

Complexo zinco aminoácido em dietas práticas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Margarida Maria Barros^{1*}, Luiz Edivaldo Pezzato¹, Edma Carvalho de Miranda², Marcelo Vinícius do Carmo e Sá³ e Fernanda Garcia Sampaio³

¹Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, FMVZ, Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Botucatu, CP 560, 18618-000, Botucatu, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas. ³Curso de Pós-Graduação em Zootecnia da FMVZ, Unesp, Câmpus de Botucatu. *Autor para correspondência. e-mail: mbarros@fca.unesp.br

RESUMO. As dietas balanceadas para piscicultura são suplementadas com fonte inorgânica de zinco, sendo o óxido de zinco (ZnO) a fonte mais utilizada no Brasil. Complexos organometálicos, contudo, podem aumentar a absorção do mineral no trato digestório. Nesse sentido, comparou-se os efeitos de um complexo zinco-aminoácido (Zn-AA) sobre o desempenho produtivo e a composição da carcaça de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* L., em relação ao verificado com o uso do ZnO. Dietas experimentais, isoprotéicas e isocalóricas, à base de farelo de soja e fubá de milho, foram fornecidas aos peixes durante 75 dias, sendo suplementadas com 30, 90, 150 ou 210mg Zn/kg, a partir do ZnO ou do Zn-AA. Os peixes ($1,79 \pm 0,10$ g) foram distribuídos em 36 caixas de água de 250L, sendo alimentados *ad libitum*, quatro vezes ao dia. Ao final do período experimental, os peixes alimentados com as dietas suplementadas com ZnO, independentemente do nível de suplementação, apresentaram ganho em peso significativamente maior que os animais arraçados com as dietas contendo Zn-AA ($P < 0,05$). Além disso, a conversão alimentar e a taxa de eficiência protéica dos animais que receberam as dietas com ZnO foram significativamente melhores que para os peixes alimentados com as dietas suplementadas com Zn-AA. A composição bromatológica das carcaças dos peixes, nos diferentes tratamentos experimentais, foi estatisticamente similar entre si ($P > 0,05$). Os resultados do presente trabalho permitem concluir que, em relação ao observado com o uso do ZnO, o Zn-AA acarretou pior desempenho produtivo nos peixes estudados.

Palavras-chave: nutrição mineral, elementos-traços, zinco quelatado, tilápia do Nilo.

ABSTRACT. Zinc-amino acid complex in practical diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Commercial diets for fish culture are supplemented with an inorganic zinc sources. Zinc oxide (ZnO) is the most utilized Zn supplementation in Brazil. However, organic metal complexes may increase mineral absorption in the digestive tract. Based on this knowledge, the effects of a amino acid zinc complex (Zn-AA) upon growth performance and carcass composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., fingerlings, were compared to the ones observed for ZnO. Isoproteic and isoenergetic soybean meal/corn-based diets were offered to fish for 75 days, supplemented with 30, 90, 150 or 210mg Zn/kg, from ZnO or Zn-AA. Fish (1.79 ± 0.10 g) were allocated in thirty six 250-L tanks, and fed *ad libitum* four times a day. Fish fed with ZnO-supplemented diets, regardless of the supplementation level, showed a significantly higher weight gain than the animals fed with Zn-AA-supplemented diets ($P < 0.05$). Besides, food conversion and protein efficiency ratio of fish fed with ZnO were significantly better than the verified for fish fed with Zn-AA-supplemented diets. The proximal composition of fish carcasses was statistically similar ($P > 0.05$) for different experimental treatments. The experiment showed that Zn-AA supplementation produced worse fish growth performance than ZnO.

Key words: mineral nutrition, trace-elements, zinc chelate, Nile tilapia.

Introdução

O zinco, por ser cofator indispensável para o correto funcionamento de várias enzimas como desidrogenases, aldolases, peptidases e fosfatases, é elemento vital para o bom desenvolvimento e manutenção da saúde dos animais (Lall, 1989). Os

peixes, em particular, conseguem absorver diretamente da água apenas parte do zinco de que necessitam para atender sua exigência nutricional (Spry *et al.*, 1988). Os peixes, portanto, assim como os animais terrestres, também dependem da ingestão de zinco na dieta para manutenção adequada de seu nível orgânico (NRC, 1993).

