

# QUANTIFICAÇÃO DE METAIS PESADOS EM PEIXES DE UM PESQUEIRO LOCALIZADO NA CIDADE DE UMUARAMA – PR

Gisele Ribeiro de Souza<sup>1</sup>  
 Maria Aparecida Pereira Garcez<sup>1</sup>  
 Vanessa Cristina Gonçalves dos Santos<sup>2</sup>  
 Daniela Bedana da Silva<sup>2</sup>  
 Josiane Caetano<sup>3</sup>  
 Douglas Cardoso Dragunski<sup>4</sup>

SOUZA<sup>1</sup>, G. R.; GARCEZ<sup>1</sup>, M. A. P.; SANTOS<sup>2</sup>, V. C. G.; SILVA<sup>2</sup>, D. B.; CAETANO<sup>3</sup>, J.; DRAGUNSKI<sup>4</sup>, D. C. Quantificação de metais pesados em peixes de um pesqueiro localizado na cidade de Umuarama - Pr. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. Unipar*, Umuarama, v. 12, n. 1, p. 61-66, jan./jun. 2009.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi quantificar os metais Pb (chumbo), Cr (cromo), Fe (ferro), Ni (níquel), Zn (zinco) e Cu (cobre) em brânquias, vísceras e musculatura da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), lambari (*Astyanax abramis*), piau (*Leporinus steindachneri*) e catfish (*Ictalurus punctatus*) criados em um pesqueiro na região de Umuarama-Paraná. As medidas foram realizadas em triplicata, empregando-se espectrofotometria de absorção atômica em chama (ar-acetileno) (GBC 932 plus). A quantidade dos metais chumbo, cromo, níquel estiveram abaixo dos limites estabelecidos pela ANVISA (2; 0,1; 5 mgkg<sup>-1</sup>, respectivamente). Entretanto, a quantidade de cobre nas vísceras do piau (40,4 mgkg<sup>-1</sup>) estava acima dos valores preconizados (30 mgkg<sup>-1</sup>), indicando uma possível contaminação deste peixe. O zinco foi o que apresentou concentrações mais preocupantes, ou seja, maiores que as quantidades indicadas para o consumo (50 mgkg<sup>-1</sup>), principalmente nas vísceras e brânquias, partes consideradas não comestíveis. Entretanto, foi o único metal que apresentou valores acima do tolerado na musculatura (parte comestível) da tilápia e do lambari (55,1 e 73,7 mgkg<sup>-1</sup>, respectivamente), indicando que este peixe estaria impróprio para o consumo humano. As maiores concentrações foram encontradas para o mineral ferro, porém, como não possui limites máximos estipulados, não se pode afirmar que estaria em quantidades inadequadas ao consumo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metais. Peixes. Pesqueiro.

## QUANTIFICATION OF HEAVY METALS IN FISH FROM A PAY FISHING LOCATED IN THE CITY OF UMUARAMA – PR

**ABSTRACT:** The objective of this study was to quantify the Pb (lead), Cr (Chromium), Fe (Iron), Ni (Nickel), Zn (Zinc) and Cu (Copper) in gills, viscera and muscle of tilapia (*Oreochromis niloticus*), lambari (*Astyanax abramis*), piau (*Leporinus steindachneri*) and catfish (*Ictalurus punctatus*) created in a pay fishing in the region of Umuarama-Paraná. Measurements were taken in triplicate, using atomic absorption spectrophotometer in flame (air-acetylene) (GBC 932 plus). The quantity of lead, chromium and nickel were below the limits set by ANVISA (2, 0.1, 5 mg kg<sup>-1</sup>, respectively). However, the amount of copper in the viscera of piau (40.4 mg kg<sup>-1</sup>) was above the recommended (30 mg kg<sup>-1</sup>), indicating possible contamination. Zinc was presented in the highest concentration, i.e., higher than the amounts indicated for consumption (50 mg kg<sup>-1</sup>), mainly in the viscera and gills – parts considered inedible. However, it was the only metal that showed values above the tolerated in the muscle (edible part) of tilapia and lambari (55.1 and 73.7 mgkg<sup>-1</sup>, respectively), indicating that this fish was improper for human consumption. The highest concentrations were found for the Iron, However as there are no limits established, it cannot be assume not to be suitable for consumption.

