissional, é uma atividade importante, sendo expressivo o consumo local de peixe na alimentação humana, com preferência para dourados, piavas, surubins, pintados e jundiás. Além de constituir fonte de proteína nobre na dieta alimentar humana, os peixes têm sido usados como eficientes bioindicadores de recursos hídricos (FLOTEMERSCH et al., 2006). Com o objetivo de avaliar a toxicidade da água dos rios foram realizadas análise química de amostras da água e pesquisa da concentração de alguns elementos traço em vísceras de peixes.

## MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de água e peixes foram coletadas, entre junho de 2007 e fevereiro de 2008, em pontos determinados nos rios Butuí, Icamaquã e Uruguai, em três ocasiões distintas, evitando-se períodos de cheias ou chuvas fortes. Os pontos nos rios Butuí e Icamaquã distavam 36km e 50km, respectivamente, da foz no rio Uruguai e o ponto neste rio localizava-se 14km a montante da foz do rio Icamaquã.

Os peixes foram capturados com uso de linhas de pesca, procurando restringir-se à coleta de indivíduos das famílias Heptapteridae (jundiá, *Rhamdia quelen*), Auchenipteridae (cangati, *Parauchenipterus galeatus*) e Pimelodidae (pintado, *Pimelodes* sp.), os quais foram abatidos através da técnica de “Iki Jimi”, que consiste em lesão do tronco cerebral por estilete ou faca pontiaguda introduzida através dos arcos

branquiais (SLACK-SMITH, 2001). Logo após, foram aferidos o peso e comprimento total e procedeu-se à retirada das vísceras e dissecação do fígado, com uso de instrumentos cirúrgicos de aço inoxidável, lavados com detergentes neutros e enxaguados com água destilada. Peixes, fígados e vísceras restantes, acondicionados em sacos plásticos individuais, identificados e armazenados em caixas térmicas com gelo, foram, no retorno da atividade de campo, imediatamente congelados e conservados a -18°C.

Para análise dos metais nos peixes, foram pesadas 2,000g de fígado em balança de precisão. Quando necessário, acrescentaram-se outras vísceras abdominais (intestinos, gônadas, gordura peritoneal) de modo a compor a massa desejada. A abertura das amostras foi realizada conforme ANVISA e IAL (2005), com análise de alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, manganês, níquel e zinco, utilizando-se o método de via seca e espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer, modelo AA600, pertencente ao Centro Universitário UNIVATES. Para certificar os valores encontrados na análise utilizou-se DORM-3<sup>®</sup>, material padrão composto de proteína de peixe impregnada com traços de metais, fornecido pelo Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá. Os exames foram feitos em triplicata e, no final, foram rodados dois ciclos completos de análises dos elementos contidos no Padrão de Referência Certificado DORM-3<sup>®</sup>.

Uma amostra de água foi coletada em cada ponto nas datas de captura dos peixes, resultando em três amostras para cada rio. Mantidas refrigeradas, sua análise química, realizada no dia posterior, utilizou espectrofotômetro de luz visível Micronal<sup>®</sup> e kits *vacu-vials* Chemetrics<sup>®</sup>. Os procedimentos de coleta e análise seguiram a metodologia recomendada por *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater* (EATON et al., 2005). No estudo estatístico dos dados foi utilizado o programa SPSS, versão 15.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise química da água, considerando os parâmetros estabelecidos pela resolução nº 357 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2006), revelou níveis médios elevados de bromo, cianeto, cobre, cromato, fenóis, fosfato, manganês e sulfeto, nos três rios (Tabela 1); chumbo também se mostrou elevado, mas sua análise foi realizada apenas na última coleta. Apesar do *n* pequeno, 03 amostras de água para cada ponto de coleta, os dados são semelhantes aos encontrados em pesquisa anteriormente realizada na mesma bacia, com análise de 46 amostras da água (PORTO et al., 2008).

Tabela 1 - Concentrações de elementos traço e outros parâmetros químicos em amostras de água dos rios Butuí, Icamaguã e Uruguai com níveis superiores ao valor máximo permitido: média obtida das coletas (mg L<sup>-1</sup>).