A exigência dietética de zinco para peixes cultivados está compreendida entre 15 e 40mg/kg (Watanabe *et al.*, 1997). Os sinais clínicos de deficiência nutricional de zinco são a redução do apetite, a retardo no crescimento, a baixa concentração de zinco nos ossos e no sangue, ocorrência de cataratas e a erosão das nadadeiras e da pele (Satoh *et al.*, 1987).

Os alimentos vegetais que são comumente utilizados no fabrico de rações para peixes cultivados, como o farelo de soja e o milho, contêm zinco grandemente indisponível aos animais. Isso se deve à complexação do zinco com fatores antinutricionais presentes nesses alimentos, principalmente com o ácido fítico, que é a forma predominante de armazenamento de fósforo nos vegetais (Gatlin e Wilson, 1984). Pelo fato de os peixes, assim como outros animais monogástricos, não apresentarem atividade significativa da enzima fitase, que é necessária para hidrólise e aproveitamento de fitatos, o zinco preso ao fitato não é absorvido, sendo excretado do organismo juntamente com as fezes (Richardson *et al.*, 1985).

Por esse motivo, as dietas balanceadas para piscicultura, produzidas pela indústria de nutrição animal, são suplementadas com fonte inorgânica de zinco, de tal forma que se garanta o atendimento da exigência nutricional dos peixes para zinco (Lorentzen e Maage, 1999). A fonte inorgânica de zinco mais utilizada pelas fábricas de suplementos minerais no Brasil é o óxido de zinco (ZnO), que é incluído para fornecer de 30 – 150mg Zn/kg de ração para peixes onívoros (Anfal, 2000).

Além das tradicionais fontes suplementares inorgânicas de zinco, existem as chamadas fontes suplementares orgânicas de zinco, que são complexos organometálicos nos quais o zinco está ligado, em vários pontos, a alguma molécula orgânica, usualmente aminoácidos ou pequenos peptídeos (Apines *et al.*, 2001). Segundo Ashmead e Zunino (1992), a complexação do elemento mineral a um aminoácido ou peptídeo pode aumentar a absorção do mineral no trato digestivo, por evitar que o mesmo forme compostos insolúveis com os fatores antinutricionais presentes na dieta e por facilitar o seu transporte através das membranas absorptivas do organismo.

Para a tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, espécie de peixe mais cultivada no Brasil atualmente (Boscolo *et al.*, 2002), não há informações disponíveis sobre os efeitos dos complexos de zinco no crescimento animal. Nesse sentido, alevinos de tilápia do Nilo foram mantidos em laboratório e alimentados com dietas vegetais práticas suplementadas com diferentes níveis de zinco, a partir do ZnO ou de um complexo zinco-aminoácido (Zn-AA). O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos do Zn-AA sobre o desempenho produtivo e a

composição da carcaça da tilápia do Nilo, em relação ao verificado com o uso da tradicional fonte suplementar de zinco, ZnO, tendo em vista sua utilização como fonte suplementar de zinco, em dietas à base de soja e de milho.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no AquaNutri - Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, FMVZ – Unesp, Câmpus de Botucatu, Estado de São Paulo, laboratório associado ao Centro de Aqüicultura da Unesp.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4, quando se testou 2 fontes suplementares de zinco, ZnO e Zn-AA, em 4 níveis de suplementação, 30, 90, 150 e 210mg Zn/kg dieta. Além desses, forneceu-se a 4 grupos de peixes a dieta basal não-suplementada com zinco, que serviu como controle experimental. Havia 4 repetições para cada tratamento, constituídas por grupos de 7 alevinos de tilápia do Nilo, revertidos sexualmente para macho, com peso médio inicial de $1,79 \pm 0,10$ g, os quais foram distribuídos aleatoriamente em 36 aquários de 250-L. O período experimental teve a duração de 75 dias.