**KEYWORDS:** Metals. Fish. Pay fishing.

## CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS EN PECES DE UN PESQUERO LOCALIZADO EN LA CIUDAD DE UMUARAMA-PR

**RESUMEN:** El objeto de esta investigación fue cuantificar los metales Pb (plomo), Cr (cromo), Fe (hierro), Ni (níquel), Zn (cinc) y Cu (cobre) en branquias, víscera y musculatura de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), Lambari, (*Astyanax abramis*), Piau (*Leporinus steindachneri*) y catfish (*Ictalurus punctatus*) creados en un pesquero de la región de Umuarama-Paraná. Las medidas fueron realizadas en triplicidad, empleándose espectrofotometría de absorción atómica en llama (aire-acetileno) (GBC 932 plus). La cantidad de los metales plomo, cromo, níquel estuvieron abajo de los límites establecidos por la ANVISA (2; 0,1; 5 mgkg<sup>-1</sup>, respectivamente). Sin embargo, la cantidad de cobre en las vísceras del piau (40,4 mgkg<sup>-1</sup>) estaba arriba de los valores preconizados (30 mgkg<sup>-1</sup>), indicando una posible contaminación de este pez. El cinc fue el que presentó concentraciones más preocupantes, o sea, mayores que las cantidades indicadas para el consumo (50 mgkg<sup>-1</sup>), principalmente

<sup>1</sup>Bióloga, aluna da Especialização em Gestão Ambiental, UNIPAR

<sup>2</sup>Química

<sup>3</sup>Docente do Curso de Tecnologia em Alimentos - UEM – Umuarama-PR.

<sup>4</sup>Docente do Mestrado em Biotecnologia Aplicado à Agricultura – UNIPAR.

en las vísceras y branquias, partes consideradas no comestibles. El cinc fue el único metal que presentó valores arriba del tolerado en la musculatura (parte comestible) de tilápia y lambari (55,1 y 73,7 mgkg<sup>1</sup>), respectivamente, indicando que este pescado estaría impropio para el consumo humano. Las mayores concentraciones fueron encontradas para el mineral hierro, pero como no hay límites máximos estipulados, no se puede afirmar que estaría en cantidades inadecuadas al consumo.

**PALABRAS CLAVE:** Metales. Peces. Pesquero.

## Introdução

Os pesqueiros populares vêm sendo uma das melhores alternativas para passar agradáveis momentos com a família e amigos, tanto pelo seu ambiente, quanto pelos peíscos provenientes da piscicultura. Desta forma, a incidência de metais pesados na biota aquática dos pesqueiros é uma preocupação de contaminação e intoxicação, principalmente devido à propriedade bioacumulativa dos mesmos. O peixe, como alimento, fica comprometido na cadeia alimentar, possibilitando uma possível contaminação do ser humano (FERNANDES et al., 2003).

Os peixes são considerados excelentes fontes de minerais, proteínas e vitaminas, portanto é grande importância o conhecimento das concentrações de alguns metais presentes nos que são criados em pesqueiros (SOUZA, 2003; REIS et al., 2009). Os metais exercem funções benéficas ou prejudiciais a saúde humana, dependendo principalmente da sua concentração. Sabe-se que a alimentação é uma das principais maneiras de ingerir estes metais, porém deve-se observar se estes alimentos estão aptos ao consumo (MENDIL et al., 2005).

Muitos estudos vêm sendo realizados na tilápia, por ser uma das espécies mais encontradas em pesqueiro. Jory et al. (2000) evidenciaram a importância da tilápia na aquicultura mundial, por ser um peixe com qualidades culinárias muito apreciadas e de ser de fácil cultivo, podendo ser controlada sua produção, tornando-se a principal espécie comercial.

