

Relação zinco e ferro em dietas para larvas de tilápia (*Oreochromis niloticus*)

Rodrigo Aguiar da Silva¹, Altevir Signor¹, Aldi Feiden¹, Wilson Rogério Boscolo¹, Dacley Hertes Neu², Edionei Maico Fries¹

¹Curso de Engenharia de Pesca - Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, campus Toledo

²Programa de Doutorado em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá.

Resumo: Avaliou-se a suplementação de zinco e ferro na dieta sobre o desempenho produtivo de larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAQ, da Unioeste pelo período de 36 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com tratamentos dispostos em esquema fatorial com três níveis de zinco (0; 343 e 686mg.kg⁻¹ de ração) e três níveis de ferro (0; 267; 533mg.kg⁻¹ de ração), totalizando nove tratamentos com quatro repetições. Os peixes foram alimentados com uma dieta prática isoenergética, isoprotéica e isofosfórica suplementada com diferentes relações de zinco e ferro. Ao final do período experimental foi avaliado o desempenho produtivo e a sobrevivência dos peixes. Os dados foram submetidos a análise de regressão em esquema fatorial pelo software Statistic Analyses System. Os resultados indicaram que larvas alimentadas com dietas práticas ausentes de suplementação de zinco e ferro têm melhor peso final médio, e que a suplementação de zinco na dieta prejudica a sobrevivência. Portanto, em dietas práticas para larvas de tilápia não se recomenda a suplementação de ferro e zinco.

Palavras-crave: exigências nutricionais, minerais, desenvolvimento.

Zinc and iron ratio in the diet of tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae

Abstract: The supplementation of zinc and iron was valued in diet about growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae. The research was done in the Aquaculture Laboratory of Study Group of Aquaculture Management – GEMAQ of Unioeste for 36 days. The experimental design was completely randomized with treatments in factorial scheme with three levels of zinc (0; 343 and 686mgkg⁻¹ ration) and three levels of iron (0; 267 and 533mgkg⁻¹ ration) with nine treatments and four replicas. The fish were feed a practical diet same relation of energetic, protein and phosphoric supplemented with different iron and zinc relation. At the experimental end period were evaluated growth performance and survival of larvae and date were subject to the factorial scheme regression analyses by Statistical Analyses System software. The larvae feed with practical diets absent of zinc and iron supplementation presented better average final weight and the supplementation of zinc in diet prejudice the survival. Therefore, in practical diets to tilapia larvae iron and zinc supplementation is not recommended.

Keywords: nutritional exigency, minerals, development.

Introdução

Os peixes, como a maioria dos animais, suprem com facilidade sua demanda por nutrientes, através dos diferentes alimentos obtidos no ambiente natural (Gonçalves et al.,

2004). No entanto, durante o cultivo, principalmente quando utilizado sistemas altamente produtivos e intensificados, faz-se necessário a utilização de rações completas, pois o alimento natural não é capaz de atender as exigências nutricionais, uma vez que em altas densidades a demanda por nutrientes é maior que a produção do plâncton (Wilson et al., 2001).

Durante a fase inicial de desenvolvimento, o processo nutricional é ainda mais complicado, pois os animais ainda não possuem o sistema gastrointestinal completo, sendo necessária a utilização de organismos vivos ou uma ração finamente moída e nutricionalmente balanceada em aminoácidos, vitaminas e minerais para garantir um bom desempenho produtivo e sobrevivência.

Em virtude do grande crescimento da tilapicultura, muitos aspectos da nutrição dessa espécie, em suas diferentes fases de desenvolvimento vêm sendo estudados. No entanto as exigências de minerais para tilápia, como para a maioria das espécies, ainda não foram completamente determinadas e há discordância entre os resultados dos estudos existentes. Sabe-se que a deficiência de ferro limita a produção de hemoglobina, causa anemia, compromete a respiração celular e o desempenho produtivo. A deficiência de zinco também causa complicações principalmente à saúde dos peixes e um excesso de zinco ou ferro na dieta pode ser tóxico a esses animais, reduzir o desempenho produtivo e causar antagonismo competitivo com outros minerais (Satoh et al., 1987; Barros et al., 2002; Kwong e Niyogi, 2012).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar a relação da suplementação de zinco e ferro para larvas de tilápia do Nilo (*O. niloticus*).

Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAQ da Universidade Estadual do Oeste do Paraná nos meses de agosto e setembro de 2011. Foram utilizadas 540 larvas de tilápia do Nilo com aproximadamente cinco dias de idade, com peso médio de $8,48 \pm 3,26$ mg e comprimento inicial médio de $9,56 \pm 0,98$ mm. As larvas foram obtidas em uma piscicultura comercial, no interior da cidade de Toledo-PR, e percorreram cerca de 20 minutos de viagem até chegar ao Laboratório de Aquicultura do GEMAQ. As larvas foram distribuídas em um delineamento fatorial inteiramente casualizado com nove tratamentos (três níveis de suplementação de ferro 0; 267; 533mg.kg⁻¹ de ração e três níveis de suplementação de zinco 0; 343 e 686mg.kg⁻¹ de ração) com quatro repetições, totalizando 36 aquários com capacidade para 30 litros cada,

dotados de aeração constante por meio de mangueiras finas conectadas a um soprador de ar central. Cada unidade experimental foi constituída de um aquário com 15 larvas. As larvas foram alimentadas com rações fareladas isoproteicas, isofosfóricas e isoenergéticas, as quais constituíam-se nos diferentes tratamentos suplementados com níveis de zinco e ferro através do sulfato de zinco e sulfato de ferro (Tabela 1).

Tabela 1. Composição percentual e química das dietas experimentais.

Ingredientes	Suplementação de ferro e zinco em mg (Fe:Zn)								
	0:0	0:343	0:686	267:0	267:343	267:686	533:0	533:343	533:686
Farelo de soja	53,15	53,15	53,15	53,15	53,15	53,15	53,15	53,15	53,15
quirera de arroz	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Farinha de vicerias	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Milho	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44
Óleo de soja	4,65	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
Calcário	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
DL-Metionina	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Sal comum	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Butyl Hydroxy Toluene (BHT) ¹	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento (min. e vit.)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Nutrientes									
Amido (%)	19,58	19,58	19,58	19,58	19,58	19,58	19,58	19,58	19,58
Cálcio (%)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Fósforo total (%)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Gordura total (%)	7,49	7,49	7,49	7,49	7,49	7,49	7,49	7,49	7,49
Fibra bruta (%)	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Energia Digestível (Kcal ED/kg de dieta) ²	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400
Proteína digestível (%) ²	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00
Metionina total (%)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Metionina + cistina (%)	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Lisina total (%)	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11

¹Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 2.400.000; Vit. D3, 600000UI; Vit. E, 30000UI; Vit. K3, 3000mg; Vit. B1,4000mg; Vit. B2, 4000mg; Vit. B6, 3600mg; Vit. C, 60000mg; Vitamina B12, 8mg; Niacina, 20000mg; Pantotenato Ca,10000mg; Biotina, 200mg; Ác.Fólico, 1200mg; Inositol, 30000mg; Cloreto de Colina, 100000mg; Sulfato de Cobre pentahidratado, 3600mg; Sulfato de Manganês, 10000mg; Iodato de cálcio, 160mg; Selenito de sódio, 100mg; Sulfato de Cobalto, 120mg. O sulfato de zinco e o sulfato de ferro foram utilizados para a suplementação dos micro-minerais testados.

²Valores de energia e proteína digestíveis propostos por Pezzato et al. (2002), Meurer et al. (2003) e Boscolo et al. (2008).

O arraçoamento foi realizado até a saciedade aparente, cinco vezes ao dia, às 8h00; 11h00; 14h00; 16h00 e 18h00 horas. Os alimentos utilizados na elaboração das rações foram

moídos em moinho tipo martelo e peneirados em peneira com malha 0,5 mm. As sobras de rações e fezes foram sifonadas diariamente seguido de uma renovação de cerca de 40% da água antes do último arraçoamento.

