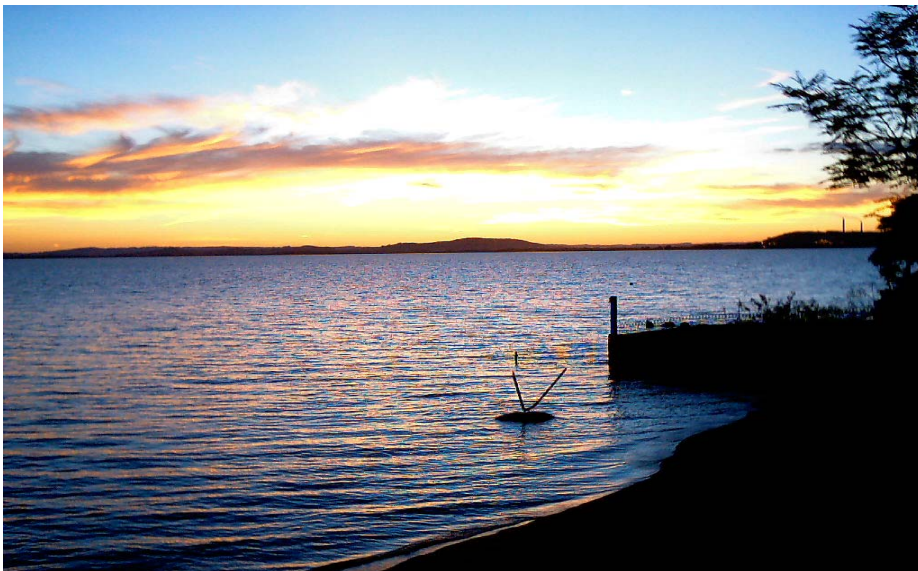


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE *Leporinus obtusidens*
(PIAVA) COMERCIALIZADA NO MERCADO PÚBLICO DE
PORTO ALEGRE ATRAVÉS DE METAIS-TRAÇO ADVINDAS
DO LAGO GUAÍBA, RS.**



SILENE DE CARVALHO

**PORTO ALEGRE
2004**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE *Leporinus obtusidens* (PIAVA)
COMERCIALIZADA NO MERCADO PÚBLICO DE PORTO ALEGRE
ATRAVÉS DE METAIS-TRAÇO ADVINDAS DO LAGO GUAÍBA, RS

SILENE DE CARVALHO

DISSERTAÇÃO APRESENTADA COMO REQUISITO
PARCIAL À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE.
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ORIENTADORA: PROF^a. DR.^a SANDRA MARIA HARTZ

BANCA EXAMINADORA

PROF^a DR^a MARIA TERESA RAYA-RODRIGUEZ
PROF^a DR^a ZULEICA CASTILHOS
PROF^a DR^a ROSELI MÖLLERKE

PORTO ALEGRE
2004

Ao meu eterno amor, Marcelo,
pela compreensão, apoio e companheirismo
em todos os momentos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Passados estes dois anos do curso de mestrado tenho que admitir que não o fiz sozinha, mas com a ajuda de muitas pessoas as quais tenho a honra de agradecer neste momento.

À minha orientadora, Sandra Maria Hartz, pela orientação, confiança depositada e amizade conquistada.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

À FAPERGS e ao PPG- Ecologia, pelo auxílio financeiro.

Aos pescadores das Colônias Z5 e Z4 pela ajuda na coleta dos peixes, em especial, ao Seu Marroquinha, Salomão, Luciano, Ezequiel, Valdir, Luís, Alfredo e Dona Sueli entre tantos outros...

Aos queridos amigos e colegas Cristiano Machado Silveira e Paola Stumpf que muito ajudaram na “Peixaria 209”, ou melhor dizendo, na dissecação dos peixes em laboratório. E aos demais que agüentaram o cheiro forte de peixe, principalmente nos dias quentes de verão.

Aos colegas de mestrado, pelas maravilhosas horas compartilhadas em aula, campo, festas e churras (Vagazulha, “Caróis”, Claudinha, Machadox, Cris, “Cíntias”, “Luizes”, Byu, Sosênio, Schu, Josi e todos os outros agora esquecidos).

À amiga Clarisse Palma, ao Marcelo Silveira e ao Gehard Overbeck pelas sugestões e correções do artigo (em inglês) a seguir apresentado.

Aos colegas Rafael E. Machado, Juliano M. Oliveira e Ênio Sosinski pela ajuda na análise estatística dos dados.

À técnica Rachel Spiess, pela ajuda na digestão do material, à química Vera Atz pela análise no espectrofotômetro e ao secretário Volmar Garcez.

Aos meus pais, Remy Gomes de Carvalho e Maria Lenidete de Carvalho por me incentivarem nos estudos e me liberarem o carro para buscar minhas piavas na Ilha da Pintada e em Itapuã; e ao meu irmão, André Luís de Carvalho, pelas risadas proporcionadas.

À Dona Lina, minha sogra, que nestes últimos dois anos tem sido mais que uma mãe me abrigando em sua casa, com todo o carinho.

E ao meu marido, grande amor da minha vida, Marcelo Silveira da Costa por toda a compreensão, tolerância, confiança, incentivo, ajuda e amizade que sempre me deu. E, também, aos empréstimos do seu excorsinha para buscar as piavas na Ilha.

Enfim, a todos (as) que me ajudaram e estimularam direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE APÊNDICES.....	IX
RESUMO X	
ABSTRACT	XI
INTRODUÇÃO	1
ÁREA DE ESTUDO	10
MATERIAL & MÉTODOS	13
ARTIGO EVALUATION OF TRACE METALS (CADMIUM, CHROMIUM, COPPER AND ZINC) IN TISSUES OF A COMMERCIALY IMPORTANT FISH (<i>LEPORINUS OBTUSIDENS</i>) FROM GUAIBA LAKE, BRAZIL.	16
ABSTRACT	16
INTRODUCTION.....	18
MATERIAL AND METHODS	20
RESULTS	23
DISCUSSION	31
REFERENCES	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem de satélite de LANDSAT do Estado do Rio Grande do Sul.....	12
Figure 2. Mean metal concentrations and standard deviations in liver and muscle of <i>Leporinus obtusidens</i> from three selected sampling sites.	25
Figure 3. Mean concentrations of metals and standard deviations in liver and muscle of <i>Leporinus obtusidens</i> caught in seasons sampled.....	26
Figure 4. Metal concentrations in liver and muscle from males of <i>Leporinus obtusidens</i>	28
Figure 5: Metal concentrations in liver and muscle from females of <i>Leporinus obtusidens</i>	29
Figure 6. Ordination diagram of unit samples (54 individuals).	30

LISTA DE TABELAS

Table 1. Standard length ranges (L); weight ranges (W) and number (N) of females and males of <i>Leporinus obtusidens</i>	23
Table 2. Mean concentrations (μg metal/g dry weight) of metals and standard deviations in tissues of the <i>Leporinus obtusidens</i>	24
Table 3. Mean concentrations (μg metal/g dry weight) of metals and standard deviations in the tissues of females and males <i>Leporinus obtusidens</i>	27
Table 4. Mean concentrations of metals and standard deviations(μg metal/g wet weight.), maximum permissible concentrations (MPC) (μg metal/g wet weight.) and margin exposure (MOE) in muscle of the <i>Leporinus obtusidens</i>	31

LISTA DE APÊNDICES

Anexo 1. Análise de variância com teste de aleatorização avaliando as diferenças entre os pontos amostrados no Lago Guaíba quanto às concentrações dos metais avaliados..	53
Anexo 2. Análise de variância com teste de aleatorização avaliando a sazonalidade do Lago Guaíba quanto às concentrações dos metais avaliados.....	53
Anexo 3. Foto de um exemplar de <i>Leporinus obtusidens</i> sendo medido	54
Anexo 4. Foto de um exemplar de <i>Leporinus obtusidens</i> sendo pesado	54
Anexo 5. Foto de um exemplar sendo seccionado	55
Anexo 6. Foto de um exemplar seccionado ventralmente.....	55

RESUMO

Durante o ano de 2003 foram realizadas coletas sazonais de peixes do Lago Guaíba, Porto Alegre, Sul do Brasil. Os metais cádmio, cobre, cromo e zinco foram utilizados como indicadores químicos na avaliação da qualidade ambiental da ictiofauna, sendo representada pela espécie *Leporinus obtusidens* (piava). Os exemplares de piava foram capturados dentro de três grandes regiões do Lago: Região Norte, próximo ao Canal do Jacuí; Região Central, em frente à cidade de Porto Alegre e Região Sul, junto à ponta de Itapuã. Conteúdo de metais em amostras de fígado e músculo de cada exemplar foram avaliados por espectrofotometria de absorção atômica. Os resultados demonstram que há diferenças na acumulação entre os tecidos de machos e fêmeas, com machos acumulando mais no músculo do que no fígado e fêmeas apresentando comportamento contrário. Considerando os locais de captura, o Ponto Central apresentou as maiores concentrações de cobre (músculo), cádmio (fígado) e zinco (músculo); e entre as estações de captura, os indivíduos coletados durante o verão apresentaram as maiores concentrações de todos os metais analisados. Apesar disso, nenhum indivíduo amostrado apresentou-se inapto para o consumo humano, atestando a qualidade ambiental da ictiofauna do Lago Guaíba para os metais estudados.

ABSTRACT

In 2003 captures of fish from Guaíba Lake, Porto Alegre, south Brazil were realized in all seasons of the year. Metals cadmium, copper, chromium and zinc were used as chemical indicator for environmental assessment. *Leporinus obtusidens* (piava) was chose to represent the aquatic fauna. Samples were caught from three locations in the lake: North Point, around to the Jacuí Channel; Center Point, in front of Porto Alegre City and South Point near to Itapuã. Metal content in liver and muscle samples of all individuals was determined by atomic absorption spectrometer. There were differences in the metals accumulation between tissues of the males and females, with males accumulating more in muscle than liver and females showing the inverse behavior; concering sites of capture, the Center point showed the highest copper (muscle), cadmium (liver) and zinc (muscle) concentrations; and as for season of capture, individuals caught in summer showed greater load of all metal analyzed. Besides, no individual sampled showed contamination in muscle prejudicial for health human indicating a good fish quality from Guaíba Lake for heavy metals studied.

INTRODUÇÃO

Mundialmente existe uma crescente preocupação pela situação e evolução do meio ambiente. A simples observação de aspectos anormais de certos cursos de água ocasionando enchentes, a manifestação cíclica de casos de mortandade de peixes insuficientemente estudados, ou a eventual ocorrência de transtornos de saúde são motivos suficientes para que a população perceba a necessidade de preservar a qualidade do ambiente em que vive. Entretanto, há casos de poluição contínua que acabam degradando aos poucos os ecossistemas.

As águas são sistemas naturais tão abundantes no planeta que parecem ser um recurso infinito. Porém, 99% destas águas são oceânicas e do 1% restante, aproximadamente 20% constitui-se em recurso disponível ao Homem. A esta quantidade limitada soma-se o fato de que a poluição já inutiliza quase metade de seu potencial, quadro este que tende a tornar-se cada vez mais crítico (Meadows *et al.*, 1992). No entanto, em função da ampla utilização da água pelo homem quase não encontramos nos dias atuais, fontes de água em seu estado natural. Uma das principais alterações no padrão das águas é a introdução de substâncias químicas sob várias formas, dentre as quais os metais pesados se destacam pelos grandes impactos que podem ocasionar nos ecossistemas aquáticos (Terra, 2001). A origem desses metais no ambiente aquático podem ser provenientes de fontes naturais ou antrópicas. As fontes antrópicas podem ser pontuais ou difusas,

requerendo esta última uma atenção maior, pois mesmo após o controle de suas emissões ainda haverá contaminação das águas (Suschka *et al.*, 1994). Os despejos industriais e domésticos constituem-se nas principais fontes poluidoras, pois podem conter vários tipos de poluentes, inclusive aqueles que mesmo em quantidades muito pequenas exercem influências sobre os seres vivos. Tais elementos são denominados elementos-traço e entre eles estão alguns metais. Este grupo de poluentes é extremamente relevante para a avaliação da poluição aquática, diferenciando-se por sua persistência no ambiente e tendência a acumular-se no sedimento de onde podem ser removidos por vários processos, tornando-se então potencialmente disponíveis para os organismos (Ramamoorthy & Moore, 1984; Mance, 1990; Albrecht, 1996).

Entretanto, a biodisponibilidade e a toxicidade nos ecossistemas aquáticos está relacionada com as cargas do metal no sistema aquático, bem como com fatores bióticos e abióticos. A salinidade da água, dureza, temperatura, pH e concentração de carbono orgânico dissolvido são alguns dos fatores que podem influenciar esta disponibilidade (Ramamoorthy & Moore, 1984; Roesijadi & Robison, 1994; Reinfelder *et al.*, 1998).

A identificação de fontes poluentes pode ser feita com o uso de peixes através da relação entre o conteúdo de metais existentes nos tecidos e no ambiente (Pfeiffer *et al.*, 1989). Porém, o conteúdo natural difere muito entre espécies e regiões dificultando o estabelecimento de controles e limitando o uso de peixes em estudos ecológicos. Em vista

disso, o conhecimento de fatores biológicos e comportamentais, como idade, comprimento, peso total, ciclo de vida, variações sazonais e nível trófico dos peixes, torna-se indispensável para análises de correlação (Hamelink & Spacie, 1977; Ramamoorthy & Moore, 1984).