De acordo com Figueiredo-Fernandes (2006a,b) e Gadagbui et al. (1996 apud FIGUEIREDO-FERNANDES, 2007, p. 104), a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), é um dos peixes mais comuns de água doce que são usados em estudos toxicológicos, porque ela apresenta características que podem ser usadas como espécies indicadoras em programas de biomonitoramento.

De acordo com os autores, Campbell et al. (1979 apud FIGUEIREDO-FERNANDES, 2007, p. 104) e Perry e Laurent (1993 apud FIGUEIREDO-FERNANDES, 2007, p. 104), as brânquias da tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*) são o primeiro obstáculo a ser enfrentado pela água contaminada que, por sua vez, tem constante contato com ambiente externo. Isso favorece também a bioacumulação no tecido muscular do peixe. Além disso, o fígado tem um papel primário no metabolismo e excreção de compostos xenobióticos ocorrendo alterações morfológicas em algumas condições tóxicas, afirma Rocha e Monteiro (1999 apud FIGUEIREDO-FERNANDES 2007, p. 104). Tendo isso em vista, pode-se delimitar o estudo de metais pesados em peixes pelas análises das brânquias, musculatura e vísceras.

Além da tilápia, várias espécies vêm sendo utilizadas em pesqueiro, podendo-se destacar o lambari (*Astyanax abramis*), piaú (*Leporinus steindachneri*) e catfish (*Ictalurus punctatus*). Estes também vêm sendo utilizados para indicação de possíveis contaminações com minerais. Alguns elementos em altas concentrações, como o fósforo e cálcio,

que são encontrados nas cinzas de dieta de peixes (MILLAMENA, 2002; BOSCOLO, et al., 2003a), podem resultar na eutrofização do ecossistema aquático (HARDY, 1996; SUGIURA et al., 2000; BOSCOLO 2003b). Além destes elementos, alguns metais como cromo, chumbo, níquel, zinco, cobre, ferro vem sendo monitorados em diferentes espécies de peixes (GONÇALVES et al., 1999; DE SOUZA LIMA et al., 2002; SILVANO; RAYA-RODRIGUEZ, 2003; MENDIL et al., 2005; BIRUNGI et al., 2007; SANTANA; BARRONCAS, 2007).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi quantificar os metais Pb (chumbo), Cr (cromo), Fe (ferro), Ni (níquel), Zn (zinco) e Cu (cobre) em brânquias, víscera e musculatura da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), lambari (*Astyanax abramis*), piaú (*Leporinus steindachneri*) e catfish (*Ictalurus punctatus*) em um pesqueiro na região de Umuarama, Paraná.

## Materiais e Métodos

### Coleta das amostras

Foram coletadas amostras de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), lambari (*Astyanax abramis*), piaú (*Leporinus steindachneri*) e catfish (*Ictalurus punctatus*) cultivadas em um pesqueiro da região de Umuarama – PR, que utiliza o sistema de piscicultura intensivo, por meio de tanques conectados entre si através de tubulações de PVC. Foram escolhidos aleatoriamente vinte amostra de cada espécie, somente de um tanque. Os peixes foram separados em três partes: musculatura, vísceras e brânquias, sendo estocados em filmes de polietileno e armazenados em um freezer a -20°C. Posteriormente, foram secas em estufa a 60°C e trituradas.

### Abertura das amostras

Cerca de 1 g da amostra foi transferido para tubos de ensaio de boro silicato. Em seguida, foram adicionados 10 mL de ácido nítrico concentrado e 2,5 mL de ácido perclórico concentrado, deixando reagir por 24hs. A amostra foi levada a um digestor em 60°C e aquecida até próximo à secura. A amostra foi resfriada, redissolvida em 10 mL de água mill-Q, adicionou-se 1 mL de HCl concentrado, e o volume completado com água mill-Q em balão volumétrico de 25 mL. As aberturas foram realizadas em triplicata.

### Determinação dos teores dos metais

As medidas também foram realizadas em triplicata, empregando-se espectrofotometria de absorção atômica em chama (ar-acetileno) (GBC 932 plus). Os metais analisados foram Pb, Cr, Fe, Ni, Zn e Cu. As condições experimentais de análises para cada metal, utilizando o espectrofotômetro de absorção atômica em chama encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Condições operacionais utilizadas para as medidas de espectrofotometria de absorção atômica na determinação dos metais estudados.

