

# Fitase líquida em dieta extrusada para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Tarcila Souza de Castro Silva<sup>1\*</sup>, Wilson Massamitu Furuya<sup>2</sup>, Lílian Dena dos Santos<sup>2</sup>, Keila Micheli Fujii<sup>2</sup>, Mariana Michelato<sup>2</sup> e Bruno Shiguelo Iwamoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: tarcilazoo@yahoo.com.br

**RESUMO.** Este trabalho foi realizado para avaliar a utilização de fitase líquida sobre o desempenho de juvenis de tilápia do Nilo. Foram utilizados 176 peixes com peso inicial de  $45,84 \pm 3,31$  g, alimentados com dietas sem e com 250; 500 e 1.000 unidades de fitase (UF)  $\text{kg}^{-1}$  da dieta, durante 62 dias. Foi utilizada dieta-controle com 3012 kcal de energia  $\text{kg}^{-1}$ , 29% de proteína bruta e 0,23% de fósforo disponível. Os peixes foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Não foi observado efeito dos níveis de inclusão de fitase sobre o consumo, índice hepatossomático, gordura visceral, sobrevivência, retenção de cálcio nos ossos e teores de umidade, proteína bruta e cinzas na carcaça. Foi observado efeito linear crescente dos níveis de fitase sobre a retenção de fósforo e sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e do fósforo das dietas. Foi observado efeito quadrático dos níveis de suplementação de fitase sobre o ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica, rendimento de carcaça e gordura na carcaça, em que foram estimados os valores de 350; 500; 500; 516 e 647 UF  $\text{kg}^{-1}$  de dieta para melhor valor destas variáveis, respectivamente. Conclui-se que a utilização 500 UF  $\text{kg}^{-1}$  é adequada em dietas para juvenis de tilápia do Nilo.

**Palavras-chave:** aqüicultura, desempenho, enzima, minerais, peixe.

**ABSTRACT.** Liquid phytase in extruded diet for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). This study was undertaken to evaluate the effects of liquid phytase on the performance of juvenile Nile tilapia. It was used 176 fish ( $45.84 \pm 3.31$  g). The fish were fed diets without phytase and with 250; 500 and 1,000 phytase units (PU)  $\text{kg}^{-1}$  of diet, during 62 days. A control diet was used containing 3,012 kcal digestible energy  $\text{kg}^{-1}$ , 29% crude protein and 0.23% available phosphorus. The fish were assigned to a randomized block design, with four treatments and four replications. No effect was observed on the levels of dietary phytase on feed intake, hepatosomatic index, visceral fat, survival, as well as on the retention of bone calcium, carcass moisture, crude protein and ash. A linear increase was observed in phosphorus retention and on the apparent digestibility coefficients of dietary crude protein and phosphorus. A quadratic effect was observed for weight gain, feed conversion ratio, protein efficiency ratio, carcass yield and carcass fat, which increased up to 350; 500; 500; 516 and 647 PU  $\text{kg}^{-1}$ , respectively. It was concluded that the use of 500 PU  $\text{kg}^{-1}$  is adequate in diets for juvenile Nile tilapia.

**Key words:** aquaculture, performance, enzyme, minerals, fish.

## Introdução

Entre os setores de produção animal, a aqüicultura é o que se expande mais rapidamente. A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) destaca-se nas criações pela rusticidade, precocidade e por apresentar filés sem espinhos em “Y” e com boas características organolépticas; é uma das espécies de água doce cuja produção vem crescendo rapidamente no Brasil (FAO, 2007).

Por ser uma espécie onívora, utiliza

eficientemente os carboidratos, fato que possibilita utilização de fontes alternativas de proteína e de energia de origem vegetal. No entanto, os alimentos de origem vegetal que, geralmente, são utilizados em dietas para peixes contêm cerca de 70% do fósforo na forma indisponível (Storebakken *et al.*, 1998). O fósforo é considerado o primeiro nutriente limitante em dietas elaboradas com alimentos de origem vegetal para peixes (Power-Hughes e Soares, 1998; Furuya *et al.*, 2004), e é essencial para esses animais. Sua deficiência leva à redução na taxa de crescimento

(Andrews et al., 1973; Baeverfjord et al., 1998), piora na eficiência alimentar, baixa mineralização óssea (Vielma et al., 1998; Baeverfjord et al., 1998; Debnath et al., 2005b) e aumento do conteúdo de gordura na carcaça (Sakamoto e Yone, 1978).