Sabe-se que os metais de uma forma geral são tóxicos para os peixes provocando alteração da função das brânquias, das atividades hepáticas e intestinais, afetando o comprimento e peso. O músculo e o fígado são tecidos onde estes metais podem se acumular, sendo identificado o primeiro como o tecido de maior interesse no monitoramento de rotina em ecossistemas, visto que são as partes normalmente utilizadas para o consumo humano e o segundo, como o melhor órgão acumulador, resultando em inferências a respeito do grau de contaminação do ambiente (Gbem *et al.*, 2001). Alguns peixes apresentam concentrações de metais no músculo aptas para o consumo humano, porém suas vísceras podem estar com níveis acima do tolerado, podendo causar problemas às indústrias de óleo de fígado e ração animal que utilizam estas vísceras (Förstner & Wittmann, 1981)

A presença de alguns metais-traço no corpo humano é motivo de interesse porque estes são considerados nocivos à saúde. No entanto segundo Esteves (1988), cobre, cobalto, ferro, manganês e zinco são essenciais para os seres vivos, atuando como cofatores em rotas metabólicas de organismos aquáticos, porém indesejáveis e tóxicos quando presentes em altas concentrações. Outros, não essenciais, como o mercúrio, cádmio, chumbo, níquel e estanho, embora sejam considerados naturais do ambiente, ao atingirem concentrações em

níveis acima do normal tornam-se potencialmente letais a uma grande variedade de organismos, assim como os metais essenciais.

A concentração de metais nos peixes é uma função do balanço entre velocidade de absorção e excreção, e pode ser influenciada pelo tamanho do corpo, hábito alimentar, habitat, variação sazonal e afinidade individual para absorção dos metais (Mance, 1990; Jallel-Tariq *et al.*, 1996). Alguns peixes são capazes de excretar uma proporção de metal quase igual do que a absorvida do meio contaminado, e assim, mantêm a concentração no corpo em equilíbrio com o meio, evitando o efeito patológico que ocorre quando a velocidade de absorção excede a detoxificação e excreção (Rand & Petrocelli, 1985). Portanto o fluxo de incorporação e excreção dos metais é diferenciado devido à capacidade de regulação iônica de cada organismo.

Quanto à avaliação de risco toxicológico ao ambiente e à saúde humana, a United States Environmental Protection Agency (USEPA, 1989), órgão ambiental americano, utiliza modelos biológicos e estatísticos resultando numa estimativa numérica ou índice que relaciona a intensidade da poluição aos riscos à saúde humana. No entanto, para utilização deste é necessário conhecer o hábito da população, as vias de exposição, os compartimentos ambientais envolvidos na exposição, as características físicas do local, da biota, bem como fatores ambientais que contribuem ou inibem a toxicidade dos contaminantes (Bidone *et al.*, 2000). Kuno *et al.* (1993) afirmam que uma dieta restrita a uma única espécie de peixe pode apresentar risco

específico à saúde se a concentração do elemento tóxico for alta nesta espécie.

Entretanto, sinergismos podem e devem ocorrer no ambiente a ponto que interações podem alterar a absorção, biotransformação ou excreção de um ou mais metais. Portanto, o indivíduo que ingere um peixe contaminado está exposto, simultaneamente, a diferentes poluentes químicos, pois uma espécie de peixe pode ter vários contaminantes, ou ainda, uma dieta pode conter várias espécies, cada qual com seu poluidor (USEPA, 1995).

Na bacia hidrográfica do Lago Guaíba estão situados os grandes núcleos industriais do Estado do Rio Grande do Sul concentrando 70% da população dos maiores centros urbanos, incluindo a capital Porto Alegre. O Guaíba, portanto, é o grande receptor dos efluentes produzidos na Região Metropolitana e no nordeste do Estado sofrendo com a poluição, principalmente dos dejetos orgânicos de esgotos domésticos das cidades que banha (Brutto, 2001).

Mesmo com poluição, o Lago representa um importante manancial hídrico para a região, tanto no aspecto social como biológico. No primeiro porque além de proporcionar uma área de lazer; serve como a principal fonte de abastecimento de água para mais de um milhão e meio de pessoas. Já com referência ao aspecto biológico, em específico, à fauna de peixes, o Lago Guaíba possui cerca de 56 espécies de peixes residentes (Villamil *et al.*, 1996), isto é, encontradas durante o ano inteiro; além do que recebe sazonalmente espécies migratórias, tais como *Micropogonias furnieri* (corvina), *Netuma barba*

(bagre marinho) e *Mugil platanus* (tainha) que oriundos do Oceano Atlântico, atravessam a Laguna dos Patos e penetram no Lago Guaíba. Outro grupo de espécies sazonais são os de piracema, como *Leporinus obtusidens* (piava), *Schizodon jacuiensis* (voga) e *Prochilodus lineatus* (grumatã) que povoam o Guaíba e o Rio Jacuí apenas em algumas estações do ano, migrando rio acima para a desova (Menegat *et al.*, 1998).

Na região do Delta do Jacuí, Koch *et al.* (2000) citam 78 espécies de peixes. No entanto, estudos que visam avaliar os aspectos ecológicos ou biológicos destas espécies são escassos em comparação com o número de espécies que o ecossistema aquático possui. Villamil *et al.* (1996) estudaram durante o período de um ano, a variação sazonal na abundância (número de indivíduos e biomassa) de sete espécies (*Leporinus obtusidens*, *Pimelodus maculatus*, *Hoplias malabaricus*, *Schizodon jacuiensis*, *Rhamdia sp.*, *Prochilodus lineatus* e *Oligossarcus robustus*); Hartz *et al.* (2000) estudaram a dieta da piava (*Leporinus obtusidens*) no sistema e Koch *et al.* (2000) fizeram algumas descrições sobre a preferência de hábitat de algumas espécies existentes no lago.

O gênero *Leporinus* é o mais diversificado dentro da família Anostomidae com mais de 60 espécies descritas. São peixes de piracema, com período de reprodução entre os meses de outubro e fevereiro. De uma maneira geral, são herbívoros com tendência à onívoros, alimentando-se de larvas de insetos, pequenos moluscos e outros animais que encontram no substrato, além de sementes e

vegetais (Hartz *et al.* 2000). A espécie *Leporinus obtusidens* (Vallenciennes, 1847), popularmente conhecida como piava, segundo Géry (1977), está distribuída pelo sistema hidrográfico do rio da Prata e pelas regiões sul e sudeste do Brasil, até o Estado de São Paulo. No Lago Guaíba, é a espécie que mais contribui para a pesca em termos de biomassa apresentando variações sazonais na sua abundância, com maior captura de indivíduos nos meses de primavera e verão (Villamil *et al.* 1996). Possuem o corpo alongado e fusiforme, apresentam coloração prateada com três manchas pretas nas laterais do corpo e nadadeiras amareladas. Alcançam, em média 40 cm de comprimento e 1,5 kg; sendo que os indivíduos maiores chegam a 80 cm e 6 kg (anexo 3). É uma espécie de fácil comercialização devido ao seu tamanho e sabor, sendo muito apreciada na culinária local e das regiões adjacentes.

Poucos são os trabalhos realizados com o gênero no que diz respeito à sua qualidade para comercialização. Dentre estes se destaca DMAE (1981 e 1983) que realizaram avaliações na água, sedimento e ictiofauna do Lago Guaíba através de metais pesados e outras substâncias tóxicas; Coatagliola *et al.* (2001) que estudaram a qualidade das águas e peixes do rio Baradero/Argentina através de resíduos organoclorados e organofosforados e de metais traços e de colimetria; Terra (2001) que estudou os níveis de metais pesados na musculatura de *Leporinus copelandii* na bacia do rio Imbé e do baixo Paraíba do Sul, Rio de Janeiro; e Möllerke (2002) que avaliou os níveis de concentração de metais (mercúrio e arsênio) e coliformes em *Leporinus obtusidens*

(piava) e *Pimelodus maculatus* (pintado) advindos do Lago Guaíba e arredores/Brasil.

Entretanto, estudos visando determinar a qualidade ambiental e a do pescado (tecidos) pela contaminação de metais pesados são bastante freqüentes tanto no Brasil quanto em outros países (Pfeiffer *et al.*, 1985; Sharif *et al.*, 1993; Fernades *et al.*, 1994; Chevreuil *et al.*, 1995; Adeyeye *et al.*, 1996; Bidone *et al.*, 1997; Jordão *et al.*, 1997; Castilhos *et al.*, 2001; Burger *et al.*, 2002; De Souza Lima *et al.*, 2002; Lewis *et al.*, 2002; Kovckovdova & Simokon, 2002; Bustamante *et al.*, 2003; Canli & Atli, 2003; Farkas *et al.*, 2003; Silvano, 2003; Wagner & Boman, 2003; Watanabe *et al.*, 2003; Yilmaz, 2003; Karadede *et al.*, 2004).

Al-Yousuf *et al.* (2000) analisaram as concentrações de Zn, Cu e Mn em diferentes órgãos de peixes da costa oeste dos Emirados Árabes e obteve uma seqüência decrescente nas concentrações em fígado, pele e músculo, e Villar *et al.* (2001) analisando os níveis de metais em duas espécies de peixes de diferentes comportamentos alimentares no Rio Paraná e o Estuário do Rio da Plata observaram que as concentrações dos metais foram maiores no fígado do que no músculo dos peixes analisados. Malm (1986) ao analisar as concentrações de metais dissolvidos na porção média do Rio Paraíba do Sul, verificou um aumento nas concentrações dos metais estudados nesta porção, quando comparados com áreas não poluídas a montante do rio; Lima (1990) avaliando as concentrações de metais na Estação Ecológica de Jataí verificou variação espacial das concentrações na

lagoa com um aumento no sentido Córrego do Cafundó – rio Mogi-Guaçu. No Rio Grande do Sul, Raya-Rodriguez & Mozeto (1995) avaliando a qualidade de três espécies de peixes (*Loricariichthys anus*, *Chyphocharax voga* e *Oligosarcus* sp.) da Lagoa Emboaba quanto à presença de metais-traço, verificaram diferenças entre a acumulação dos dois tecidos analisados (músculo e fígado) assim como entre as espécies. Também nas lagoas costeiras Albrecht (1996) analisou a concentração de vários metais em três espécies de peixe (*Loricariichthys anus*, *Hoplias malabaricus* e *Platanichthys platana*) das Lagoas Peixoto e Marcelino Ramos, e encontrou diferenças significativas entre os peixes avaliados nas duas lagoas sendo a Marcelino Ramos a mais impactada pela poluição, sugerido pela autora que seja, devido sua proximidade com a cidade de Osório.

Neste contexto, objetiva-se: a) verificar o grau de acumulação sazonal e espacial de cádmio, cobre, cromo e zinco no tecido muscular e hepático de *Leporinus obtusidens* no Lago Guaíba; b) verificar correlações entre os níveis de metais e o tamanho dos peixes amostrados e o fator de condição dos indivíduos e c) avaliar o risco da contaminação por estes metais-traço para a população humana pelo consumo desta espécie.

ÁREA DE ESTUDO

Porto Alegre (29°55' e 30°24'S 51°01' e 51°20'W) localiza-se numa zona de transição climática em que massas de ar tropical marítimo (mais freqüentes no verão) alternam-se com massas de ar polar marítimos (mais freqüentes no inverno). O clima de acordo com o sistema de classificação de Köppen é Cfa, ou seja, clima subtropical úmido por registrar valores de temperatura média do mês mais quente superiores a 22°C e apresentar chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Menegat *et al.* 1998).

O complexo hidrológico formado pelo Delta do rio Jacuí, pelo Lago Guaíba e Lagoa dos Patos constitui-se num dos grandes reservatórios de água do Estado. O Lago Guaíba possui 470 km² de superfície, tem uma profundidade média de 2 m e encontra-se a 4 m acima do nível do mar. Com cerca de 50 km de comprimento, estende-se desde o Delta do Jacuí, ao Norte, até a Ponta de Itapuã, ao sul, onde apresenta a profundidade máxima de 31 m. Possui uma largura variando entre 0,9 e 19 km. Enquanto que a margem leste, onde se situa Porto Alegre, é formada por pontas de morros graníticos residuais, a margem oeste é formada por pontas de areia. Suas águas doces e moles acumulam um volume de 1,5 bilhões de metros cúbicos e seu nível depende das flutuações do nível da água da Lagoa dos Patos, da direção e intensidade dos ventos predominantes na região e da intensidade das chuvas nas cabeceiras dos rios que o formam. O regime de escoamento das águas é bidimensional, isto é, pode dar-se

tanto no sentido longitudinal do seu canal quanto no transversal (Menegat *et al.* 1998).

Os rios das bacias hidrográficas do Caí, Sinos e Gravataí desembocam diretamente no Lago Guaíba e, junto com o Jacuí contribuem com uma vazão média de 38.000 m³/s (84,6% do volume é atribuído ao rio Jacuí, 7,5% ao rio dos Sinos, 5,2% ao rio Caí e 2,7% ao Gravataí) (Figura 1). Além destes, o Guaíba recebe as águas de pequenos arroios; na margem esquerda o Arroio Dilúvio, o Cavalhada, o Capivara, o Salso, o Arado Velho e o Lami; na margem direita, o Arroio do Conde, o Celupa, o Passo Fundo, o Petim, o Ribeiro e o Araçá (DMAE, 1981).

O uso da água na bacia está intimamente relacionado com a ocupação do solo, que apresenta diferenças significativas entre as margens direita e esquerda. Nas ocupações urbanas, particularmente na margem esquerda, o uso para abastecimento público e diluição de efluentes domésticos e aqueles provenientes da disposição de resíduos sólidos é mais intenso. Já nas áreas onde há o predomínio de atividades agrícolas e de criação de animais (margem direita), os usos para a irrigação são os de maior relevância, assim como os impactos decorrentes dessa atividade, como a da aplicação de agrotóxicos e fertilizantes (Comitê Guaíba, 2000).