Os aquários experimentais faziam parte de um sistema de recirculação de água, servido por um biofiltro de 250L para cada conjunto de 20 aquários, visando à manutenção da qualidade físico-química da água. A temperatura foi mantida dentro da faixa de conforto para a espécie, 24°C - 27°C, por meio de aquecedores controlados por termostato digital. Semanalmente, com a utilização de oxímetro eletrônico determinou-se a concentração de oxigênio dissolvido na água, a qual manteve-se em $5,5 \pm 0,25$ mg/L.

Foram formuladas 8 dietas experimentais isoprotéicas (28% de proteína bruta), isoenergéticas (3000 kcal energia digestível/kg) e com a mesma concentração de fibra bruta (7,5%; Tabela 1). Os ingredientes utilizados nas dietas foram finamente moídos para a obtenção de melhor homogeneidade da mistura. Após a peletização, as rações foram desidratadas a 55°C por 24 horas em estufa com circulação forçada de ar, sendo, posteriormente, com o auxílio de um moinho de disco, fracionadas em grânulos com diâmetro entre 1,8mm - 2,7mm. Os péletes foram embalados, identificados e armazenados a -18°C. As porções a serem utilizadas a cada semana eram mantidas em refrigerador. Os peixes foram alimentados diariamente *ad libitum*, nos horários das 8h 30min., 11h 30min., 14h 30min. e 17h 30min.

Tabela 1. Composição percentual (base na matéria natural) e nutritiva (base na matéria seca) da dieta basal.

Ingredientes	%
Farelo de soja	54,70
Fubá de milho	35,97
Óleo de soja	1,60
Fosfato bicálcico	2,65
Calcário calcítico	0,09
Sal comum	0,50
Suplemento mineral-vitaminico sem zinco ¹	0,50
Butil-hidroxitolueno	0,02
Alginato	0,50
Celulose	3,47
Óxido de zinco 80,2% Zn	-
Complexo zinco-aminoácido 10,0% Zn	-
Proteína bruta (%)	28,19
Energia digestível (kcal/kg) ²	3012
Extrato etéreo (%)	4,25
Fibra bruta (%)	7,49
Zinco (mg/kg)	40,93

¹O suplemento mineral-vitaminico contém, por kilograma: ferro, 10g; cobre, 0,8g; manganês, 4g; iodo, 20mg; cobalto, 2mg; selênio 20mg; vitamina A, 1.200.000 IU; vitamina D₃, 200.000 IU; vitamina E, 12g; vitamina K₃, 2,4g; vitamina B₁, 4,8g; vitamina B₂, 4,8g; vitamina B₆, 4g; vitamina B₁₂, 4,8g; ácido fólico, 1,2g; pantotenato de cálcio 12g; biotina, 0,8g; niacina, 24g (SUPRE MAIS, Valinhos, São Paulo); ²Energia digestível da dieta calculada de acordo com Pezzato (2001) e Syntayehu *et al.* (1996).

Ao final de 75 dias, efetuou-se a biometria final dos peixes, momento em que foi determinado o peso do lote em cada aquário. Para a avaliação do desempenho produtivo dos animais foram observados, para cada unidade experimental, o ganho em peso, a conversão alimentar, a taxa de eficiência protéica e a sobrevivência. Foram coletados três peixes de cada aquário, ao final do experimento, para a determinação da composição bromatológica da carcaça dos peixes. Determinara-se, nas carcaças dos peixes, as concentrações de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas segundo Silva (1990).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância para experimentos em arranjo fatorial, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, sempre que havia diferença significativa (Vieira e Hoffmann, 1989). Adotou-se o nível de significância de 5%.

Resultados e discussão

Desempenho produtivo

Os resultados de ganho em peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica e sobrevivência de alevinos de tilápia do Nilo arraçados, durante 75 dias, com dietas práticas suplementadas com diferentes fontes e níveis de zinco, estão apresentados na Tabela 2.