Metal	VMP *	-----Rio Butuí-----		-----Rio Icamaguã-----		-----Rio Uruguai-----	
		Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Bromo	0,025	0,295	0,035	0,233	0,131	0,135	0,007
Cianeto	0,005	0,016	0,006	0,016	0,017	0,007	0,002
Cobre	0,009	0,328	0,045	0,250	0,154	0,178	0,058
Cromato	0,050	0,095	0,031	0,068	0,065	0,108	0,078
Fenóis	0,003	0,335	0,184	0,372	0,228	0,240	0,066
Fosfato	0,100	2,89	2,602	2,238	2,208	2,39	3,161
Manganês	0,100	1,150	0,676	0,883	0,284	0,817	0,176
Sulfeto	0,002	0,422	0,661	0,408	0,668	0,788	0,665

\*Valor Máximo Permitido (CONAMA).

Quanto aos peixes, foram capturados 70 indivíduos, com frequência mais numerosa das três famílias visadas: *Auchenipteridae*, *Heptapteridae* e *Pimelodidae*. Cádmio foi detectado em 40% das amostras, chumbo em 1,4% das amostras, cromo em 68,6%, manganês em 41,4% e níquel em 14,3%; alumínio, cobre e zinco foram detectados em todas as amostras. Concentrações não detectadas, isto é, com valores abaixo do limite de detecção do espectrofotômetro, não foram incluídas nos cálculos estatísticos. As referências para os limites legais foram as portarias do Ministério da Saúde nº 685 de 1998 e nº 518 de 2004. A primeira trata de arsênio, cobre, estanho, chumbo, cádmio e mercúrio em alimentos e a segunda estabelece padrões de potabilidade da água.

O Teste t de Student indicou a existência de diferença estatisticamente significativa, para um nível de significância de 5%, entre o valor médio de alumínio, cádmio e manganês encontrados nas vísceras dos peixes, englobando os 03 rios, e o valor legal definido pelo Ministério da Saúde (P<0,001, P=0,008 e P=0,006, respectivamente), sendo maiores os teores destes metais nos peixes. Em relação ao zinco, a diferença estatística também existe, ao nível de significância de 5%, com P<0,001. No entanto isto reflete uma taxa muito pequena de zinco nas amostras. Demonstrou-se, ainda, a inexistência de diferença estatisticamente significativa entre os valores médios de cobre e cromo nas amostras dos peixes e seus limites legais, o que significa dizer que os valores são semelhantes. Para níquel em água potável ou alimentos, o Ministério da Saúde não determina parâmetros, mas a OMS estabelece em 0,020mg L<sup>-1</sup> o limite na água potável (CSUROS & CSUROS, 2002). O valor médio encontrado nos peixes dos três rios foi de 0,144mg L<sup>-1</sup>±DP0,050. Com o Teste t de Student, nível de significância de 5%, demonstra-

se que o níquel difere estatisticamente do limite legal (P<0,001), sendo mais elevado nas amostras dos peixes

Pode-se considerar, portanto, que as concentrações de alumínio, cádmio, manganês e níquel nas vísceras dos peixes estão acima dos limites permitidos para consumo humano, embora seu impacto na saúde humana dependa de vários fatores, entre eles, participação dos peixes e outras fontes destes elementos na dieta alimentar da população (DALLINGER et al., 1987; LANDRIGAN et al., 2007). Cobre e cromo também mostraram valores elevados, próximos aos limites legais; ressalta-se que foi detectada a presença de chumbo em uma única amostra, mas o limite de detecção do espectrofotômetro (0,200mg L<sup>-1</sup>) é muito maior que o limite legal para chumbo em alimentos (0,010mg L<sup>-1</sup>). O fato de que as análises foram feitas em vísceras abdominais e a população costuma consumir a musculatura dos peixes merece comentário adicional: as concentrações dos elementos traço não serão as mesmas nos diversos órgãos e tecidos, mas, como músculos e vísceras abdominais, além do epitélio das brânquias, são os principais sítios de acúmulo dessas substâncias, pode-se inferir que há algum risco perante o consumo humano destes peixes.

A comparação entre as médias de alumínio, cromo, cobre, manganês e zinco nos peixes e na água dos rios indicou a existência de diferença estatisticamente significativa, com o Teste de Mann-Whitney, para um nível de significância de 5%: os valores são maiores nos peixes do que na água, exceto para o manganês, que mostrou níveis mais elevados na água do rio Icamaguã e o cromo mais elevado na água dos Rios Icamaguã e Uruguai (Tabela 2). Assim, o ingresso dos elementos no organismo animal pode ter origem na água ou, mais provavelmente, na cadeia alimentar, a partir do sedimento, onde sua concentração

Tabela 2 - Comparação entre as médias dos valores de elementos traço encontrados nos peixes com os valores encontrados na água\*.