Os parâmetros físicos e químicos da água como condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido foram aferidos uma vez por semana e a temperatura foi monitorada diariamente as 17h00. A qualidade da água dos aquários manteve-se dentro da faixa de conforto para a espécie, com valores médios de temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH de $25,0 \pm 1,54^\circ\text{C}$, $5,0 \pm 1,63\text{mg.L}^{-1}$, $0,065 \pm 0,0042\text{mS.cm}^{-1}$ e $7,44 \pm 0,66$, respectivamente. Esses parâmetros estão dentro do recomendado para o cultivo de peixes de clima tropical segundo Proença e Bittencourt (1994).

Ao final dos 36 dias de experimento os aquários foram esvaziados, os peixes anestesiados com benzocaína (75 mg.L^{-1}), contados, pesados e medidos para a determinação do desempenho produtivo. As variáveis analisadas foram peso final, ganho de peso, comprimento final, sobrevivência, fator de condição e taxa de crescimento específico. O cálculo do ganho de peso, taxa de sobrevivência, e TCE foram realizados utilizando-se as seguintes equações:

$$GP (g) = (Pf - Pi)$$

$$SOB (\%) = \left(\frac{nf}{ni}\right) 100$$

$$TCE (\% \text{ dia}) = \left(\frac{\ln pf - \ln pi}{t}\right) 100$$

Em que: nf = número de peixes nos aquários ao final do experimento; ni = número de peixes nos aquários no início do experimento; pf = peso final (g); pi = peso inicial (g); t = tempo do experimento (dias);

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade e normalidade e à análise de variância para experimentos em arranjo fatorial e quando observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) foi aplicado o teste de comparações múltiplas de Tukey. O programa estatístico utilizado para as análises foi o *Statistic Analyses System* (SAS, 2004).

Resultados e discussão

O peso final, o ganho de peso e o fator de condição (Tabela 2) foram influenciados pela relação ferro-zinco na dieta, o que corrobora com a literatura em que há existência dessa relação no metabolismo dos animais. Já para os parâmetros de comprimento final, taxa de crescimento específico e sobrevivência não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre as diferentes relações de ferro e zinco suplementados na dieta.

Tabela 2. Desempenho de larvas de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentadas com dietas suplementadas com diferentes relações ferro e zinco.

Minerais (mg.kg ⁻¹)		Parâmetros					
Ferro	Zinco	Peso final médio (g)	Ganho de peso (g)	Comprimento final médio (cm)	Fator de condição	Taxa de crescimento específico (% ao dia)	Sobrevivência (%)
0	0	0,94±0,47a	0,94±0,47a	3,41±0,70	2,13±0,26b	13,35±2,30	70,00±25,81
0	343	0,54±0,28ab	0,54±0,28ab	2,91±0,49	2,03±0,19b	11,89±1,75	55,00±13,74
0	686	0,53±0,19ab	0,52±0,20ab	2,64±0,26	2,75±0,27a	11,99±1,15	68,33±8,38
267	0	0,28±0,09b	0,28±0,09b	2,45±0,26	1,88±0,22b	10,20±0,97	56,66±16,77
267	343	0,78±0,29ab	0,78±0,30ab	3,27±0,54	2,17±0,24b	13,14±1,25	41,66±19,90
267	686	0,53±0,19ab	0,53±0,19ab	2,83±0,39	2,27±0,25ab	12,00±1,38	60,00±12,17
533	0	0,46±0,25ab	0,45±0,22ab	2,73±0,34	2,12±0,18b	11,52±1,33	68,33±11,38
533	343	0,58±0,32ab	0,57±0,33ab	2,86±0,57	2,25±0,07ab	12,01±1,86	38,33±6,38
533	686	0,45±0,10ab	0,45±0,09ab	2,72±0,21	2,22±0,01b	11,66±0,67	61,66±12,61

*Médias seguidas de letras idênticas não diferem em 5% pelo teste de Tukey.