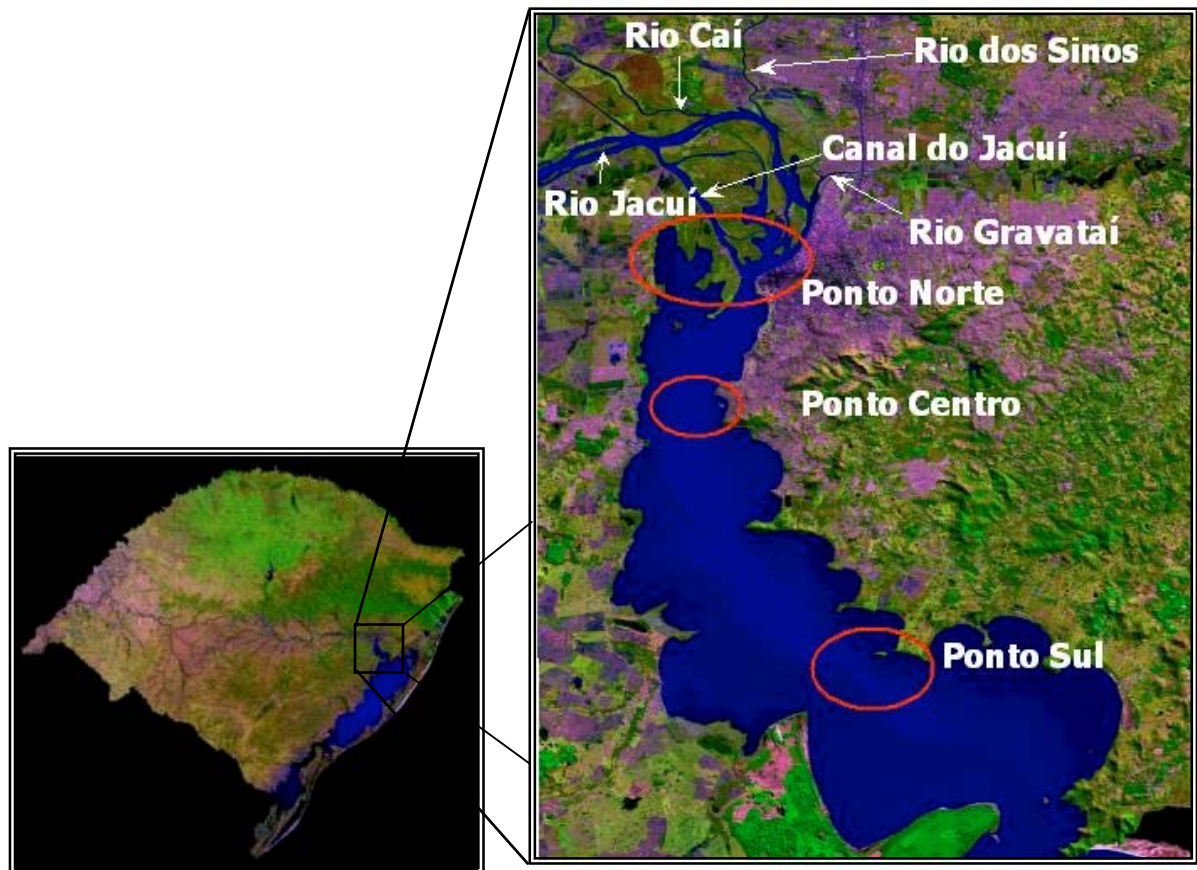


Figura 1. Imagem de satélite de LANDSAT do Estado do Rio Grande do Sul. No detalhe o Lago Guaíba, seus rios constituintes e as três zonas de captura de *Leporinus obtusidens*, Porto Alegre, RS, durante o ano de 2003.

MATERIAL & MÉTODOS

O Lago Guaíba foi escolhido por ser um grande manancial e bastante utilizado para a pesca artesanal por populações ribeirinhas; podendo expor os pescadores e os consumidores do pescado a riscos por falta de conhecimento das condições de qualidade do pescado advindo do Lago.

A escolha dos quatro metais analisados (cádmio, cobre, cromo e zinco) foi feita após uma coleta preliminar, levando-se em conta que estes foram os metais que apresentaram as maiores concentrações naquele momento. Além disso, levou-se em conta suas prováveis fontes: cádmio pelas indústrias existentes no entorno do lago; cromo, pela grande quantidade de curtumes situados na região do Rio dos Sinos; cobre, advindo dos tratamentos de água feito pelo Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Porto Alegre (DMAE) e zinco pelo sua abundância natural no sedimento do Lago.

A Coleta e Análise dos Peixes

Os 54 exemplares de *Leporinus obtusidens* foram coletados ao longo do ano de 2003 em três pontos pré-determinados. Esses pontos foram escolhidos devido a sua área de impacto: Ponto Norte sob maior influência dos rios Jacuí, Sinos, Caí e Gravataí; Ponto Centro encontrar-se próximo da cidade de Porto Alegre e Ponto Sul situado mais próximo da Lagoa dos Patos. Os indivíduos foram capturados utilizando-se como material de pesca as redes de espera que ficavam

em água aproximadamente 24 horas, posteriormente havia armazenamento sob refrigeração até o momento da análise.

Em laboratório, cada indivíduo era medido (mm), pesado (g), sexado e dissecado (anexos 4,5 e 6). O procedimento de dissecação foi conduzido conforme FAO (1976 apud Fernandes *et al.*,1994), iniciando com a extração do fígado e depois com uma amostra de aproximadamente 20g de musculatura lateral do corpo. Após dissecação, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Absorção Atômica do Centro de Ecologia (CENECO) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). As amostras de músculo foram novamente pesadas numa balança de precisão para calcular a porcentagem de umidade perdida de cada amostra. Posteriormente, todas as amostras foram colocadas em estufa a 60°C até a secagem completa. Conforme Allen (1989) as digestões das amostras foram feitas utilizando ácido nítrico e cápsula de teflon, as quais eram colocadas em um digestor de microondas (CEM MDS 2000); seguidas de filtração, avolumação e transferência para frascos de polietileno e acondicionamento sob refrigeração até o momento da leitura.

A leitura dos metais foi realizada através de espectrofotometria de absorção atômica (AAS). Conforme a sensibilidade de cada elemento foram utilizados forno de grafite (GFAAS) Perkin Elmer SIMAA 6000 para cádmio, cobre e cromo e chama ar-acetileno (FAAS) Perkin Elmer 3300 para zinco. O mínimo detectável pelo método de análise para cada metal foi para cádmio (Cd= 0,017µg/g); cromo (Cr= 0,017µg/g); cobre (Cu= 0,083µg/g) e zinco (Zn= 0,833µg/g).

Exatidão Relativa e Precisão

A fim de estimar a precisão da metodologia analítica empregada, as amostras foram examinadas em duplicata. Ressalta-se que todo o material empregado foi deixado de molho em ácido nítrico 20% por 48 horas e após foi lavado em água corrente e água tridestilada para evitar possíveis contaminações.

A cada 5 (cinco) amostras uma prova em branco foi realizada com o mesmo procedimento da digestão, porém sem a presença de amostra, a fim de verificar possíveis erros analíticos devido à contaminação por manipulação.

Os aparelhos foram calibrados com a curva padrão para cada metal. Os ajustes para a quantificação dos metais seguem as determinações e metodologias recomendadas pelo fabricante do equipamento, pois para cada elemento variam as condições de operação do aparelho, limite de detecção, sensibilidade e forma de atomização. A sensibilidade de cada metal é determinada através do “sensitivity check”, que se constitui numa forma de determinar a exatidão relativa para as análises químicas.

A seguir é apresentado um artigo segundo as normas da Revista “The Science of Total Environment” onde constam os resultados obtidos neste estudo. Para facilitar a compreensão e a visibilidade do artigo, as tabelas e as figuras foram inseridas dentro do texto (a revista não permite tal recurso).

ARTIGO

EVALUATION OF TRACE METALS (CADMIUM, CHROMIUM, COPPER AND ZINC) IN TISSUES OF A COMMERCIALY IMPORTANT FISH (*Leporinus obtusidens*) FROM GUAIBA LAKE, BRAZIL.

S. Carvalho & S.M. Hartz

Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul 9500-BI. IV, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. (silencarvalho@yahoo.com.br)

ABSTRACT

Cities like Porto Alegre, which have a great water area, usually have problems with heavy metal contamination from industrial and domestic sewage. Fish accumulate some metals in high levels and when used as food, these can become a serious health problem for humans. *Leporinus obtusidens*, locally named 'piava', is a commercially important fish used by local population in the Porto Alegre area. During 2003, fish were sampled from three sites along the Guaiba Lake. Metal (Zn, Cu, Cr, and Cd) concentrations were measured in the muscle and liver tissues of 54 individuals. In study, were tested the hypotheses that there are locational and seasonal differences in contamination levels that correlations between the trace metal load of fish and their weight or size exist and that sex influences accumulation of those metals, and to evaluate possible risk of fish consumption for human health. The results showed that there were differences in the metals accumulation between tissues of males and females, with males accumulating more in muscle than liver and females more in liver than in muscle. Differences in metal concentration existed between sizes and metal load was greater in

fishes captured in summer than in winter. The fish sampled did not provide risk for human health.

Keywords: Trace metals, *Leporinus obtusidens*, Environmental contamination, Guaiba Lake, Southern Brazil.

INTRODUCTION

Lakes are economically and ecologically important for adjacent cities because of the intensive recreational and fishing activities possible there. However, they also may present high levels of contamination by agricultural, urban and industrial pollutants. The discharge of potentially toxic trace metals has become a global problem. The input of heavy metals into the aquatic food chain frequently occurs by direct consumption of water or already contaminated biota. Another potential way is the uptake by absorbing epithelia (i.e., the gills in the case of fish), considered as a nondietary route of input of metals (Brezonik *et al.*, 1991). Metals like copper, zinc and iron, in small amounts, are essential for metabolic processes and are being assimilated by the organisms, although other ones, such as mercury, cadmium and lead have unknown role in biological systems (Canli and Atli).

Environmental assessments have been conducted for water, organisms or sediments. Each of these components provide partial image of the metals occurrence within the complete system. However, according to Marcovecchio and Moreno (1993) the advantage of studying organisms is that results reflect the bioavailability of the pollutants in the system, and consequently could help to mark the real degree of pollution in the environment assessed.

Because of their ecological characteristics (length of life, type of diet, distribution in the biotope) and their economic interest, fish are

widely used as biological monitor variable in detecting environmental levels of anthropogenic pollutants (Bryan and Langston, 1992; Canli and Furness, 1993; Kalay and Canli, 2000). Besides, fish are located at the end of the aquatic food chain and may accumulate metals and pass them to human beings through food causing chronic or acute diseases (Förstner and Wittmann, 1981; Khan and Weis, 1993; Adeyeye *et al.*, 1996).

Knowledge of heavy metal concentrations in commercial fish is important in respect to nature management as well as in order to evaluate the possible risk of fish consumption for human health. Liver and muscle are the usually used target tissues for analysis of metal concentrations. Studies carried out with different fish species have shown that heavy metals accumulated mainly in metabolic organs such as the liver where metals are stored for detoxication by producing metallothioneins (Carpene and Vasak, 1989; Kargin and Erden, 1991; Hogstrand and Howx, 1991). Although muscle is not an active tissue in accumulating heavy metals, except mercury/MeHg (Unlu *et al.*, 1996; Roméo *et al.*, 1999; Sunlu *et al.*, 2001), the study of potential metal accumulation in this part of the fish can be justified by it being the edible part of the fish for humans.

Porto Alegre City includes a great water area and although there have been conducted monitoring studies of the water quality in Guaiba Lake (DMAE, 2003), metal concentrations in the fish fauna of the Guaiba Lake remains very few up to date (DMAE, 1981; DMAE, 1983; Möllerke *et al.*, 2002). The choice of *Leporinus obtusidens* for study were

influenced by importance fish specie for fishing in region; it is abundant throughout the aquatic system; it is not at top of the food chain; the specie feed from mollusks bivalve (*Limnoperna fortunei*) were the metal tend to accumulate more.

Thus, the purpose of this work is to evaluate cadmium, chromium, copper and zinc levels in muscle and liver tissue of *Leporinus obtusidens* from Guaíba Lake and to investigate the relationship between size of the fish (length and weight), condition factor, sex, season and location of capture. Furthermore, it was tried to calculate the non-carcinogenic risk by consumption of contaminated fish for a hypothetical population.

MATERIAL AND METHODS

Guaíba Lake is located in Porto Alegre City, Rio Grande do Sul State, southern Brazil. It belongs to Guaíba basin constituted as well by Jacuí, Sinos, Caí and Gravataí rivers. The lake area is around 470 km², with 50 km in length and width between 0.9 and 19 km. The average depth is 2 m, reaching around 12 m in navigation canal (Menegat *et al.*, 1998).

Fishes (n=54) were collected during the year 2003 at three different locations at Guaíba Lake: North Point, Center Point (in front Porto Alegre City) and South Point.

Collected fish were immediately frozen and stored at -5°C in a freezer until dissection. During dissection in the laboratory, fish were

weighed and their length (standard and total) were measured; for each fish, a portion of 20g of both muscle fillets and liver were removed.