Elemento	Faixa linear (mg/L)	$\lambda$ (nm)
Pb	0,2 – 20,0	217,0
Cr	0,1 – 15,0	357,9
Fe	0,3 – 9,0	248,3
Ni	0,2 – 8,0	232,0
Zn	0,2 – 5,0	213,9
Cu	0,2 – 5,0	324,7

## Resultados e Discussão

A concentração dos minerais presentes nas amostras foi calculada a partir da construção de curvas de calibração específicas para cada elemento, com no mínimo seis pontos e apresentando um coeficiente de regressão linear superior a 0,997. Os limites mínimos de determinação para cada elemento foram de Pb (0,2 mg L<sup>-1</sup>), Cr (0,1 mg L<sup>-1</sup>), Fe (0,2 mg L<sup>-1</sup>), Ni (0,2 mg L<sup>-1</sup>), Zn (0,1 mg L<sup>-1</sup>) e Cu (0,2 mg L<sup>-1</sup>). Todos os limites estão abaixo dos valores máximos de tolerância determinados pela ANVISA.

Os minerais Pb, Cr, Ni não foram detectados em nenhuma das amostras analisadas. Isto é um fato de grande valia, pois estes metais podem ocasionar sérios danos ao peixe, bem com ao consumidor deste alimento.

O valor do pH da lagoa, no momento da coleta das amostras dos peixes, foi de 6,5, indicando o meio levemente ácido, o que propicia a solubilização de alguns minerais como cobre, zinco e ferro, tornando-os biodisponíveis.

Na Tabela 2, são apresentadas as concentrações em mgkg<sup>-1</sup> dos metais cobre, zinco e ferro, para as diferentes espécies de peixe, sendo que o restante dos minerais apresentaram-se abaixo do limite de detecção.

**Tabela 2.** Concentração em mgkg<sup>-1</sup> de cobre, zinco e ferro, em três partes dos peixes (musculatura, vísceras e brânquias), de quatro espécies diferentes de um pesqueiro de Umuarama-PR.

AMOSTRA	Cu	Zn	Fe
<b>Musculatura tilápia</b>	4,8±0,3	19,6±1,63	52,3±1,51
<b>Musculatura catfish</b>	5,4±0,2	26,2±1,46	21,9±1,17
<b>Musculatura lambari</b>	11,9±1,0	73,7±1,34	48,8±1,39
<b>Musculatura piau</b>	6,5±0,3	22,6±0,6	50,6±1,35
<b>Vísceras tilápia</b>	6,0±0,1	55,1±1,49	1635,0±5,68
<b>Vísceras catfish</b>	8,4±0,6	33,7±0,27	1674,9±11,76
<b>Vísceras lambari</b>	12,2±0,8	130,8±0,3	165,1±6,39
<b>Vísceras piau</b>	40,4±1,6	90,7±1,40	510,7±5,89
<b>Brânquias tilápia</b>	6,2±0,5	62,3±1,84	432,3±6,85
<b>Brânquias catfish</b>	6,7±0,1	75,1±1,56	121,0±0,58
<b>Brânquias lambari</b>	21,0±0,1	145,7±0,1	198,4±0,01
<b>Brânquias piau</b>	16,2±0,3	51,0±1,38	253,9±0,29

Média ± desvio padrão

Para melhor elucidação dos dados apresentados na tabela acima, foram construídos gráficos de barra para cada metal analisado. Observou-se na Figura 1 a concentração de cobre para as quatro espécies de peixes em três partes de sua estrutura: brânquias, vísceras e musculatura. Notou-se que a quantidade deste metal variou de 4,8 a 40,4 mgkg<sup>-1</sup>. O maior valor foi encontrado nas vísceras do piau. A quantidade estabelecida pela ANVISA para pescado in natura é de 30mgkg<sup>-1</sup>, ou seja, somente nestas vísceras as quantidades formam superiores às estabelecidas. Ao analisar cada espécie de peixe estudada, constatou-se que para a tilápia não houve uma variação significativa da quantidade de cobre nas vísceras, brânquias e musculatura. Entretanto, ao observar o catfish, notou-se que a maior concentração também foi nas vísceras (8,4 mgkg<sup>-1</sup>), porém no lambari a maior quantidade foi encontrada nas brânquias (21,0 mgkg<sup>-1</sup>). Estes resultados demonstraram que, dependendo da espécie, a maior concentração de cobre pode ser localizada em partes diferentes dos peixes.