O maior valor de peso final observado para as larvas de tilápia foi para o grupo de animais que recebeu ração sem a inclusão de ferro ou zinco nas dietas, porém, pode ser que a exigência tenha sido suprida pelo próprio alimento disponibilizado aos peixes, pois alguns ingredientes da dieta contêm minerais que podem ser disponibilizado aos peixes nessa fase de desenvolvimento. Em contrapartida, o menor resultado encontrado para o peso final, foi nos peixes alimentados com a relação ferro-zinco de 267:0 mg.kg⁻¹, possivelmente tais resultados estejam relacionados ao efeito de antagonismo na absorção desses minerais pelos peixes. Pois conforme relatado por Rutherford e Bird (2004) o ferro e o zinco competem pelo mesmo sítio de absorção e de acordo com Kwong e Niyogi (2012) influenciam na absorção de inúmeros outros minerais com importante função metabólica. As dietas (Sugiura et al., 1999; Breck et al., 2003), a fonte do mineral suplementado (Sá et al., 2005; Mitchikpe et al., 2008) ser ou não orgânica ou quelada pode resultar em perdas durante o processamento e conseqüentemente tais perdas influenciam os resultados de crescimento dos peixes.

Barros et al. (2002) observaram uma ligeira queda no ganho de peso de alevinos de tilápia que receberam dietas contendo níveis de ferro e vitamina C, os autores destacam que o excesso do mineral pode ser nocivo. Com os resultados do presente estudo, podemos sugerir que fatores intrínsecos ao metabolismo das larvas podem ter influenciado, e possivelmente a exigência já tenha sido atingida com a menor suplementação de ferro. O fornecimento de 30 mg.kg⁻¹ para o bagre do canal atende a exigência nutricional (Gatlin & Wilson, 1986) e para salmonídeos Anderson et al. (1997) indicaram 60 a 100 mg.kg⁻¹. Portanto, os níveis de ferro disponíveis aos peixes no atual estudo parecem estar em concentração mais elevadas do que a demanda, o que pode se tornar tóxico quando em excesso (Bury & Grossel, 2003). Talvez essa seja a resposta encontrada para o maior ganho de peso das larvas que foram alimentadas com a dieta sem a suplementação de ferro e zinco, que por consequência, tiveram um bom aproveitamento do conteúdo mineral presente nos alimentos da dieta prática.

Desjardins et al. (1987) determinaram, com base nas variáveis de crescimento, mortalidade e avaliações histológicas, que o nível tóxico de ferro para a truta-arco-iris, varia entre 86 e 265 mg de ferro.kg⁻¹ de dieta, valor este que está abaixo dos níveis avaliados neste estudo. Porém, na literatura encontram-se resultados contrários, em que Lim et al. (1996) avaliando a exigência de ferro para o bagre do canal, utilizando o ferro-metionina e sulfato ferroso observaram que o aumento na inclusão de ferro de 20 para 180 mg determinou de forma não significativa um discreto aumento no peso dos animais, já Barros et al (2002) avaliando a suplementação de ferro, na forma de sulfato ferroso, observaram que a suplementação de ferro em 40; 336 e 671 mg.kg⁻¹ de ração determinou aumento linear significativo do ganho de peso, consumo de ração e taxa de eficiência protéica.

De acordo com Eid & Ghonim (1994), alevinos de tilápia necessitam de apenas 30 mg.kg⁻¹ de zinco na dieta, essa quantidade é exigida para a manutenção do desempenho, eficiência alimentar e concentração do mineral no sangue e nos ossos. Sá et al. (2004) concluíram que o nível ideal de zinco na dieta para o ganho de peso de juvenis de tilápias é de 44,5 mg.kg⁻¹, enquanto para uma boa deposição óssea é de 79,51 mg.kg⁻¹, bem acima do menor nível testado no atual estudo.

O fator de condição também foi variável entre as diversas relações de ferro-zinco inclusas na ração. O maior valor encontrado para esse parâmetro foi quando fornecido aos peixes uma dieta isenta de ferro e suplementada com 686 mg de zinco.kg⁻¹. Por outro lado, os piores resultados do fator de condição foram observados nos peixes alimentados com a relação 0:0; 0:343; 267:0; 267:343; 533:0 e 533:686 mg.kg⁻¹ de ferro e zinco, respectivamente.