Tissues were placed into an oven with 60°C to dry at. After the tissues had reached constant weights in the oven, they were digested with 2 ml HNO₃ (65% Suprapur) in Teflon bombs placed into a microwave digestion system (CEM-MDS 2000). After cooling, they were transferred into a 50 ml volumetric flask and rinsed with triple distilled water. For each five samples being analyzed, one analytical blank was prepared in the same manner without tissue samples as a control to check the possible contamination of the five samples. Cadmium (Cd), chromium (Cr) and copper (Cu) concentrations were measured using a simultaneous multielement atomic absorption spectrometer (GFAAS), SIMAA 6000 Perkin Elmer, and zinc (Zn) concentrations were measured using a flame absorption spectrophotometer Perkin Elmer, model 3300. The results were expressed in micrograms of metal per dry weight gram of fish (µg/g). These heavy metals were chosen because they obtained the highest concentrations after a “pilot study” in the Guaiba Lake.

The data were expressed as mean ± standard deviation (SD) and treated separately and applied for sex (two), each season (four) and by station of sampling (three) and were submitted to multivariate exploratory analysis by ordination and variance analysis with randomization testing (Pillar and Orlóci, 1996; Legendre and Legendre, 1998; Podani, 2000). Pearson correlation test was used to check for significant relationships between heavy metal concentrations and

individual length/weight and differences between location and season of capture (Zar, 1984).

For the study of the effect of condition on the heavy metal load of *L. obtusidens*, the individual condition factor of fish samples was determined with the Fulton's Condition factor: $K = 100 (W / L^3)$; where W and L are the recorded net weight and total length of a fish, respectively (Bagenal *et al.*, 1978).

To determine the risks for humans associated to consumption of fish, muscle concentrations of the metals in muscle tissues ($\mu\text{g/g}$ wet weight) were compared with the maximum permissible concentrations (MPC) as permitted by the Brazilian Ministry of Health (1977). Further, the margin of exposure, MOE, was calculated in order to evaluate species-specific risk from consumption of fish contaminated with individual compounds (Watanabe *et al.*, 2003):

$$MOE = \frac{MCC \times CR}{BW \times RfD}$$

where MCC is the species-specific average chemical concentration (mg/g), CR is the consumption rate assumed to be 0.05 kg/day , BW is the human body weight assumed to be 70 kg and RfD is the reference dose for the specific compound in mg/kg/day . An MOE greater than 1 indicates exposure to a dose greater than the safe daily dose for chronic non-carcinogenic effects. The reference doses factors adopted by United States Environmental Protection Agency and used in this study were:

cadmium ($Cd= 1.0 \times 10^{-3}$), chromium ($Cr= 5.0 \times 10^{-3}$), zinc ($Zn= 2.0 \times 10^{-1}$); for copper, there is no information (Fernandes *et al.*, 1994).

RESULTS

Table 1 shows numbers of females and males sampled, and their length and weight ranges. The size distribution shows no differences among females and males during sampled period ($p \leq 0,05$).

Table 1. Standard length ranges (L); weight ranges (W) and number (N) of females and males of *Leporinus obtusidens* from Guaíba Lake, Porto Alegre, Brazil, captured during 2003.

Sex	N	L (mm)	W (g)
Females	35	282 - 433	483.94 – 1,769.89
Males	19	280 - 352	492.97 – 1,190.27

Metal concentrations found in the tissues of *L. obtusidens* varied considerably, mean concentrations of all metals in muscle of fishes were lower than those found in the livers (Table 2).

There was a significant correlation between size/weight and metal levels for copper ($r=0.49$; $p=0.001$) and chromium ($r=0.34$; $p=0.014$) in liver, however concentration of cadmium and zinc appeared to be independent from body size/weight. In muscle, no clear relationship between size fish and metals content was observed. Significant negative correlation were found between condition factor and zinc_{liver} ($r= -0.57$; $p=0.001$) and copper_{muscle} ($r= -0.41$; $p=0.002$) load. Copper in muscle was significantly correlated with zinc in muscle ($r=0.78$; $p=0.001$) and cadmium in liver ($r=0.75$; $p=0.001$), which were also correlated between them ($r=0.81$; $p=0.001$).

Table 2. Concentrations (μg metal/g dry weight) of metals in tissues of the *Leporinus obtusidens* caught the Guaíba Lake, Porto Alegre, Brazil, during 2003.

Tissue	Cadmium	Chromium	Copper	Zinc
Liver	1.46 \pm 2.06	0.06 \pm 0.05	28.52 \pm 16.58	94.37 \pm 24.12
Muscle	0.07 \pm 0.49	0.009 \pm 0.02	0.97 \pm 0.69	26.98 \pm 30.54

Data are expressed as mean \pm SD

Significant differences in metal concentrations were found between sampling locations ($p=0.008$; attached 1). In North Point, the highest mean concentrations of copper and zinc were found in liver (36.0 ± 21.7 and $102.0 \pm 27.4 \mu\text{g.g}^{-1}$, respectively), while the greatest concentrations in muscle were found in fish from Center Point (Cu= 1.20 ± 0.9 and Zn= $42.4 \pm 46.2 \mu\text{g.g}^{-1}$). Samples from Center Point had the highest degree of accumulation of cadmium in liver ($2.2 \pm 3.2 \mu\text{g.g}^{-1}$). However, cadmium and chromium concentrations in muscle did not vary (Figure 2).

Significant seasonal variations in the heavy metal levels in fish were detected for cadmium, copper and zinc in muscle and liver tissues ($p=0.001$; attached 2). The greatest mean concentrations metals occurred in summer (Cu_{muscle} = $1.7 \pm 1.0 \mu\text{g.g}^{-1}$; Cd_{muscle} = $0.3 \pm 1.0 \mu\text{g.g}^{-1}$; Cd_{liver} = $3.12 \pm 3.6 \mu\text{g.g}^{-1}$; Zn_{muscle} = $56.9 \pm 49.4 \mu\text{g.g}^{-1}$; Zn_{liver} = $103.2 \pm 20.5 \mu\text{g.g}^{-1}$). Only copper in liver showed its highest mean concentration ($34.2 \pm 20.5 \mu\text{g.g}^{-1}$) in winter (Figure 3).

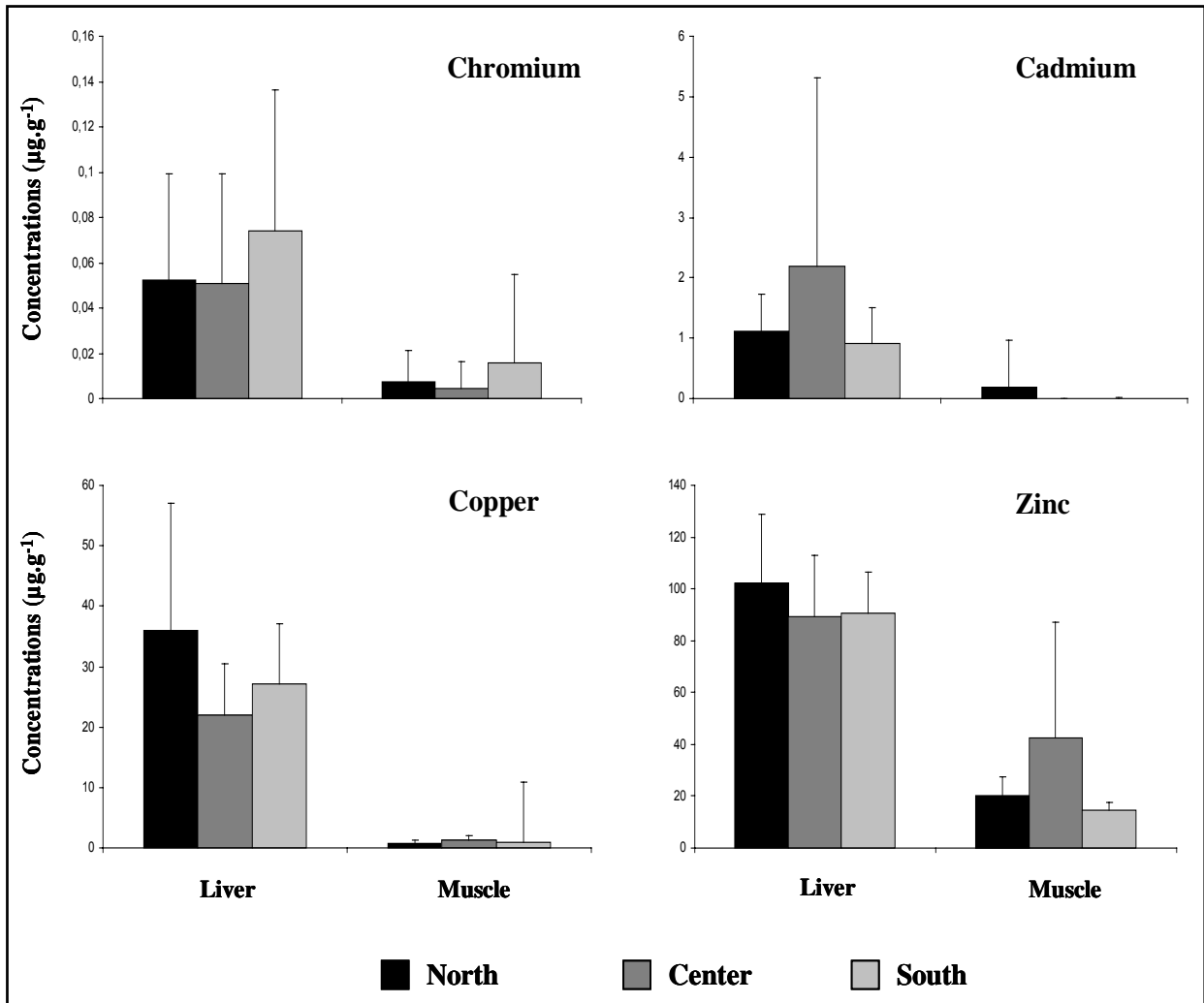


Figure 2. Metal concentrations in liver and muscle of *Leporinus obtusidens* from three selected sampling sites, Guaiba Lake, Porto Alegre, Brazil, during 2003. Data are given as mean \pm SD. North = 14 individuals; Center and South = 20 individuals for each sampling site.

Significant differences in metal accumulation were found between females and males ($p=0.002$). Females showed relatively higher concentrations in liver, while males had relatively higher concentrations in muscle. Cadmium and chromium concentrations in muscle did not differ between sexes, while in liver cadmium concentrations were greater in males (Figure 4 and 5; Table 3). In liver of female and male fish the average concentration of the tested elements follows the sequence

Zn>Cu>Cd>Cr, while in muscle the distribution follows the order Zn>Cu>Cd=Cr, respectively.

In the assessment of risk by fish consumption for human health, the mean concentrations (wet weight) found were very low when compared to maximum permitted concentrations and margin exposure (Table 4).

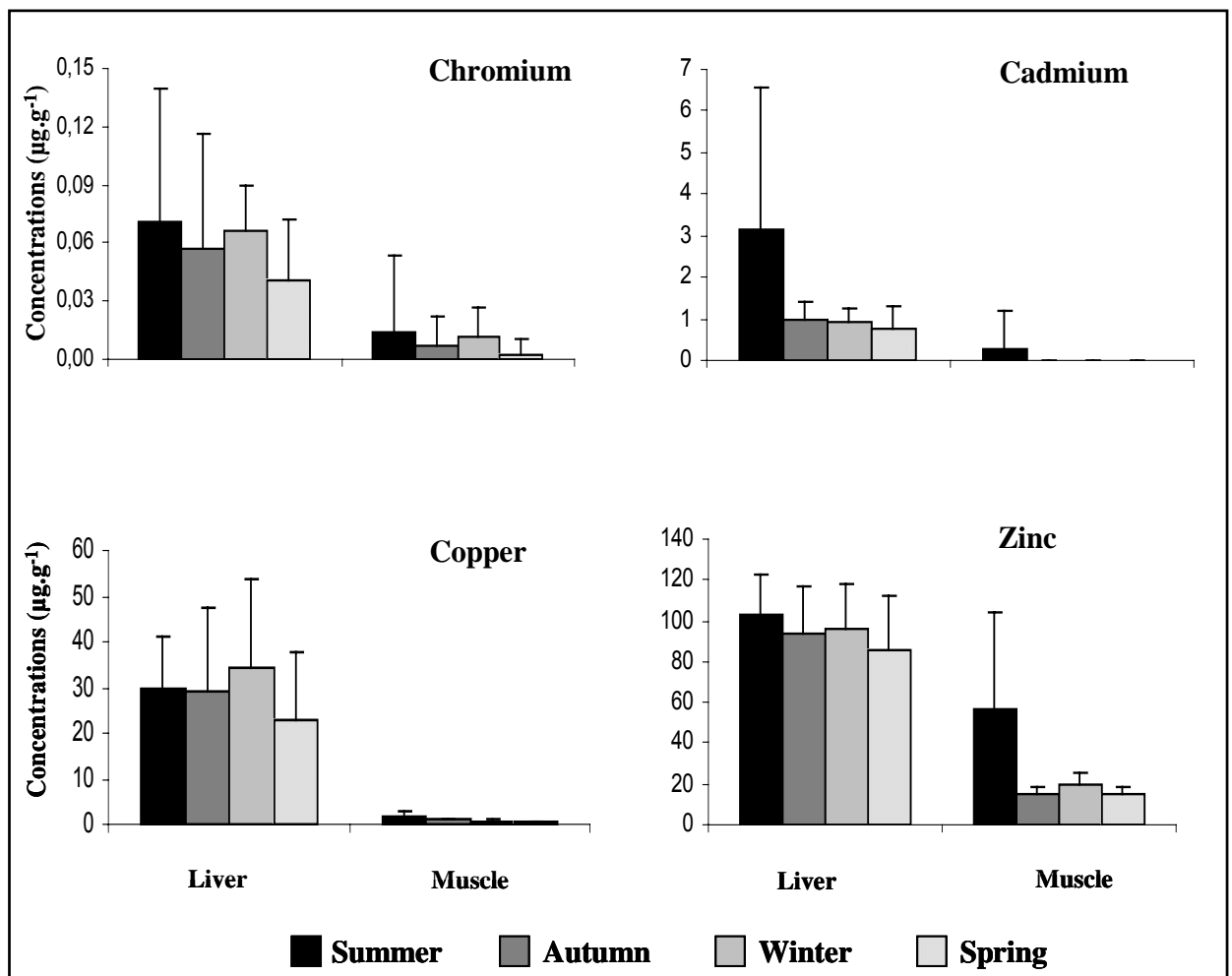


Figure 3. Metal concentrations in liver and muscle of *Leporinus obtusidens* caught in different seasons sampled from Guaiba Lake, Porto Alegre, Brazil, during 2003. Data are given by mean \pm SD. Summer = 14 individuals; Autumn and Spring = 15 individuals for each season; Winter = 10 individuals.