Segundo De Souza Lima et al. (2002), altas concentrações de cobre nas vísceras é bastante incomum. Como estas não são utilizadas para o consumo humano, não promoveria grandes danos à saúde, entretanto estes valores indicam que possivelmente outros órgãos poderiam estar contaminados, como por exemplo as gônadas, que são consumidas por seres humanos. Portanto, há uma necessidade de um acompanhamento mais cuidadoso dos níveis de cobre nestes peixes.

Entretanto, de acordo com Birungi et al. (2007), quando o cobre se encontra em meio alcalino, o mesmo pre-

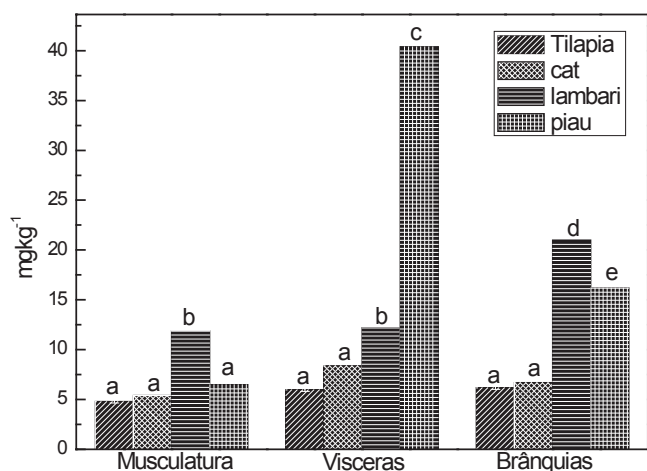
cipita na forma de carbonato (forma não disponível). Como a água do lago estava levemente ácida (pH = 6,5) favoreceu a sua solvatação, tornando-o biodisponível para os peixes, propiciando um acúmulo principalmente nas vísceras, onde este elemento se liga à metalotioneína, servindo como um mecanismo de desintoxicação do peixe.

Outro peixe que apresentou quantidades preocupantes deste metal foi a tilápia.

Os altos níveis de Zn podem ter ocorrido principalmente por esta ser uma região agrícola, pois sabe-se da necessidade de aplicação de insumos, os quais podem ser levados pela água das chuvas, contaminando as lagoas do pesqueiro (BIRUNGI et al., 2007).

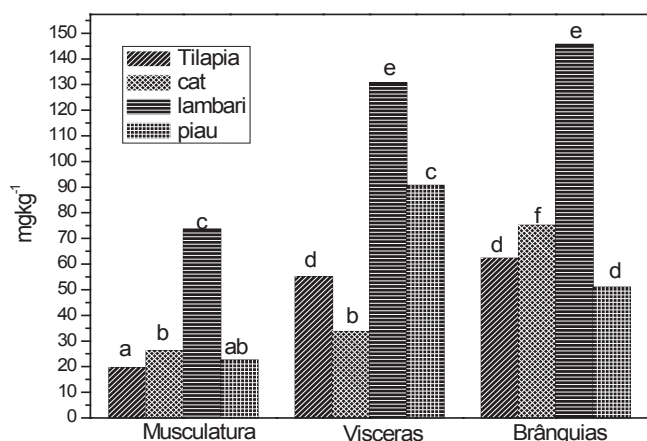
Apesar de o zinco ser considerado um elemento essencial para a fisiologia de organismos, o envenenamento de seres humanos pode ocorrer, resultando em doenças pulmonares, gastroenterite, febre, vômitos, problemas de coordenação muscular e desidratação. Nos peixes ele pode obstruir os espaços interlamelar, bloqueando o movimento de respiração, além de promover o atraso do crescimento e maturação (DE SOUZA LIMA et al., 2002).