Metal (mg L <sup>-1</sup> )	Pontos de coleta	-----Peixes-----		-----Água-----	
		Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Al	Rio Butuí	8,7518	13,908	0,5900	0,009
	Rio Icamaquã	5,8522	4,428	0,0647	0,012
	Rio Uruguai	21,0282	38,942	0,0563	0,018
Cr	Rio Butuí	0,0459	0,012	0,0950	0,031
	Rio Icamaquã	0,0304	0,022	0,0683	0,065
	Rio Uruguai	0,0475	0,05	0,1083	0,078
Cu	Rio Butuí	0,9599	0,875	0,3283	0,045
	Rio Icamaquã	0,9595	0,457	0,2783	0,110
	Rio Uruguai	2,7157	4,719	0,1700	0,072
Mn	Rio Butuí	1,7010	3,307	1,1500	0,676
	Rio Icamaquã	0,7300	0,718	0,8500	0,304
	Rio Uruguai	1,9733	2,90	0,8167	0,176
Zn	Rio Butuí	1,9986	1,284	0,0100	0,017
	Rio Icamaquã	1,4004	0,717	0,0000	0,000
	Rio Uruguai	2,5836	1,049	0,0000	0,000

\*Todas as médias diferem entre si ao nível de significância de 5%, com  $P < 0,001$ .

costuma ser maior, já que, a não ser para mercúrio, são inconsistentes as informações a respeito da biomagnificação ou aumento da concentração dos metais ao longo da cadeia alimentar aquática (BJERREGAARD & ANDERSEN, 2007).

Entre as 03 famílias de peixes mais frequentes neste trabalho, alumínio diferiu estatisticamente, de acordo com o Teste de Tukey, com nível de significância de 5%, sendo mais elevado em Pimelodidae e Heptapteridae do que em Auchenipteridae (Tabela 3). Considerando um nível de significância de 10%, cobre e zinco, são maiores em Pimelodidae. Estes dados, porém, podem não ser representativos e ter origem na composição específica da amostra analisada, pois as três famílias pertencem à mesma ordem (Siluriformes) e costumam ter hábitos alimentares idênticos: pintados, jundiás e bagres adultos são onívoros, com preferência por detritos orgânicos, restos vegetais, peixes, crustáceos e insetos (HAHN et al., 2002).

A comparação dos metais encontrados nos peixes com os locais de coleta (Tabela 3) acusa diferença significativa para zinco (mais elevado em peixes do rio Uruguai e do Butuí), conforme o Teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Níquel não acusou diferença estatística em relação a locais e famílias dos peixes, mas as amostras foram poucas ( $n=10$ ) e chumbo não foi incluído no cálculo, pois o resultado é de apenas uma amostra.

Não houve diferença entre os metais nos peixes e as datas de coleta. Estes dados, no entanto, podem ser insuficientes para avaliar e quantificar a influência, tanto de eventos ligados à atividade agropecuária, quanto climáticos ou sazonais, pois ambos são semelhantes em toda a região e o porte ou vazão dos rios é muito desigual.

O Coeficiente de Correlação de Pearson não encontrou correlação entre massa e/ou comprimento dos peixes com os valores de metais nos mesmos, a não ser para o níquel nos peixes do rio Butuí ( $r=0,998$ ). Foram calculadas, também, as correlações entre os valores dos diferentes metais nos peixes, definindo-se correlação entre cobre e zinco nos peixes do rio Butuí, cádmio e zinco nos peixes do rio Icamaquã e, nos peixes do rio Uruguai, entre alumínio e cromo, cádmio e cobre, alumínio e manganês e entre cromo e manganês. Correlação positiva dos metais com tamanho e massa dos peixes foi relatada por JOYEUX et al. (2004), mas seu estudo envolveu peixes de tamanho bem maior, e somente o cromo ficou acima dos valores legais.

São variadas as concentrações referidas de elementos traço em organismos e ambientes aquáticos. Em siris azuis do rio Cubatão, cádmio, chumbo, cromo e zinco foram pesquisados, estando alterado apenas o cromo (VIRGA et al., 2007). Níveis elevados de zinco foram encontrados em ostras no Rio de Janeiro

Tabela 3 - Elementos traço em peixes: médias por pontos de coleta e por famílias de peixes (mg L<sup>-1</sup>).