The figure 6 shows the results obtained from multivariate exploratory analysis. Ordination diagram exhibits the distribution of the unit samples and only the variables that obtained $r \geq 0.5$. The axes are not stable ($p > 0.1$); however the results have significant information biological. The ordination suggests a very clear group formed for males in summer from center point.

Table 3. Concentrations (μg metal/g dry weight) of metals in the tissues of females and males *Leporinus obtusidens* caught the Guaíba Lake, Porto Alegre, Brazil, during 2003.

Tissue	Sex	Cadmium	Chromium	Copper	Zinc
Liver	F	1.12 \pm 1.09	0.06 \pm 0.06	30.82 \pm 19.21	97.77 \pm 25.47
	M	2.08 \pm 3.10	0.06 \pm 0.05	24.27 \pm 9.11	88.13 \pm 20.61
Muscle	F	0.1 \pm 0.6	0.01 \pm 0.03	0.96 \pm 0.6	20.84 \pm 17.34
	M	0.003 \pm 0.02	0.004 \pm 0.01	1.0 \pm 0.84	38.28 \pm 44.39

Data are expressed as mean \pm SD.

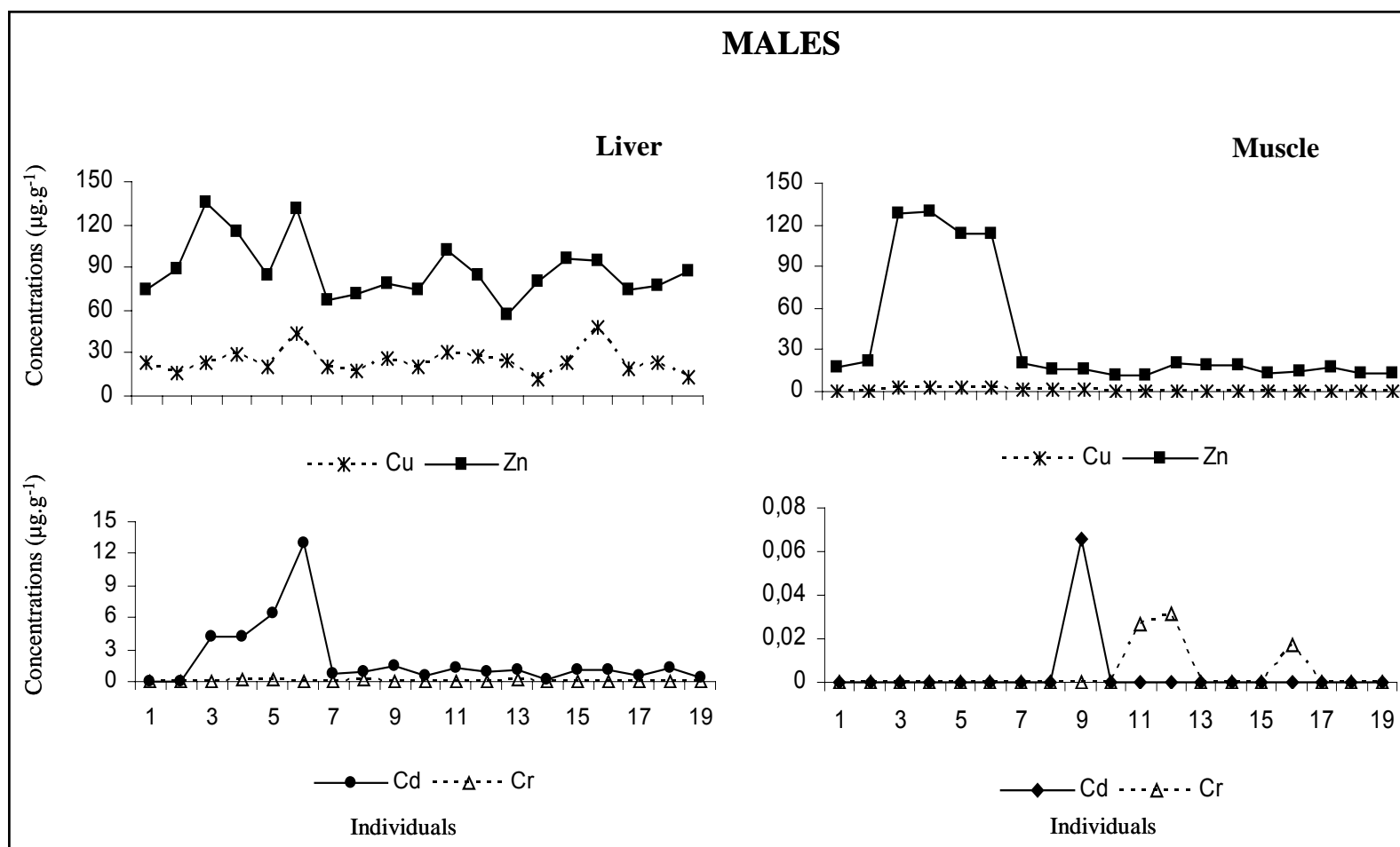


Figure 4. Metal concentrations in liver and muscle from males of *Leporinus obtusidens* caught Guaíba Lake, Porto Alegre, Brazil, during 2003. Legend: Cu- copper; Zn- zinc; Cd- cadmium and Cr- chromium.

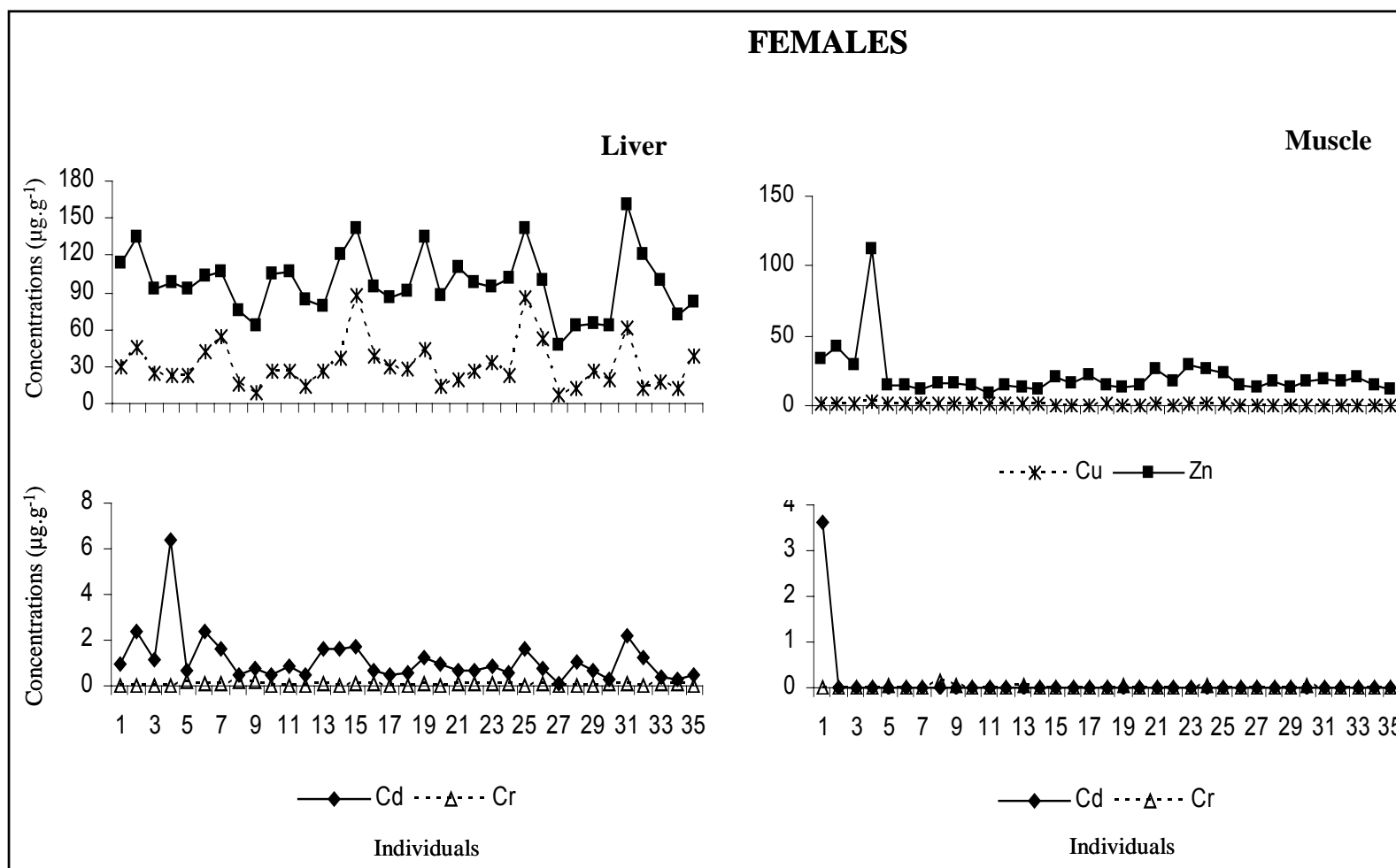


Figure 5: Metal concentrations in liver and muscle from females of *Leporinus obtusidens* caught Guaíba Lake, Porto Alegre, Brazil, during 2003. Legend: Cu – copper; Zn – zinc; Cd – cadmium and Cr- chromium.

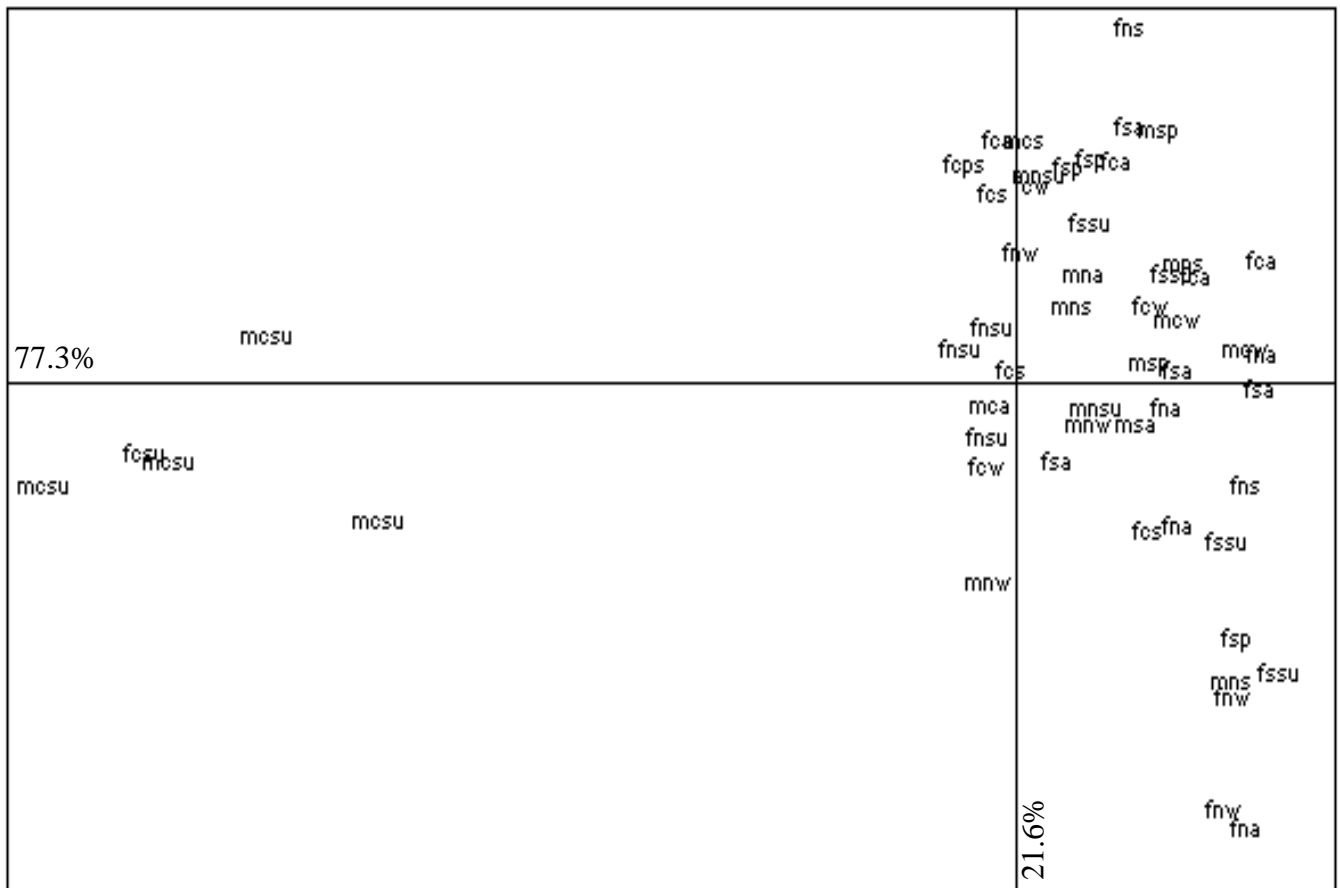


Figure 6. Ordination diagram of unit samples (54 individuals). The methods employed were principal coordinate with chord distance between unit samples. The samples are identified for sex, local and season captured, where f= females, m= males, n= north, c= center, s= south, su= summer, a= autumn, w= winter and s= spring. Variables show correlation coefficient $r \geq |0.5|$ with axes 1 are represented for ZnM= zinc concentrations in muscle, CuM= copper concentrations in muscle and CdL= cadmium concentrations in liver. Variables show correlation coefficient $r \geq |0.5|$ with axes 2 are represented for ZnL= zinc concentrations in liver and CuL= copper concentrations in liver.