O elemento ferro foi o que apresentou as maiores concentrações, variando de 21,9 até 1674,9 mgkg<sup>-1</sup>. Isto se deve ao fato de este mineral estar presente, em grande quantidade, no solo, água, atmosfera e processos industriais. Entretanto, este elemento não possui limites máximos estipulados pelos órgãos responsáveis, tornando difícil a sua discussão (BIRUNGI et al., 2007).



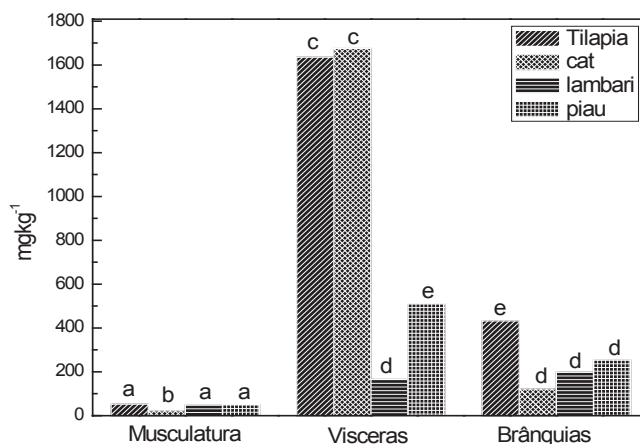
**Figura 1.** Concentração de cobre em mgkg<sup>-1</sup> em três partes (musculatura, vísceras e brânquias) dos peixes (tilápia, catfish, lambari e piau) cultivados em um pesqueiro de Umua-rama-PR. (Letras iguais indicam que as médias não diferem significativamente  $p < 0,05$ , para o teste de Tukey)

O Zn foi o metal que apresentou concentrações mais críticas (Figura 2), sendo que sua quantidade variou de 19,6 a 145,7 mgKg<sup>-1</sup>, estando abaixo do permitido pela ANVISA (50,0 mgKg<sup>-1</sup>) apenas para a musculatura da tilápia, catfish e piau, e vísceras do catfish. Desta forma, deve-se ter certo cuidado ao consumir os peixes que se encontram acima do limite permitido.



**Figura 2.** Concentração de zinco em mgkg<sup>-1</sup> em três partes (musculatura, vísceras e brânquias) dos peixes (tilápia, catfish, lambari e piau) cultivados em um pesqueiro de Umua-rama-PR. (Letras iguais indicam que as médias não diferem significativamente  $p < 0,05$ , para o teste de Tukey)

Pode-se observar pelo gráfico que o lambari foi a espécie que apresentou maior contaminação deste metal, inclusive na musculatura, que é a parte mais consumida, sendo considerado o peixe mais impróprio para consumo humano.



**Figura 3.** Concentração de ferro em mgkg<sup>-1</sup> em três partes (musculatura, vísceras e brânquias) dos peixes (tilápia, catfish, lambari e piau) cultivados em um pesqueiro de Umua-rama-PR. (Letras iguais indicam que as médias não diferem significativamente  $p < 0,05$ , para o teste de Tukey)

O metal ferro participa de processos hepáticos, e também está associado ao transporte de oxigênio através da hemoglobina, sendo considerado um dos elementos mais importantes para o ser humano (BIRUNGI et al., 2007). Segundo a WHO (World Health Organization) a quantidade diária necessária para um homem adulto é de 20mg. Desta forma, pode-se observar que estes peixes podem ser considerados fonte deste mineral, sendo que as vísceras se destacam, em relação à musculatura e brânquias.

### Conclusão

A quantidade dos metais chumbo, cromo, níquel formam abaixo dos limites estabelecidos pela ANVISA. Entretanto, a quantidade de cobre nas vísceras do piau estavam acima dos valores preconizados, indicando uma possível contaminação deste peixe.