Metal	VL **	LD ***	-----Pontos de Coleta *c-----			-----Família de peixes *-----		
			Rio Butuí	Rio Iamaquã	Rio Uruguai	Auchenip-teridae	Heptap-teridae	Pimelo-didae
Al	0,200	0,200	8,7518 <sup>a</sup>	5,8522 <sup>a</sup>	21,0282 <sup>a</sup>	5,1542 <sup>a</sup>	9,1200 <sup>ab</sup>	15,1557 <sup>b</sup>
Cd	0,005	0,009	0,0205 <sup>a</sup>	0,0269 <sup>a</sup>	0,0565 <sup>a</sup>	0,0373 <sup>a</sup>	0,0186 <sup>a</sup>	0,0409 <sup>a</sup>
Cr	0,050	0,008	0,0459 <sup>a</sup>	0,0304 <sup>a</sup>	0,0475 <sup>a</sup>	0,0429 <sup>a</sup>	0,0373 <sup>a</sup>	0,0424 <sup>a</sup>
Cu	2,000	0,030	0,9599 <sup>a</sup>	0,9595 <sup>a</sup>	2,7157 <sup>a</sup>	0,7810 <sup>a</sup>	0,9790 <sup>a</sup>	2,9880 <sup>a</sup>
Mn	0,100	0,200	1,7010 <sup>a</sup>	0,7300 <sup>a</sup>	1,9733 <sup>a</sup>	0,3675 <sup>a</sup>	2,0286 <sup>a</sup>	1,5985 <sup>a</sup>
Ni	0,020	0,100	0,1733 <sup>a</sup>	0,1100 <sup>a</sup>	0,1650 <sup>a</sup>	0,1067 <sup>a</sup>	0,1367 <sup>a</sup>	0,1650 <sup>a</sup>
Zn	5,000	0,002	1,9986 <sup>ab</sup>	1,4004 <sup>a</sup>	2,5836 <sup>b</sup>	1,7250 <sup>a</sup>	1,6651 <sup>a</sup>	2,4381 <sup>a</sup>

\* Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si ao nível de significância de 5%.

\*\* Valor Legal: Ministério da Saúde, OMS.

\*\*\* Limite de Detecção.

(FERREIRA et al., 2005). Na bacia do Tarumã-Açu, em Manaus, metais pesados estavam acima dos valores legais na água e nos sedimentos, com níveis bem maiores nestes (SANTANA & BARRONCAS, 2007). ORTEGA et al. (2008) encontraram um efeito antagonista de zinco e cádmio em oligoquetas: o zinco favorecendo a excreção de cádmio. As taxas de influxo dos metais em moluscos mostraram-se proporcionais à sua concentração no ambiente aquático (CASAS et al., 2008). Finalmente, no Rio dos Sinos, RS, altamente poluído (NORMAN & MULLER, 2007) e na represa Billings, SP, (ROCHA et al., 1985) elementos traço foram encontrados em concentrações significativas em músculos de peixes e na água.

Observa-se, ainda, com base em estudos recentes, significativa preocupação de médicos e cientistas a respeito da intoxicação crônica e sub-clínica por metais presentes no ambiente, como relata uma revisão de pediatras brasileiros que coloca ênfase no efeito deletério ao sistema nervoso de crianças por chumbo e mercúrio (MELLO-DA-SILVA & FRUCHTENGARTEN, 2005) e uma pesquisa realizada em Bangladesh que sugere associação entre mortalidade infantil e ingestão de água com manganês (HAFEMAN et al., 2007). Em Taubaté, SP, foi encontrado um nível muito elevado de cádmio em 58 amostras de colostro humano (NASCIMENTO et al., 2005) e a especiação de elementos traço no leite materno é objeto de pesquisas com frequência e complexidade crescentes (MICHALKE, 2006). Do mesmo modo, na Europa, um estudo multicêntrico, envolvendo crianças da França, Polônia e República Tcheca, acusa efeitos sub-clínicos da exposição a metais pesados (BURBURE et al., 2006). Especificamente sobre a neurotoxicidade de chumbo, mercúrio e manganês, cientistas de 27 nações, em

encontro da Comissão Internacional Sobre Saúde Ocupacional, em junho de 2006, formularam dez diretrizes aos países de todo o mundo, em documento conhecido como “Declaração de Brescia na Prevenção de Neurotoxicidade de Metais” (LANDRIGAN et al., 2007).