Table 4. Concentrations of metals (μg metal/g wet weight.), maximum permissible concentrations (MPC) (μg metal/g wet weight.) and margin exposure (MOE) in muscle of the *Leporinus obtusidens* caught the Guaíba Lake, Porto Alegre, Brazil, during 2003.

Metal	Concentrations	MPC	MOE
Cadmium	0.008 ± 0.02	1.0	0.03
Chromium	0.04 ± 0.3	0.1	0.001
Copper	$0.6 \pm 0,4$	30.0	-
Zinc	16.0 ± 17.6	100.0	0.06

Data are expressed as mean \pm SD.

DISCUSSION

Levels of the essential metals (Cu, Zn) in the fish sampled were higher than those of the non-essential metals (Cd, Cr). Among the four metal studied, zinc showed the highest level of accumulation in fish tissue. A similar situation has been observed in others studies (Tüzen, 2003; Cid *et al.*, 2001).

Zinc, iron and some other essential elements usually do not increase in concentration with age or size because they are under physiological control (Evans *et al.*, 1993; Andres *et al.*, 2000). However, the increase in copper content with increasing of piavas is likely to be due to the fact that this metal can be bioaccumulated by some fish species without any toxic effect (Sternlieb, 1980). Others studies also have demonstrated a positive relationship between copper concentration and body size (Farkas *et al.*, 2003; Linde *et al.*, 1998; Mastala *et al.*, 1992). Thus, a positive correlation between body weight

and contaminant load would indicate that risk of contamination of humans by Cu and Cr could be reduced by consuming smaller fish; however the lack of correlation for cadmium and zinc indicates that this strategy would not work for all metals. However, this lack of correlation between cadmium and zinc load and size/weight of the fish body could be explained by only small differences in the sizes of the fish sampled.

The fact should be account is that body length is not necessarily an indication of the age of the fish, so that a larger body length does not indicate a longer duration of exposure. However, metabolic turnover has been correlated with size as indicated by body length. Correlation of metal concentration to body length, weight and age, obtained by Honda *et al.* (1983), indicated that the metabolic turnover (correlated with size) is more important than age or exposure time in determining the levels of Fe, Mn, Zn and Cu, and that the age or exposure time is a dominant factor for the accumulation of Pb, Ni, Cd and Hg in animals.

In fish, condition factor (K) reflects, through its variations, information on the physiological state of the fish in relation to its welfare (Lizama and Ambrósio, 2002). The negative relationship between the heavy metal concentration (copper and zinc) of tissues and the condition factor of fish suggests a certain internal regulation fish in relation at metals or a relative dilution of micropollutants accumulated in the organs with a high lipid content of tissues fish. This assumption is also being supported by the fact that lipid content in percent of body weight is usually lower in younger fish (Farkas *et al.*, 2000; 2003).

With regard to the two organs considered, all metals concentrations were higher in the liver tissue than muscle. Numerous studies have shown that the concentrations of copper, cadmium and zinc usually are elevated in teleost liver compared to muscle tissue (Hellou *et al.*, 1992; Swales, 1998; Gbem *et al.*, 2001; Moiseenko and Kudryavtseva, 2001; Canli and Atli, 2003). Despite antagonistic biochemical roles all three metals are capable of inducing the synthesis of metal binding proteins such as metallothioneins (MT) in hepatic tissue. For MT, the *in vitro* affinity decreases in the hierarchical sequence Hg^{+2} , Ag^+ , Cu^+ , Cd^{+2} , Zn^{+2} . The low concentrations of metals in the muscles of the examined fish species may reflect the low levels of these binding proteins in the muscle tissue (Allen-Gil and Martynov, 1995).

In this study, copper concentrations in piava liver were higher in North Point than Center and South Point; but were comparatively low with respect to the range of $2\text{--}203\mu\text{g.g}^{-1}$ dry wt. found in the literature for fish (Carpene and Vasak, 1989; Allen-Gil and Martynov, 1995; Roméo *et al.*, 1999; Hellou *et al.*, 1996; Al-Yousuf *et al.*, 2000; Kovckovdova and Simokon, 2002; Farkas *et al.*, 2003; Canli and Atli, 2003). Cadmium concentrations in piava liver were greater in Center Point; however these values were noticeably low compared to cadmium concentrations in the liver of freshwater fish ranging from 0.3 to $23\mu\text{g.g}^{-1}$ dry wt. reported by other authors for both unpolluted and polluted areas (Sprenger *et al.*, 1988; Heiny and Tate, 1997; Swales *et al.*, 1998; Roméo *et al.*, 1999). As for chromium concentrations, generally,

there is only little evidence of accumulation in fish (Phillips, 1977; Jordão *et al.*, 1996). Zinc concentrations in liver tissue were higher in North Point, but they are according to range of 13-204 $\mu\text{g.g}^{-1}$ dry wt. found in others studies (Bustamante *et al.*, 2003; Kargin, 1998; Szefer *et al.*, 2003 Wagner and Boman, 2003). In muscle, the highest copper and zinc concentrations were found in fish collected in Center Point, that seem suffering for nearness Porto Alegre City, where have any amount of sewage discharges.

Differences between seasons also were found by Zayed *et al.* (1994). They found metal content in fish higher in summer than in autumn and attributed this to the higher respiratory rate of fish in summer: high flux of water throw the gills in summer due to the low dissolved oxygen content in the water and to their higher feeding rate on plants and grasses during the summer. This may also be the case in Guaiba Lake, but no study on this exists. Another explanation can be that due to more rain occurring in winter, water input and thus outflow of the Guaiba would be bigger than in other season and consequently the metals load would be more diluted in water.

Metal accumulations in tissues of fish were affected by the sex. Others studies have shown a similar result (Al-Yousuf *et al.*, 2000; Terra, 2001). The nature of hormones and the available number of active sites in the protein and cytochrome P-450 in female and male fish may account for this behavior (Jargensen and Pedersen, 1994), indicating the differences in metabolic activities of the two sexes.

One overall objective of this study was to determine whether the metal concentrations in muscle indicate cause for concern with respect to potential health hazards to the fish themselves or to other organisms that consume them, specifically humans, based on levels known to have detrimental effects.

In fish, cadmium can cause very adverse effects because this metal blocks sulfhydryl groups in enzymes and competes for binding sites that are essential for normal enzyme functioning (Allen, 1994). Handy (1993) found that cadmium levels of 0.07 to $0.34\mu\text{g.g}^{-1}$ (wet weight) in muscle caused death in fish; so presumably, sublethal effects occur at lower levels. In this study, were found mean concentrations of $0.04\mu\text{g.g}^{-1}$ (wet weight) suggesting that the fish in the studied area are not at risk or sublethal effects might occur. Chromium is essential for animals, being involved in glucose metabolism (Alloway, 1993), but may accumulate in specific organs. Chromium may occur in different oxidation stages that differ widely in toxicity (Eisler, 1986; Burger *et al.*, 2002). Dietary levels of 5.0 to $10\mu\text{g.g}^{-1}$ are considered detrimental to fish and wildlife (Eisler, 1986). Jordão *et al.*, 1997 found chromium concentrations in muscle tissue ranging from 0.2 to $3.5\mu\text{g.g}^{-1}$ (wet weight), which means that all samples were contaminated. Fish from the non-industrialized area of the Jacarepaguá lagoons in Brazil showed a low average value of $0.08\mu\text{g.g}^{-1}$ (wet weight) and the mean level found in *L. obtusidens* in the study from the Guaiba were $0.008\mu\text{g.g}^{-1}$ (wet weight), i.e. well below this values and limits set by Brazilian law ($0.1\mu\text{g.g}^{-1}$ wet weight).

Copper is essential for animals and plants, as it is important for enzyme formation and participates in respiratory processes, with accumulation levels varying widely among aquatic organisms. Variation in copper concentration is being related to levels of tolerance and toxicity symptom outbreaks, depending on species and period of passive accumulation. This metal accumulates by several means, depending on environmental conditions and habits of the species. Phytoplankton is the most likely biota compartment for copper concentration, along with sediments, due to the great capacity of copper for precipitation (De Souza Lima *et al.*, 2002). Therefore, the high concentrations of copper (and zinc) found in piava could be due to the omnivorous habits of this fish that nowadays almost exclusively consumes mollusks *Limnoperna fortunei*. This bivalve itself shows association to large amount in sediment and vegetation of the Guaiba. *Limnoperna fortunei* is an invasive bivalve from South East Asia which was first reported in Argentina in 1981 (Ituarte, 1981) and 1991 (Pastorino *et al.*, 1993), respectively, and had undergone a remarkable territorial expansion since then. Arriving in the Guaiba basin in 1998, it has managed to become a large component of the macroinvertebrate assemblages of the basin (Mansur *et al.*, 1999).

As well as copper, zinc is an essential element for the physiology of organisms. However, poisoning to humans can occur and in fish it can obstruct the interlamellae spaces, blocking breathing movement (Rocha *et al.*, 1985), as well as delay growth and maturation (De Souza Lima *et al.*, 2002).

However, all metal concentrations found in muscle tissue were down and not offer danger by human populations for *Leporinus obtusidens* fish consumption.

Thus, besides the Guaíba lake has been suffer with discharges from human activities, the results for this study indicated that the fishes until showed a quality both commercially and ecological approach.

REFERENCES

- Adeyeye ET, Akingugha NJ, Fesobi ME, Tenabe VO. Determination of some metals in *Clarias gariepinus* (Cuvier and Valenciennes), *Cyprinus-Carpio* (L) and *Oreochromis-Niloticus* (L) fishes in a polyculture fresh water pond and their environments. *Aquaculture* 1996;147(34):205-214.
- Allen P. Mercury accumulation profiles and their modification by interaction with cadmium and lead in the soft tissues of the cichlid *Oreochromis aureus* during chronic exposure. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 1994;53: 684-692.
- Allen-Gil SM, Martynov VG. Heavy metal burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River, Northern Russia. *The Science of the Total Environment* 1995;160/161:653-659.
- Alloway BJ. Heavy metals in soils. Great Britain: Blackie Academic, 1993: 339.
- Al-Yousuf MH, El-Shahawi MS, Al-Ghais SM. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *The Science of the Total Environment* 2000;256:87-94.
- Andres S, Ribeyre F, Tourencq JN, Boudou A. Interspecific comparison of cadmium and zinc contamination in the organs of four fish species along a polymetallic pollution gradient (Lot River, France). *The Science of the Total Environment* 2000;248:11–25.
- Bagenal TB, Tesch FW. Age and growth. In: Bagenal TB, editor. *Methods for assessment of fish production in fresh waters*, IBP Handbook, vol. 3, 1978. p. 101–36. Oxford, London, Edinburgh, Melbourne: Blackwell Scientific Publications.
- Brazilian Ministry of Health (1977) Decreto N° 55871 de 26 de março de 1965. *Legislação Federal do setor de saúde*. 2nd ed. Brasília, Consultoria Jurídica, vol. 2, pp. 498-545.
- Bryan GW, Langston WJ. Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to the United Kingdom estuaries: A review. *Environmental Pollution* 1992;76:89-95.
- Brezonik PK, King SO, Mach CE. The influence of water chemistry on trace metal bioavailability and toxicity in aquatic organisms. 1991, In "Metal Ecotoxicology" (MD Newman and AW McIntosh, Eds.) Lewis, Boca Raton, FL.