O zinco foi o que apresentou concentrações mais



preocupantes, ou seja, maiores que as quantidades indicadas para o consumo, principalmente nas vísceras e brânquias, partes consideradas não comestíveis. Entretanto, foi o único metal que apresentou valores acima do tolerado na musculatura (parte comestível) do lambari e da tilápia, indicando que estes peixes estariam impróprios para o consumo humano.

As maiores concentrações foram encontradas para o mineral ferro. Porém, como não possui limites máximos estipulados, não se pode afirmar que estaria em quantidades inadequadas ao consumo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Paranaense e ao CNPq pelo apoio financeiro e pela bolsa de estudos concedida.

### Referências

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 3 fev. 2010.

BIRUNGI, Z. et al. Active biomonitoring of trace heavy metals using fish (*Oreochromis niloticus*) as bioindicator species. The case of Nakivubo wetland along Lake Victoria. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 32, p. 1350-1358, 2007.

BOSCOLO, W. R. Exigência de fósforo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* na fase de crescimento. **Varia Scientia**, Cascavel, v. 3, n. 1, p. 115-124, 2003a.

\_\_\_\_\_. **Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápia na alimentação da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus***. 2003, 83 f. Tese (Doutorado em zootecnia) - Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003b.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 3 fev. 2010.

LIMA, R.G. S. et al. Evaluation of Heavy Metals in Fish of the Sepetiba and Ilha Grande Bays, Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Research Section A**, v. 89, p. 171-179, 2002.

FERNANDES, R.; GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A. Pesque-pague: negócio ou fonte de dispersão de espécies exóticas? **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 25, n. 1, p. 115-120, 2003.

FERNANDES, A. F. et al. Effects of the fungicide mancozeb in the quantification of induced cytological changes using qualitative histopathology and the stereological point-sampled method. **Bull Environment Contamination Toxicological**, v. 76, n. 2, p. 249-255, 2006a.

\_\_\_\_\_. et al. Effect of paraquat on oxidative stress enzymes in tilapia *Oreochromis niloticus* at two levels of temperature. **Pesticid Biochemic Physiological**, v. 85, p. 97-103, 2006b.

\_\_\_\_\_. et al. Histopathological changes in liver and gill epithelium of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to waterborne copper. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Portugal, v. 27, n. 3, p. 103-109, mar. 2007.

GONÇALVES, G. S. et al. Efeitos da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, São Paulo, v. 34, n. 6, p. 2155-2163, 1999.

HARDY, R. W. Alternative protein sources for salmon and trout diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 59, p. 71-80, 1996.

JORY, D. E.; ALCESTE, C.; CABRERA, T. R. Mercado y comercialización de tilápia en los Estados Unidos de Norte América. **Panorama Acuicola**, Sonora, v. 5, n. 5, p. 50-53, 2000.

MENDIL, D. et al. Determination of trace metal levels in seven fish species in lakes in Tokat, Turkey. **Food Chemistry**, v. 90, p. 175-179, 2005.

MILLAMENA, O. M. Replacement of fish meal by animal by-product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper *Epinephelus coioides*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 204, p. 75-84, 2002.

REIS, A. B. et al. Alterações do epitélio branquial e das lamelas de tilápias (*Oreochromis niloticus*) causadas por mudanças do ambiente aquático em tanques de cultivo intensivo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 303-311, 2009.

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**, Brasil, v. 37, p. 111-118, 2007.

SILVANO, J.; RODRIGUEZ, M. T. R. Evaluation of metals in water, sediment and fish of Azul lake, and open-air originally coalmine (Siderópolis, Santa Catarina State, Brazil). **Acta Limnologia Brasileira**, v. 15, p. 71-80, 2003.

SOUZA, M. L. R. **Processamento do file da pele de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): aspectos tecnológicos, composição centesimal, rendimento, vida útil do filé defumado e teste de resistência da pele curtida**. 2003. 169 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

SUGIURA, S. H. et al. Utilization of fish and animal by-product meals in tow-pollution feeds for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 31, n. 7, p. 585-593, 2000.

WHO. World Health Organization. Disponível: <<http://www.who.int/en/>>. Acesso em: 3 fev. 2010.

---

Recebido em: 22/08/2009

Aceito em: 22/03/2010