Boscolo et al. (2008) alimentando larvas de tilápia com níveis de óleo de tilápia encontraram fator de condição semelhante aos relatados no presente estudo, e conforme Lima-Junior et al. (2002) o FC é expresso como a relação massa-comprimento e é aceita como um indicador da avaliação do “bem-estar” do animal. Portanto, diferentes fontes alimentares pode fornecer um coeficiente interessante para esse parâmetro. Outro fator que pode explicar o bem estar é o fato de que os peixes cresceram em massa entre 33 (267:0 Fe:Zn) e 110% (0:0 Fe:Zn) e a sobrevivência ficou próxima ao encontrado em cultivos comerciais.

Embora o sinal de deficiência mais claro para larvas de peixes seja a baixa taxa de crescimento, deformidades e mortalidade também pode ser justificada, e de acordo com Watanabe et al. (1997) a ausência de zinco e ferro nas dietas pode provocar o retardo no crescimento, deficiências metabólicas e elevar taxas de mortalidade. No presente estudo não foi observado diferença com relação à sobrevivência ($p>0,05$) entre os diferentes tratamentos com níveis de suplementação de ferro e zinco na dieta. Entretanto, quando avaliados em separado as relações de ferro ou de zinco observou-se que a suplementação de zinco prejudicou ($p<0,05$) a sobrevivência dos peixes. Já para o crescimento o pior resultado foi observado nos peixes alimentados com a relação ferro:zinco de 267:0 mg.kg^{-1} de dieta.

Signor et al. (2010) ao avaliarem a influência de levedura autolisada e zinco no desempenho produtivo e respostas metabólicas da tilápia do Nilo, observaram que níveis acima de 600mg de Zn.kg^{-1} na dieta reduzem o desempenho produtivo e metabolismo de lipídeos em peixes e que níveis acima de 400mg prejudicam o metabolismo mineral. O aumento no nível de suplementação de zinco causou queda nos valores do fator de condição e da sobrevivência. Isso se deve provavelmente ao fato de que os níveis de zinco 343 e 686 mg.kg^{-1} incluídos na dieta podem ter sido excessivos, reduzindo o desempenho produtivo dos peixes. A exigência de zinco descrita por Sá et al. (2005) é 30 mg.kg^{-1} de dieta que é inferior ao menor nível de inclusão de zinco testado (343mg). Conforme aumentou o nível de inclusão de zinco na dieta provocou oscilação do fator de condição dos peixes, sendo que quando isentos da suplementação, o FC e a sobrevivência tiveram seus maiores valores.

Provavelmente a controvérsia de resultados obtidos por diferentes autores e os obtidos no presente estudo se deva a utilização de diferentes fontes de ferro e zinco testados. Assim como ao uso de diferentes ingredientes que apresentam distintas quantidades de fatores anti-nutricionais e fatores que facilitam a absorção do ferro. A espécie e fase de desenvolvimento também são fatores que podem influenciar nos resultados. Contudo, mais estudos são necessários para se determinar a exigência de micronutrientes por peixes. Outro fator que

merece atenção são as fontes de minerais quelados que não irão interferir na absorção de outros minerais poderão facilitar na tomada de decisões sobre a exigência das diversas espécies e fases de desenvolvimento.

Conclusões

A interação ferro:zinco na dieta influencia o crescimento em peso e o fator de condição das larvas de tilápia. Em dietas práticas conforme a testada no presente estudo não indica-se a suplementação de zinco e ferro.