Os resultados deste estudo inferem a necessidade de cuidados referentes à saúde pública e ambiental, em função do potencial de toxicidade dos elementos cujos níveis mostraram-se elevados na água e nos peixes. Acredita-se que sua origem esteja relacionada, tanto com fatores geológicos naturais, como com resíduos urbanos e da atividade agropecuária. Isto se justifica pela ausência de indústrias na região, ocorrência de enchentes periódicas, falta de tratamento dos resíduos, uso intensivo da água e do solo e abundante aplicação de agroquímicos. Compostos fenólicos e fosfatados em águas naturais costumam relacionar-se com a atividade agropecuária e lixo urbano e, além de sua presença em fertilizantes, metais pesados são constituintes de vários biocidas (ANGELOTTI-NETO et al., 2004).

## CONCLUSÕES

Nas amostras das vísceras dos peixes foram encontrados, em níveis acima dos limites legais, alumínio, cádmio, manganês e níquel; cobre e cromo também mostraram concentrações elevadas, próximas do limite legal. As amostras de água dos rios Butuí, Iamaquã e Uruguai apresentaram níveis superiores aos valores máximos permitidos de bromo, chumbo, cianeto, cobre, cromato, fenóis, fosfato, manganês e sulfeto. Estes elementos em concentrações elevadas na água e nos peixes podem comprometer o ecossistema ou representar riscos à saúde humana.

A atividade agropecuária, resíduos urbanos e processos geológicos naturais podem ser responsabilizados pelos dados encontrados e são sugeridas pesquisas futuras que possam quantificá-los, bem como o monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica local.