Os peixes alimentados com as dietas suplementadas com ZnO, independentemente do nível de suplementação utilizado, apresentaram ganho em peso significativamente maior que os animais arraçados com as dietas contendo Zn-AA ($P < 0,05$). Além disso, a conversão alimentar e a taxa de eficiência protéica (TEP) dos animais que receberam as dietas com ZnO foram significativamente melhores que aquelas apresentadas pelos peixes alimentados com as dietas suplementadas com Zn-AA. Não houve diferença significativa na sobrevivência dos peixes entre as dietas experimentais ($P > 0,05$).

Por ser exigido para o crescimento e a replicação celular (Cousins e Hempe, 1990), o zinco é micronutriente indispensável para a obtenção de taxas normais de ganho em peso nos animais (McClain e Gatlin, 1988). Um dos sinais clínicos típicos de deficiência nutricional de zinco é o retardo no crescimento dos peixes (Watanabe *et al.*, 1997).

Nesse sentido, Li e Robinson (1996), trabalhando com o bagre-do-canal, *Ictalurus punctatus*, e Maage *et al.* (2001), com o salmão do Atlântico, *Salmo salar*, observaram que os peixes alimentados com as dietas suplementadas com as fontes orgânicas de zinco testadas, zinco-metionina e zinco gluconato, respectivamente, apresentaram ganho em peso similar ao obtido pelos peixes alimentados com as dietas com a fonte inorgânica de zinco utilizada, sulfato de zinco ($P > 0,05$). Segundo esses autores, os resultados inesperados das fontes de zinco orgânico utilizadas, em relação à fonte inorgânica de zinco, deveu-se à pequena estabilidade química dos complexos de zinco que, por não resistirem ao ambiente ácido do estômago dos peixes, dissociaram o metal de sua matriz orgânica, expondo-o, dessa forma, à quelação com o ácido fítico.

Portanto os resultados de ganho em peso do presente trabalho sugerem que o Zn-AA, que foi utilizado como fonte suplementar de zinco, apresentava baixa estabilidade química, o que, por consequência, pode ter determinado menor absorção intestinal de zinco, em relação ao ZnO. Com isso, estabeleceu-se, provavelmente, um quadro de subnutrição de zinco nos peixes alimentados com a dieta suplementada com Zn-AA, explicando, dessa forma, o menor ganho em peso desses animais.

Tabela 2. Ganho em peso, conversão alimentar aparente, taxa de eficiência protéica e sobrevivência de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, arraçados, durante 75 dias, com dietas práticas suplementadas com diferentes fontes e níveis de zinco.

Fonte suplementar de zinco	Zinco suplementar (mg/kg)	Ganho em peso (g)	Conversão alimentar	TEP ²	Sobrevivência (%)
-	- ¹	36,54	1,22	2,68	96,43
ZnO ³	30	37,94	1,25	2,51	92,86
	90	37,95	1,24	2,58	92,86
	150	42,43	1,20	2,72	96,43
	210	37,53	1,25	2,43	96,43
	30	36,45	1,27	2,60	92,86
Zn-AA ⁴	90	36,92	1,31	2,36	85,71
	150	35,19	1,35	2,31	82,14
	210	34,46	1,37	2,06	85,71
Controle x tratamentos					
ANOVA P		ns	ns	ns	ns
Efeito fonte suplementar					
ZnO		39,10 ^{as}	1,23 ^a	2,56 ^a	94,64
Zn-AA		35,76 ^b	1,32 ^b	2,33 ^b	86,60
ANOVA P		0,05	0,05	0,01	ns
Efeito nível de suplementação					
30		37,20	1,26	2,56 ^a	92,86
90		37,43	1,27	2,47 ^{ab}	89,28
150		38,81	1,27	2,52 ^{ab}	89,28
210		36,00	1,31	2,24 ^b	91,07
ANOVA P		ns	ns	0,05	ns

Interação fonte x nível

ANOVA P	ns	ns	ns	ns
¹ A dieta basal continha 40,93 mg Zn/kg; ² Taxa de eficiência protéica = ganho em peso (g)/ingestão de proteína (g); ³ Óxido de zinco, qualidade comercial, com 80,2% Zn;				
⁴ Complexo zinco aminoácido, qualidade comercial, com 10,0% Zn; ⁵ Valores de uma mesma coluna que não compartilham uma mesma letra são estatisticamente diferentes entre si (P<0,05).				