- Burger J, Gaines KF, Boring CS, Stephens WL, Snodgrass J, Dixon C, McMahon M, Shukla S, Shukla T, Gochfeld M. Metal levels in fish from the Savannah River: potential hazards to fish and other receptors. *Environmental Research Section A* 2002;89:85-97.
- Bustamante P, Bocher P, Chérel Y, Miramand P, Caurant F. Distribution of trace elements in the tissues of benthic and pelagic fish from the Kerguelen Islands. *The Science of the Total Environment* 2003;313:25-39.
- Canli M, Atli G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution* 2003;121:129-136.
- Canli M, Furness RW. Toxicity of heavy metals dissolved in sea water and influences and sex and size on metal accumulation and tissue distribution in the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. *Marine Environmental Research* 1993;36:217-236.
- Carpene M, Vasak M. Hepatic metallothionein from goldfish (*Carassius auratus*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 1989;92B:463-468.
- Cid BP, Boia C, Pombo L, Rebelo E. Determination of trace metals in fish species of the Ria de Aveiro (Portugal) by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry* 2001;75: 93-100.
- Departamento Municipal de Águas e Esgotos da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (DMAE). Ocorrência de metais Pesados e outras substâncias tóxicas na Bacia do Jacuí. CESB – Centro de Estudos de Saneamento Básico, Relatório Técnico 1981;31:66p.
- Departamento Municipal de Águas e Esgotos da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (DMAE). Inventário e classificação da ictiofauna do Rio Guaíba: Pesquisa de metais e substâncias tóxicas. CESB – Centro de Estudos de Saneamento Básico, Relatório Técnico 1983;41:84p.
- Departamento Municipal de Águas e Esgotos da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (DMAE). Avaliação da qualidade da água do Lago Guaíba: Subsídios para a gestão da bacia hidrográfica. *Pesquisa Ecos* 2003;7:9-34.
- De Souza Lima RG, Araújo FG, Maia MF, Pinto ASSB. Evaluation of heavy metals in fish of the Sepetiba and Ilha Grande Bays, Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Research* 2002; Section A 89:171-179.
- Eisler R. Chromium Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review. 1986. U.S. Fish and Wildlife Service Rep. 85 (1.6), Washington, DC.

- Evans DW, Dodoo DK, Hanson PJ. Trace element concentrations in fish livers: implications of variations with fish size in pollution monitoring. *Marine Pollution Bulletin* 1993;26(6):329-334.
- Farkas A, Salánki J, Varanka I. Heavy metal concentrations in fish of Lake Balaton. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 2000;5:271-279.
- Farkas A, Salánki J, Specziár. Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site. *Water Research* 2003;37:959-964.
- Fernandes HM, Bidone ED, Veiga LHS, Patchineelam SR. Heavy-metal pollution assessment in the coastal lagoons of Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Pollution* 1994;85:259-264.
- Förstner U, Wittmann GTW. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, 1981:486p.
- Gbem TT, Balogun JK, Lawal FA, Annune PA. Trace metal accumulation in *Clarias gariepinus* (Teugels) exposed to sublethal levels of tannery effluent. *The Science of the Total Environment*. 2001;271:1-9.
- Handy RD. The effect of acute exposure to dietary Cd and Cu on organ toxicant concentrations in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquatic Toxicology* 1993; 21: 1-14.
- Heiny JS, Tate CM. Concentration, distribution, and comparison of selected trace elements in bed sediment and fish tissue in the South Platte River Basin, USA, 1992-1993. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 1997;32:246-259.
- Hellou J, Warren WG, Payne JF, Belkhode S, Lobel P. Heavy metals and other elements in three tissues of cod *Gadus morhua* from the Northwest Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*. 1992;24:452-458.
- Hellou J, Zitko V, Friel J, Alkanani T. Distribution of elements in tissues of yellowtail flounder *Pleuronectes ferruginea*. *The Science of the Total Environment*. 1996;81:137-146.
- Hogstrand C, Howx C. Binding and detoxification of heavy metals in lower vertebrates with reference to metallothionein. *Comparative Biochemical and Physiology* 1991;100C (1/2):137-141.
- Honda K, Tatsukawa R, Itano K, Miyazaki N, Fujiyama T. Heavy metal concentrations in muscle, liver and kidney tissue of striped dolphin *Stenella coeruleoalba* and their variations with body lengths, weight, age and sex. *Agric. Biol. Chem.* 1983;47:1219-1228.

- Ituarte CF. Primera noticia acerca de la introducción de pelecípodos asiáticos en el area rioplatense (Mollusca, Corbiculidae). *Neotrópica* 1981;27:79-83.
- Jargensen LA, Pedersen S. Trace metals in fish used for time trend analysis and as environmental indicators. *Marine Pollution Bulletin* 1994;28:24-32.
- Jordão CP, Pereira JC, Brune W, Pereira JL, Braathen PC. Heavy metal dispersion from industrial wastes in the Vale do Aço, Minas Gerais, Brazilian Environmental Technology 1996;17:489-500.
- Jordão CP, Pereira JL, Jham GN. Chromium contamination in sediment, vegetation and fish caused by tanneries in the State of Minas Gerais, Brazil. *The Science of the Total Environment* 1997;207:1-11.
- Kalay M, Canli M. Elimination of essential (Cu, Zn) and nonessential (Cd, Pb) metals from tissues of a freshwater fish *Tilapia zillii* following an uptake protocol. *Tr J Zoology* 2000;24:429-436.
- Kargin F. Metal Concentrations in Tissues of the Freshwater Fish *Capoeta barroisi* from the Seyhan River (Turkey) *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 1998; 60:822-828
- Kargin F, Erdem C. Accumulation of copper in liver, spleen, stomach, intestine, gill and muscle of *Cyprinus carpio*. *Doga Tr J Zoology* 1991;15:306-314.
- Khan T, Weis JS. Bioaccumulation of heavy metals in two populations of Mummichog (*Fundulus heteroclitus*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 1993;51:1-5.
- Kovckovdova LT, Simokon MV. Heavy metals in the tissues of commercially important fish of Amurskii Bay, Sea of Japan. *Russian Journal of Marine Biology* 2002;28(2):113-119.
- Legendre P, Legendre L. *Numerical Ecology*. Amsterdam: Elsevier Science B. V., 2^a ed. 1998:853 p.
- Linde AR, Sánchez-Galán S, Izquierdo JI, Arribas P, Marrañón E, García-Vásquez E. Brown trout as biomonitor of heavy metal pollution: effect of age on the reliability of the assessment. *Environmental Research Section B* 1998;40:120-125.
- Lizama M de los AP, Ambrósio AM. Condition factor in nine species of fish of the Characidae family in the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 2002; 62(1):113-124.
- Mansur MCD, Richinitti LMZ, Santos CP dos. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) molusco bivalve invasor na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências* 1999;2:147-149.

- Marcovecchio JE, Moreno VJ. Cadmium, zinc and total mercury levels in the tissues of several fish species from La Plata River Estuary, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*. 1993; 25:119-130.
- Mastala Z, Balogh KV, Salanski J. Reliability of heavy metal pollution monitoring utilizing aquatic animal versus statistical evaluation methods. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 1992; 23:476-483.
- Menegat R, Porto ML, Carraro CC, Fernandes LA. Atlas Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS, 1998:228p.
- Moiseenko TI, Kudryavtseva LP. Trace metal accumulation and fish pathologies in areas affected by mining and metallurgical enterprises in the Kola Region, Russia. *Environmental Pollution* 2001;114:285-297.
- Möllerke RO, Noll IB, Santo MABE. Níveis de mercúrio em piavas (*Leporinus obtusidens*) e em pintados (*Pimelodus maculatus*) do Lago Guaíba, Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Toxicologia* 2002;15(2):93-97.
- Pastorino G, Darrigran G, Martin S, Lunaschi L. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Río de la Plata. *Neotrópica* 1993;39: 34.
- Phillips DJH. The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments—a review. *Environmental Pollution* 1977;13:282-317.
- Pillar VD, Orlóci L. On radomization testing in vegetation science: multifactor of relevé groups. *Journal of Vegetation Science* 1996;7:585-592.
- Podani J. Introduction to the Exploration of Multivariate Biological Data. Leiden: Backhuys Publishers, 2000:407 p.
- Rocha AA, Pereira DN, Pádua HB. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da represa Billings, São Paulo, Brasil. *Revista de Saúde Pública* 1985;19:401-410.
- Roméo M, Siau Y, Sidoumou Z, Gnassis-Barelli M. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. *The Science of the Total Environment* 1999;232:169-175.
- Sprenger MD, McIntosh, AW, Hoenig S. Concentrations of trace elements in yellow perch (*Perca flavescens*) from six acidic lakes. *Water, Air, Soil Pollution* 1988;37:375-388.

- Sternlieb I. Copper and the liver. *Gastroenterology*. 1980;78:1615–1628.
- Sunlu U, Ozdemir E, Basaran A. The red mullet *Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758) as an indicator for heavy metal pollution in Izmir Bay (Turkey) 2001 In: Yilmaz AB. Levels of heavy metals (Fe,Cu,Ni,Cr,Pb and Zn) in tissue of *Mugil cephalus* and *Trachurus mediterraneus* from Iskenderun Bay, Turkey. *Environmental Research* 2003;92:277-281.
- Szefer P, Domagala-Wieloszewska M, Warzocha J, Garbaciak-Wesolowska A, Ciesielski T. Distribution and relationships of mercury, lead, cadmium, copper and zinc in perch (*Perca fluviatilis*) from the Pomeranian Bay and Szczecin Lagoon, southern Baltic. *Food Chemistry* 2003;81:73-83.
- Swales S, Storey AW, Roderick ID, Figa BS, Bakowa KA, Tenakanai CD. Biological monitoring of the impacts of the Ok Tedi copper mine on fish populations in the Fly River system, Papua New Guinea. *The Science of the Total Environment* 1998;214:99–111.
- Terra RP. Níveis de metais pesados na musculatura de Piau Vermelho *Leporinus copelandii* – (Steindachner,1875) – coletados na Bacia do Rio Imbé e na Bacia do Baixo Rio Paraíba do Sul. Dissertação de mestrado defendida pelo Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense. 2001: 64p.
- Tüzen M. Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry* 2003;80:119-123.
- Ünlü E, Akba O, Sevim S, Gümgüm B. Heavy metal levels in mullet, *Liza abu* (Heckel, 1843) (mugilidae) from the Tigris river, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 1996;5:107-112.
- Wagner A, Boman J. Biomonitoring of trace elements in muscle and liver tissue of freshwater fish. *Spectrochimica Acta Part B* 2003;58:2215-2226.
- Watanabe KH, Desimone FW, Thiyagarajah A, Hartley WR, Hindrichs AE. Fish tissue quality in the lower Mississippi River and health risks from fish consumption. *The Science of the Total Environment* 2003;302:109-126.
- Zayed MA, El-Dien FAN, Rabie KA. Comparative study of seasonal variation in metal concentration in River Nile sediment, fish and water by atomic absorption spectrometry. *Microchemical Journal* 1994;49:27-35.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Subsídios e informações a respeito da distribuição e contaminação de metais (cádmio, cobre, cromo e zinco) em tecidos de piavas advindas do Lago Guaíba são apresentados neste estudo. Tais informações são de fundamental importância para o gerenciamento da bacia bem como para a manutenção e perpetuação das espécies ali existentes. Entretanto a realização de novos estudos que avaliem organismos de níveis tróficos diferentes assim como outros compartimentos (água e sedimento) são fundamentais para que conduzam a um melhor entendimento da dinâmica dos metais neste ecossistema aquático.

Embora exista imensa complexidade de interações entre os diferentes compartimentos de um ecossistema, e isto produza dificuldades em retirar firmes conclusões, os resultados apresentados neste estudo estão dentro da média normal de valores reportados para a Bacia do Guaíba, não oferecendo, portanto, evidências de apreciável contaminação nos peixes. Contudo, monitoramentos periódicos são recomendados de forma preventiva, visto que a concentração dos metais na “piava” variou significativamente não somente em função do tamanho dos indivíduos e da carga de poluição dos locais amostrados, mas também influenciado pela condição fisiológica de cada organismo.

Baseado nos exemplares amostrados de *L. obtusidens* as concentrações dos metais analisados no fígado apresentaram-se

sempre maiores em relação ao músculo, evidenciando que o tecido hepático é um melhor acumulador de metais; os pontos norte e centro apresentaram-se mais impactados quanto aos metais analisados que o ponto Sul; a estação verão apresentou as maiores concentrações dos metais analisados e machos e fêmeas evidenciaram comportamentos diferentes em relação à acumulação de metais. As concentrações encontradas músculo estão bem abaixo dos limites permitidos pelo Ministério da Saúde do Brasil (1977) e a margem de exposição (MOE) calculada está significativamente abaixo de 1, concluindo-se que a população humana não está exposta a nenhum risco por contaminação de metais através da ingestão da espécie como forma de alimentação; e que a espécie ainda estaria “saudável” a ponto de estar regulando fisiologicamente as concentrações dos metais as quais está exposta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEYEYE, ET; AKINGUGHA, NJ.; FESOBI, ME; TENABE, VO. 1996. Determination of some metals in *Clarias gariepinus* (Cuvier and Vallenciennes), *Cyprinus-Carpio* (L) and *Oreochromis-Niloticus* (L) fishes in a polyculture fresh water pond and their environments. **Aquaculture** 147 (34):205-214.
- ALBRECHT, MP. 1996. **Bioacumulação de elementos-traços por peixes frente a diferentes graus de impacto ambiental**. Porto Alegre, UFRGS, 67p. (Dissertação de Bacharelado do curso de Ciências Biológicas).
- ALLEN, SE. 1989. **Chemical analysis of ecological materials**. 2 ed. London: Blackwell Scientific Publication. 368p.
- AL-YOUSUF, MH; EL-SHAHAWI, MS; AL-GHAIS, SM. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. **The Science of the Total Environment** 256: 87-94.
- BIDONE, ED; CASTILHOS, ZC; CID de SOUZA, M; LACERDA, LD. 1997. Fish contamination and human exposure to mercury in the Tapajós River Basin, Pará State, Amazon, Brazil: A screening approach. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology** 59:194-201.
- BIDONE, DE; CASTILHOS, ZC; GUERRA, T. 2000. Integração dos estudos através de uma abordagem (sócio)-econômico-ambiental. In: **Carvão e Meio Ambiente**. Porto alegre, Ed. da Universidade/ UFRGS. 271-439.
- BRUTTO, LFG. 2001. **Ecologia humana e etnoecologia em processos participativos de manejo: o caso do Parque Estadual de Itapuã, RS, e os pescadores artesanais**. São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, UFSCar, 106p. (Dissertação de Mestrado).