Referências bibliográficas

- ANDERSEN, F.; LORENTZEN, M.; WAAGBO, R.; MAAGE, A. Bioavailability and interactions with other micronutrients of three dietary iron sources in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. smolts. **Aquaculture Nutrition**, v.3, p.239–246, 1997
- BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; KLEEMANN, G.K.; HISANO, H.; ROSA, G.J.M. Níveis de vitamina C e ferro para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de zootecnia**. v. 31, n.6, p. 2149-2156, 2002.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 13, n. 2, p. 539-545, 2002.
- BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.A.; SIGNOR, A.; FEIDEN, A.; REIDEL, A.; BOSCOLO, R.J. Substituição parcial e total do óleo de soja pelo óleo de tilápia em rações para larvas de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Semina**, v. 29, n. 3, p. 707-712, 2008.
- BRECK, O.; BJERKAS, E.; CAMPBELL, P.; ARNESEN, P.; HALDORSEN, P.; WAAGGO, R. Caract preventative role of mammalian blood meal, histidine, iron and zinc in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) of different strains. **Aquaculture Nutrition**, v.9, p. 341-350, 2003.
- BURY, N.; GROSELL, M. Iron acquisition in teleost fish. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v. 135, p. 97-105, 2003.
- DESJARDINS, L.M.; HICKS, B.D.; HILTON, J.W. Iron catalyzed oxidation of trout diets and its effect on the growth and physiological response of rainbow trout. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 3, p. 173-182, 1987.
- EID, A.E.; GHONIM, S.I. Dietary zinc requirement of fingerling *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 119, p. 259-264, 1994.

- GATLIN, D.M.; WILSON, P.W. Characterization of iron deficiency and the dietary iron requirement of fingerling channel catfish. **Aquaculture**, v. 52, p. 191-198, 1986.
- GONÇALVES, G.S. ET AL. Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 3, p. 313-321, 2004.
- KHONG, R.W.M.; NIYOGI, S. Cadmium transport in isolated enterocytes of freshwater rainbow trout: Interactions with zinc and iron, effects of complexation with cysteine, and an ATPase-coupled efflux. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part C**, v. 155, p. 238-246, 2012.
- LIM, C.; SEALEY, W.M.; KLESSIUS, P.H. Iron methionine and iron sulfate as sources of dietary iron for channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 27, p. 290–296, 1996.
- LIMA-JUNIOR, S.E.; CARDONE, I.B.; GOITEIN, R. Determination of a method determination for calculation of Allometric Condition factor of fish. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 2, p. 397-400, 2002.
- MITCHIKPE, E.C.S.; ROSSA, R.A.M.; ATEGBO, E.A.D.; RAAIJ, J.M.A.V.; HULSHOF, P.J.M.; KOK, F.J. The supply of bioavailable iron and zinc may be affected by phytate in Beninese children. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 21, p. 17–25, 2008.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1801-1809, 2003.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.
- PROENÇA, E. C. M.; BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA, 1994. 195 p.
- RUTHERFORD, J.C.; BIRD, A.J. Metal-responsive transcription factors that regulate iron, zinc, and copper homeostasis in eukaryotic cells. **Eukaryotic cell**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2004.
- SÁ, M.V.C.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; PADILHA, P.M. Optimum zinc supplementation level in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* juveniles diets. **Aquaculture**, v. 238, p. 385-401, 2004.
- SÁ, M.V.C; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; PADILHA, P.M. Relative bioavailability of zinc in supplemental inorganic and organic sources for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p.273-281, 2005.

SAS Institute Inc. **SAS User's guide statistics**. 2004. 9^a ed, Cary, North Caroline: SAS Institute Inc., 9.1.3.

SATOH, S.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Availability to rainbow trout of zinc in white fish meal and various zinc compounds. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 53, p. 595-599, 1987.

SIGNOR, A; PEZZATO, L.E; PADILHA, P.M; PADOVANI, C.R; BARROS, M.M. Desempenho produtivo e respostas metabólicas de tilápias-do-nilo alimentadas com rações suplementadas com levedura autolisada e zinco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39 n. 12. P. 2560-2568, 2010.

SUGIURA, S.H.; RABOY, V.; YOUNG, K.A.; DONG, F.M.; HARDY, R.W. Availability of phosphorus and trace elements in low-phytate varieties of barley and corn for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v. 170, p. 285–296, 1999.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**. v. 151, p. 185-207, 1997.

WILSON, J.F.; WEISS, D.A.; RICHARDS, M.; THOMAS, M.G.; BRADMAN, N.; GOLDSTEIN, D.B. Genetic evidence for different male and female roles during cultural transitions in the British Isles. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 98, p. 5078–5083, 2001.

Recebido para publicação em: 03/10/2012

Aceito para publicação em: 22/11/2012