A hipótese de menor absorção intestinal de zinco, a partir do Zn-AA, encontra sustentação nos resultados de conversão alimentar aparente e TEP (Tabela 2). A ação de certas enzimas digestivas, em especial proteases, como as carboxipeptidases, sofre influência do nível de zinco do organismo. Em situações de deficiência nutricional, por terem o zinco como elemento essencial de sua estrutura, as carboxipeptidases têm sua ação diminuída ou retardada (Ogino e Yang, 1978). Logo, a pior conversão alimentar e TEP dos peixes alimentados com as dietas suplementadas com Zn-AA em relação ao ZnO, sugere que, nesses indivíduos, houve menor digestão das proteínas da dieta, por deficiência catalítica de proteases zinco-dependentes. Com isso, haveria prejuízo na conversão da proteína da dieta em ganho em peso corporal e, conseqüentemente, na eficiência alimentar.

Tanto para o ZnO como para o Zn-AA não houve efeito significativo do nível de suplementação da dieta com zinco sobre o ganho em peso e conversão alimentar dos peixes. Contudo, combinando-se os resultados obtidos para o ZnO e o Zn-AA, a TEP dos peixes arraçoados com a dieta suplementada com 210mg Zn/kg foi significativamente menor que a TEP dos peixes que receberam a dieta com 30mg Zn/kg (P<0,05).

No trato gastrointestinal, o zinco e o ferro competem pelos mesmos sítios de ligação das moléculas transportadoras (Andersen *et al.*, 1996). Além disso, deficiência nutricional de ferro provoca anemia nos peixes, podendo levar ao retardo no crescimento e à piora na eficiência alimentar (Gatlin e Wilson, 1986). Assim, supõe-se que, nas dietas suplementadas com 210mg Zn/kg, possa ter havido exacerbação no antagonismo competitivo entre o zinco e o ferro, no lúmen intestinal, levando à queda na absorção de ferro. Com isso, a deficiência nutricional de ferro, provocada por excesso de zinco, pode ter prejudicado a conversão da proteína da dieta em ganho em peso corporal.

Composição bromatológica da carcaça

As composições das carcaças dos peixes, em matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral, quando alimentados com as diferentes dietas, foram estatisticamente similares entre si (P>0,05), sendo iguais, respectivamente, a 95,39 ± 0,77%; 61,49 ± 0,98%; 17,03 ± 1,95% e 11,59 ± 0,74% (média ± desvio-padrão; base na matéria original). Ramseyer *et al.* (1999) também não observaram diferença significativa na concentração de proteína

bruta na carcaça de trutas arco-íris, *Oncorhynchus mykiss*, quando alimentadas com dietas práticas, à base de farelo de soja e glúten de milho, suplementadas ou não com zinco.

Portanto os resultados acima indicam que a substituição do ZnO, como fonte suplementar de zinco, em dietas à base de ingredientes vegetais para tilápia do Nilo, pelo Zn-AA, não influencia a composição bromatológica da carcaça dos animais. Além disso, os presentes resultados apontam que o aumento no nível de suplementação de zinco, a partir do ZnO ou do Zn-AA, até 2105mg Zn/kg, não altera a composição proximal dos peixes. Logo, do ponto de vista da qualidade da carcaça da tilápia, não há benefício aparente na substituição da tradicional fonte inorgânica de zinco, ZnO, pela alternativa fonte orgânica, Zn-AA.

Conclusão

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que, em relação ao observado com o uso do ZnO, o Zn-AA acarretou pior desempenho produtivo nos peixes estudados. Além disso, a suplementação das dietas com mais de 150mg Zn/kg, para quaisquer das fontes suplementares de zinco testadas, prejudicou a utilização da proteína da dieta pelos animais.