- BURGER, J; GAINES, KF; BORING, CS; STEPHENS, WL; SNODGRASS, J; DIXON, C; McMAHON, M; SHUKLA, S; SHUKLA, T; GOCHFELD, M. 2002. Metal levels in fish from the Savannah River: potential hazards to fish and other receptors. **Environmental Research** Section A 89: 85-97.
- BUSTAMANTE, P; BOCHER, P; CHÉREL, Y; MIRAMAND, P; CAURANT, F. 2003. Distribution of trace elements in the tissues of benthic and pelagic fish from the Kerguelen Islands. **The Science of the Total Environment** 313: 25–39.
- CANLI, M; ATLI, G. 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. **Environmental Pollution** 121: 129-136.
- CASTILHOS, ZC; BIDONE, ED; HARTZ, SM. 2001. Bioaccumulation of mercury by tucunaré (*Cichla ocellaris*) from Tapajós River Region, Brazilian Amazon: A field dose response approach. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology** 66: 631-637.
- CHEVREUIL, M; CARRU, AM; CHESTERIKOFF, A; BOËT, P; TALES, E; ALLARDI, J. 1995. Contamination of fish from different areas of the river Seine (France) by organic (PCB and pesticides) and metallic (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn) micropollutants. **The Science of the Total Environment** 162: 31-42.
- COATAGLIOLA, M; SEIGNEUR, G; JURQUIZA, V. 2001. Estudio preliminar de la calidad de las aguas y peces del Rio Baradero, Provincia de Buenos Aires. **Informe Tecnico Interno (INIDEP) n° 32/01**.
- COMITÉ DO LAGO GUAÍBA. 2000. Caderno de Informações. Publicação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, Novembro.
- DE SOUZA LIMA, RG; ARAÚJO, FG; MAIA, MF; PINTO, ASSB. 2002. Evaluation of heavy metals in fish of the Sepetiba and Ilha Grande Bays, Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Research** Section A 89: 171-179.

- DMAE - Departamento Municipal de Águas e Esgotos. 1981. Ocorrência de metais Pesados e outras substâncias tóxicas na Bacia do Jacuí. **CESB – Centro de Estudos de Saneamento Básico, Relatório Técnico 31**, 66p.
- DMAE - Departamento Municipal de Águas e Esgotos. 1983. Inventário e classificação da ictiofauna do Rio Guaíba: Pesquisa de metais e substâncias tóxicas. **CESB – Centro de Estudos de Saneamento Básico, Relatório Técnico 41**, 84p.
- ESTEVES, FA. 1988. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 575p.
- FAO - Food & Agriculture Organization. 1976. Manual of methods in aquatic environment research. In: FERNANDES, HM; BIDONE, ED; VEIGA, LHS; PATCHINEELAM, SR. 1994. Heavy-metal pollution assessment in the coastal lagoons of Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Pollution** 85:259-264.
- FARKAS, A; SALÁNKI, J; SPECZIÁR, A. 2003. Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site. **Water Research** 37:959-964.
- FERNANDES, HM; BIDONE, ED; VEIGA, LHS; PATCHINEELAM, SR. 1994. Heavy-metal pollution assessment in the coastal lagoons of Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Pollution** 85:259-264.
- FORSTNER, U; WITTMANN, GTW. 1981. **Metal pollution in the aquatic environment**. Berlin: Springer-Verlag, 486p.
- GBEM, TT; BALOGUN, JK; LAWAL, FA; ANNUNE, PA. 2001. Trace metal accumulation in *Clarias gariepinus* (Teugels) exposed to sublethal levels of tannery effluent. **The Science of the Total Environment** 271:1-9.
- GÉRY, J. 1977. **Characoids of the world**. Neptune City: T.F.H.Publications. 672p.

- HAMELINK, JL; SPACIE, A. 1977. Fish and Chemicals: the process of accumulation. **Rev. Pharmacol. Toxicol.** 17:167 –177.
- HARTZ, SM; SILVEIRA, CM; CARVALHO, S; VILLAMIL, CM. 2000. Alimentação da piava, *Leporinus obtusidens* (Characiformes, Anostomidae) no Lago Guaíba, Porto Alegre, RS. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha** 6(1): 145-150.
- JALLEL-TARIQ, M; ASHRAF, M; AFZAL, M. 1996. Pollution status of the Indus River Pakistan, through heavy metal and macronutrient contents of fish, sediment and water. **Pergamon** 6: 1337-1344.
- JORDÃO, CP; PEREIRA, JL; JHAM, GN. 1997. Chromium contamination in sediment, vegetation and fish caused by tanneries in the State of Minas Gerais, Brazil. **The Science of the Total Environment** 207: 1-11.
- KARADEDE, H; OYMAK, SA; ÜNLÜ, E. 2004. Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish *Silurus triotegus* from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. **Environment International** 30 (2):183-188.
- KOCH, WR; MILANI, PC; GROSSER, KM. 2000. **Guia ilustrado de Peixes do Parque Delta do Jacuí**. Porto Alegre, Fundação Zoobotânica do RS, 89p.
- KOVCKOVDOVA, LT; SIMOKON, MV. 2002. Heavy metals in the tissues of commercially important fish of Amurskii Bay, Sea of Japan. **Russian Journal of Marine Biology** 28(2):113-119.
- KUNO, R; FERNÍCOLA, NAGG; QUEIROZ, IR; BARROS, R. 1993. O conteúdo de chumbo nos peixes consumidos pela população e os efeitos para a saúde. **CETESB, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Relatório Técnico**. São Paulo, 13p.
- LEWIS, MA; SCOTT, GI; BEARDEN, DW; QUARLES, RL; MOORE, J; STROZIER, ED; SIVERTSEN, SK; DIAS, AR; SANDERS, M. 2002. Fish tissue quality in near-coastal areas of the Gulf of Mexico receiving point source discharges. **The Science of the Total Environment** 284 : 249-261.

- LIMA, NRW. 1990. Análises dos níveis de metais pesados no sistema hídrico da Estação Ecológica do Jataí, SP. **Acta Limnologica Brasileira** 3: 1001-1021.
- MALM, O. 1986. **Estudo da poluição ambiental por metais pesados no sistema rio Paraíba do Sul – Rio Guandu (RPS – RG) através da metodologia de abordagem pelos parâmetros críticos.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, IBCCF, Laboratório de Radioisótopos Penna Franca. Rio de Janeiro, 127p.
- MANCE, G. 1990. **Pollution threat of heavy metals in aquatic environment.** London: Elsevier Applied Science. 372p.
- MEADOWS, DH; MEADOWS, DL; RANDERS, J. 1992. **Beyond the limits confronting a global collapse, envisioning a sustainable future.** Vermont: Chelsea Green Publishing Company. 300p
- MENEGAT, R; PORTO ML; CARRARO, CC; FERNANDES, LA. 1998. **Atlas Ambiental de Porto Alegre.** Porto Alegre, Ed. da Universidade/UFRGS, 228p.
- MÖLLERKE, RO. 2002. **Mercúrio, Arsênio e colimetria como indicadores biológicos, na avaliação da qualidade do pescado artesanal do Lago Guaíba, Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** Tese de doutorado defendida pelo PPG em Ciências Veterinárias, UFRGS. 104p.
- PFEIFFER, WC; LACERDA, LD; FISZMAN, M; LIMA, NRW. 1985. Metais pesados no pescado da Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro, RJ. **Ciência e Cultura** 37 (2): 297-302.
- PFEIFFER, WC; LACERDA, LD; FISZMAN, M; LIMA, NRW. 1989. Mercury Concentrations in inland waters of goldmining areas in Rondônia, Brazil. **The Science of the Total Environment** 87: 233-240.
- RAMAMOORTHY, S; MOORE, JW. 1984. **Heavy Metals in Natural Waters.** Berlin: Springer-Verlag, 268p.

- RAND, GM; PETROCELLI, SR. 1985. **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**. Washington: Hemisphere Publishing Corporation. 656p.
- RAYA-RODRIGUEZ, MT; MOZETO, AA. (1995). Elementos-traço em compartimentos bióticos da Lagoa Emboaba, Osório, RS. **Boletim do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul** 54: 57-74.
- REINFELDER, JR; FISHER, NS; LUOMA, SN; NICHOLS, JW; WANG, WX. 1998. Trace element trophic transfer in aquatic organisms: A critique of the kinetic model approach. **The Science of the Total Environment** 219:117-135.
- ROESIJADI, G; ROBISON, WE. 1994. Metal regulation in aquatic animals: mechanisms of uptake, accumulation and release. **Aquatic Toxicology** 102:125-133.
- SHARIF, AKM; ALAMGIR, M; MUSTAFA, AI; HOSSAIN MA; AMIN MN. 1993 Trace element concentrations in ten species of freshwater fish of Bangladesh **The Science of the Total Environment** 138: 117-126.
- SUSCHKA, J; RYBORZ, S; LESZCZYNSKA, I. 1994. Surface water and sediment contamination in an old industrial region of Poland – Two critical examples. **Water Science Technology** 29:107-114.
- SILVANO, J. 2003. **Avaliação de metais na água, no sedimento e nos peixes da lagoa Azul, formada por lavra de mineração de carvão a céu aberto, Siderópolis – SC**. Dissertação de mestrado defendida pelo Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 75p.
- TERRA, RP. 2001. **Níveis de metais pesados na musculatura de Piau Vermelho *Leporinus copelandii* – (Steindachner,1875) – coletados na Bacia do Rio Imbé e na Bacia do Baixo Rio Paraíba do Sul**. Dissertação de mestrado defendida pelo Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense. 64p.

- USEPA - United States Environmental Protection Agency. 1989. **Risk Assessment Guidance for Superfund: Human Health Evaluation Manual**. Washington, DC, v.1.
- USEPA - United States Environmental Protection Agency. 1995. **Guidance for Assessing Chemical Contamination Data for Use in Fish Advisories: Fish Sampling and Analysis**. 2th ed. EPA 923-R-95-007. Office of Science and Technology. Washington, DC, v.1, September.
- VILLAMIL, C; LUCENA, C; CALONE, R; SANTOS, G. 1996. Peixes de importância comercial capturado no Lago Guaíba, RS, Brasil. Porto Alegre, **Circular Técnica FEPAGRO** 10: 19p.
- VILLAR, C; STRIPEIKIS, J; COLAUTI, D; D'HUICQUE, L; TUDINO, M; BONETTO, C. 2001. Metals contents in two fishes of different feeding behaviour in the Lower Paraná River and Río de la Plata Estuary. **Hidrobiologia** 457: 225-233.
- YILMAZ, AB. 2003. Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb, and Zn) in tissue of *Mugil cephalus* and *Trachurus mediterraneus* from Iskenderun Bay, Turkey. **Environmental Research** 92: 277–281.
- WAGNER, A; BOMAN, J. 2003. Biomonitoring of trace elements in muscle and liver tissue of freshwater fish. **Spectrochimica Acta Part B** 58: 2215–2226.
- WATANABE, KH; DESIMONE, FW; THIYAGARAJAH, A; HARTLEY, WR; HINDRICHS, AE. 2003. Fish tissue quality in the lower Mississippi River and health risks from fish consumption. **The Science of the Total Environment** 302:109-126.

ANEXOS

Anexo 1. Análise de variância com teste de aleatorização avaliando as diferenças entre os pontos amostrados no Lago Guaíba quanto às concentrações dos metais avaliados. Os dados contêm 54 unidades amostrais (peixes) e 8 variáveis (concentração dos metais no fígado e no músculo dos peixes). Utilizou-se distância de corda. As probabilidades foram geradas em 1000 permutações aleatórias.

Fonte de variação	Soma de quadrados(Qb)	P(Qb ^o ≥ Qb)
Pontos		
Entre Grupos	11699	0.008
Contrastes		
Norte vs Centro	9250.5	0.015
Norte vs Sul	5375.4	0.149
Centro vs Sul	9197.3	0.048
Dentro de grupos	83410	

Anexo 2. Análise de variância com teste de aleatorização avaliando a sazonalidade do Lago Guaíba quanto às concentrações dos metais avaliados. Os dados contêm 54 unidades amostrais (peixes) e 8 variáveis (concentração dos metais no fígado e no músculo dos peixes). Utilizou-se distância de corda. As probabilidades foram geradas em 1000 permutações aleatórias.

Fonte de variação	Soma de quadrados(Qb)	P(Qb ^o ≥ Qb)
Sazonalidade		
Entre grupos	20265	0.001
Contrates		
Verão vs Outono	19024	0.003
Verão vs Inverno	13258	0.043
Verão vs Primavera	21044	0.001
Outono vs Inverno	1052.3	0.673
Outono vs Primavera	2300.9	0.362
Inverno vs Primavera	5238.2	0.23
Dentro de grupos	74843	

Anexo 3. Foto de um exemplar de *Leporinus obtusidens* sendo medido num “ictiômetro” de 500mm de comprimento para posterior pesagem e dissecação.



Anexo 4. Foto de um exemplar de *Leporinus obtusidens* sendo pesado para posterior dissecação.



Anexo 5. Foto de um exemplar sendo seccionado para retirada do fígado e músculo que serão posteriormente analisados.



Anexo 6. Foto de um exemplar seccionado ventralmente, em exposição: gônadas (parte amarelada nas laterais), e aparelho digestivo encoberto por gordura (parte branca central).