## REFERÊNCIAS

- ANGELOTTI-NETTO, A. et al. Metais pesados provenientes da atividade agrícola: formas, prevenção e controle. In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; WENDLAND, E. (Ed.). **Bacia hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa**. São Carlos, SP: RIMA, 2004. V.3, cap.1, p.1-16.
- ANVISA (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA); IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). Metais e contaminantes inorgânicos. In: ZENEON, O. et al. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo: ANVISA-IAL, 2005. Cap.23, p.739-758.
- BIZARRO, V.G. et al. Teor de cádmio em fertilizantes fosfatados comercializados no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.38, n.1, p.247-250, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-4782008000100041&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-4782008000100041&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 16 jul. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782008000100041.
- BJERREGAARD, P.; ANDERSEN, O. Ecotoxicology of metals – sources, transport, and effects in the ecosystem. In: NORDBERG, G.F. et al. (Ed.). **Handbook on the toxicology of metals**. 3.ed. San Diego, California: Elsevier, 2007. Cap.13, p.251-280.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Resoluções do CONAMA**. Brasília: MMA, 2006. 808p.
- BURBURE, C. et al. Renal and neurologic effects of cadmium, lead, mercury, and arsenic in children: evidence of early effects and multiple interactions at environmental exposure levels. **Environmental Health Perspectives**, Cary, NC, v.114, n.4, p.584-590, 2006. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1440785>>. Acesso em: 16 jul. 2009. doi: 10.1289/ehp.8202.
- CAMPOS, M.L. et al. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.361-367, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2005000400007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2005000400007&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 16 jul. 2009. doi: 10.1590/S0100-204X2005000400007.
- CASAS, S. et al. Relation between metal concentration in water and metal content of marine mussels (*Mytilus galloprovincialis*): impact of physiology. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Pensacola, FL, v.27, n.7, p.1543-1552, 2008. Disponível em: <<http://www.setacjournals.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1897/07-418.1>>. Acesso em: 16 jul. 2009. doi: 10.1897/07-418.1.
- CSUROS, M.; CSUROS, S. **Environmental sampling and analysis for metals**. Boca Raton: CRC, 2002. 372p.
- DALLINGER, R. et al. Contaminated food and uptake of heavy metals by fish: a review and a proposal for further research. **Oecologia**, Berlin, n.73, p.91-98, 1987. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/186680g784575711/>>. Acesso em: 16 jul. 2009. doi: 10.1007/BF00376982.
- DUFFUS, J.H. “Heavy metals”- a meaningless term? (IUPAC Technical Report). **Pure and Applied Chemistry**, Research Triangle Park, NC, v.74, n.5, p.793-807, 2002. Disponível em: <<http://www.iupac.org/publications/pac/74/5/0793/>>. Acesso em: 16 jul. 2009. doi:10.1351/pac200274050793.
- EATON, A.D. et al. (ed.). **Standard methods for examination of water & wastewater: centennial edition (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater)**. Washington, DC: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WEF) (publ.), 2005. 1600p.
- FERREIRA, A.G. et al. Temporal and spatial variation on heavy metal concentrations in the oyster *Ostrea equestris* on the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, SP, v.65, n.1, p.67-76, 2005.
- FLOTEMERSCH, J.E. et al. Fish. In: FLOTEMERSCH, J.E. et al. **Concepts and approaches for the bioassessment of non-wadeable streams and rivers**. Cincinnati, Ohio: USEPA, 2006. Cap.7.0, p.7.1-7.26.
- HAFEMAN, D. et al. Association between manganese exposure through drinking water and infant mortality in Bangladesh. **Environmental Health Perspectives**, Cary, NC, v.115, n.7, p.1107-1112, 2007. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1913599>>. Acesso em: 16 jul. 2009. doi: 10.1289/ehp.10051.
- HAHN, N.S. et al. Estrutura trófica da ictiofauna da planície de inundação do alto Rio Paraná. In: **Relatório 2002**, Programa PELD, Universidade Estadual de Maringá, p.123-126. Disponível em: <[http://www.peld.uem.br/Relat2002/pdf/comp\\_biotico\\_estruturaTrocica.pdf](http://www.peld.uem.br/Relat2002/pdf/comp_biotico_estruturaTrocica.pdf)>. On line. Acesso em: 02 fev. 2009.
- JOYEUX, J.C. et al. Trace metal contamination in estuarine fishes from Vitória Bay, ES, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.5, p.765-774, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-89132004000500012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132004000500012&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 16 jul. 2009. doi: 10.1590/S1516-89132004000500012.
- LANDRIGAN, P.J. et al. Principles for prevention of the toxic effects of metals. In: NORDBERG, G.F. et al. (Ed.). 3.ed. **Handbook on the toxicology of metals**. San Diego, California: Elsevier, 2007. Cap.16, p.319-337.
- MELLO-DA-SILVA, C.A.; FRUCHTENGARTEN, L. Riscos químicos ambientais à saúde da criança. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v.81, n.5, Supl, p.S205-S211, 2005.
- MICHALKE, B. Trace element speciation in human milk. **Pure and Applied Chemistry**, Research Triangle Park, NC, v.78, n.1, p.79-90, 2006. Disponível em: <<http://www.iupac.org/publications/pac/78/1/0079/>>. Acesso em: 16 jul. 2009. doi:10.1351/pac200678010079.

NASCIMENTO, L.C. et al. Quantificação de cádmio em colostro de mães brasileiras: um estudo regional. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, Recife, v.5, n.2, p.193-198, 2005.

NORMAN, C.A.B.M.; MULLER, J. **Ocorrência de metais pesados em tecidos de peixes do Rio do Sinos**. Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Novo Hamburgo, RS, 2007. Disponível em: <<http://www.novohamburgo.rs.gov.br/index.php?language=&subject=11&content=downloads&id=94>>. On line. Acesso em: 11 jan. 2009.

ORTEGA, M.A.G. et al. Cadmium, iron, and zinc uptake individually and as a mixture by *Limnodrillus hoffmeisteri* and impact on adenosine triphosphate content. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Pensacola, FL, v.27, n.3, p.612-616, 2008.

PORTO, L.C.S. et al. Estudos sobre a qualidade da água do rio Uruguai em São Borja, Rio Grande do Sul: contaminação por

agroquímicos? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA, 2008, Bento Gonçalves, RS: Sociedade Brasileira de Ecotoxicologia – SETAC, 2008. p.77.

ROCHA, A.A. et al. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, SP, v.19, p.401-410, 1985.

SANTANA, G.P.; BARRONCAS, P.S.R. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). **Acta Amazônica**, Manaus, AM, v.37, n.1, p.111-118, 2007.

SLACK-SMITH, R.J. **Fishing with traps and pots**. Roma, Itália: FAO, 2001. 62p.

VIRGA, R.H.P et al. Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de siris azuis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v.27, n.4, p.779-785, 2007.