Referências

- ANDERSEN, F. *et al.* An estimation of iron requirement of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. *Aquacult. Nutr.*, Oxford, v.2, p.41-47, 1996.
- APINES, M.J. *et al.* Bioavailability of amino acids chelated and glass embedded zinc to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fingerlings. *Aquacult. Nutr.*, Oxford, v.7, p.221-228, 2001.
- ASHMEAD, H.D.; ZUNINO, H. Factors which affect the intestinal absorption of minerals. In: ASHMEAD, H.D. The roles of amino acid chelates in animal nutrition. New Jersey: Noyes Publications, 1992. p.21-46.
- ANFAL-ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS. Guia prático de orientação ao aqüicultor. São Paulo: COAQ/Anfal, 2000.
- BOSCOLO, W.R. *et al.* Farinha de varredura de mandioca (*Manihot esculenta*) na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.31, n.2, p.546-551, 2002.
- COUSINS, R.J.; HEMPE, J.M. Zinc. In: BROWN, M.L. Present knowledge in nutrition. Washington: International Life Science Institute – Nutrition Foundation, 1990. p.251-260.
- GATLIN, D.M.; WILSON, R.P. Zinc supplementation of practical Channel catfish diets. *Aquaculture*, Amsterdam, v.41, p.31-36, 1984.
- GATLIN, D.M.; WILSON, R.P. Characterization of iron deficiency and the dietary iron requirement of fingerling

- channel catfish. *Aquaculture*, Amsterdam, v.52, p.191-198, 1986.
- LALL, S.P. The minerals. In: HALVER, J.E. Fish nutrition. San Diego: Academic Press, 1989. Cap.5. p.219-257.
- LI, M.H.; ROBINSON, E.H. Comparison of chelated zinc and zinc sulphate as zinc source for growth and bone mineralization of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed practical diets. *Aquaculture*, Amsterdam, v.146, p.237-243, 1996.
- LORENTZEN, M.; MAAGE, A. Trace elements status of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed a fish-meal based diet with or without supplementation of zinc, iron, manganese and copper from first feeding. *Aquacult. Nutr.*, Oxford, v.5, p.163-171, 1999.
- MAAGE, A. et al. Zinc gluconate and zinc sulfate as dietary zinc sources for Atlantic salmon. *Aquacult. Nutr.*, Oxford, v.7, p.183-187, 2001.
- McCLAIM, W.R.; GATLIN, D.M. Dietary zinc requirement of *Oreochromis aureus* and effects of dietary calcium and phytate on zinc bioavailability. *J. World Aquacult. Soc.*, New York, v.19, p.103-108, 1988.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirement of fish*. Washington: National Academic Press, 1993.
- OGINO, C.; YANG, G.Y. Requirement of rainbow trout for dietary zinc. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, Tokyo, v. 44, p.1015-1018, 1978.
- PEZZATO, L.E. *Digestibilidade em peixes*. 2001. Tese (Livro Docência) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- RAMSEYER, L. et al. Effect of dietary zinc supplementation and phytase pre-treatment of soybean meal or corn gluten meal on growth, zinc status and zinc-related metabolism in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Fish Physiol. Biochem.*, Amsterdam, v.20, p.251-261, 1999.
- RICHARDSON, N.L. et al. Influence of dietary calcium, phosphorus, zinc and sodium phytate level on cataract incidence, growth and histopathology in juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *J. Nutrit.*, Philadelphia, v.115, p.553-567, 1985.
- SATOH, S. et al. Availability to rainbow trout of zinc in white fish meal and various zinc compounds Nippon Suisan Gakkaishi, Tokyo, v.53, p.595-599, 1987.
- SILVA, D.J. *Análise de alimentos* (métodos químicos e biológicos). Viçosa: Imprensa Universitária/UFV, 1990. 165 p.
- SPRY, D.J. et al. Relative contribution of dietary and waterborne zinc in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Ottawa, v.45, p.32-41, 1988.
- SYNTAYEHU, A. et al. Apparent digestibility and growth experiment with tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed soybean meal, cottonseed meal and sunflower seed meal. *J. Appl. Ichthyol.*, Berlin, v.12, n.2, p.125-130, 1996.
- VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. *Estatística experimental*. São Paulo: Atlas, 1989.
- WATANABE, T. et al. Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*, Amsterdam, v.151, p.185-207, 1997.

Received on April 05, 2004.

Accepted on September 30, 2004.