Vários estudos têm sido realizados para determinar os efeitos da suplementação da enzima fitase em dietas sobre o desempenho e a disponibilidade de fósforo e da proteína bruta. Os efeitos positivos foram obtidos com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Spinelli et al., 1983; Rodehutsord e Pfeffer, 1995; Lanari et al., 1998; Vielma et al., 1998; Forster et al., 1999; Biswas et al., 2007), salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (Storebakken et al., 1998; Denstadli et al., 2007), “seabass” (*Dicentrarchus labrax*), (Oliva-Teles et al., 1998), “striped bass” (*Morone saxatilis*) (Power-Hughes e Soares, 1998), bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (Jackson et al., 1996) e com a tilápia do Nilo (Furuya et al., 2001a; Liebert e Portz, 2007). A fitase foi recentemente avaliada em dietas para alevinos de *Pangasius pangasius* e de *Labeo rohita* por Debnath et al. (2005a e b) e Baruah et al. (2005), respectivamente, que comprovaram os benefícios da utilização dessa enzima sobre a disponibilidade e desempenho dos peixes.

O aumento na produtividade requer a utilização de dietas completas, pois o alimento natural não é capaz de atender às exigências dos peixes, principalmente quando criados em gaiolas, visto que as deficiências ou desequilíbrios de nutrientes podem acarretar em perdas de produtividade e, conseqüentemente, menor retorno econômico. Nos últimos anos, os nutricionistas têm direcionado seus estudos no sentido de obter informações que possam contribuir para reduzir os teores de nitrogênio e fósforo das dietas. Trabalhos recentes têm demonstrado a possibilidade de utilizar dietas isentas de farinha de peixe, desde que suplementada com fonte inorgânica de fósforo e aminoácidos sintéticos. Pela possibilidade de aumentar a disponibilidade do fósforo presente nos ingredientes de origem vegetal, por meio da suplementação de fitase exógena, tornam-se necessários estudos que avaliem a redução na inclusão de fonte inorgânica de fósforo, objetivando o máximo desempenho produtivo dos peixes, o menor custo com a alimentação e a manutenção da qualidade da água, de modo a permitir a criação sustentável de peixes.

A dieta é a principal fonte de poluição em criações intensivas de peixes, e os avanços tecnológicos, incluindo o uso da enzima fitase, podem contribuir para a criação sustentável, pois trabalhos têm demonstrado que a inclusão de fitase

aumenta a disponibilidade do fósforo o qual aumenta o coeficiente de digestibilidade da proteína (McCuaig et al., 1972). As dietas extrusadas são amplamente utilizadas para peixes com o objetivo principal de facilitar o manejo. No entanto, em função da elevada temperatura durante a extrusão, há necessidade da adição de fitase após extrusão e secagem do grânulo para permitir a ação da enzima.

O presente trabalho foi realizado para avaliar a suplementação de fitase líquida em dieta extrusada para juvenis de tilápia do Nilo, em tanques de recirculação.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Aqüicultura da Universidade Estadual de Maringá – UEM, nos meses de janeiro a março de 2005, durante 62 dias. Foram utilizados 176 peixes sexualmente revertidos na fase larval, pesando em média  $45,84 \pm 3,31$  g, provenientes da Estação de Piscicultura Aquabel (Rolândia, Paraná, Brasil).

Foram utilizados quatro tanques de recirculação, com renovação diária de água de sete vezes, com volume unitário de  $1 \text{ m}^3$ . Em cada tanque, foram distribuídas quatro gaiolas cilíndricas, com volume unitário útil de  $0,16 \text{ m}^3$ , mantidas com sistema de aeração individual por meio de pedra porosa acoplada a um soprador.

A partir de uma dieta-controle com 3.012 kcal de energia digestível  $\text{kg}^{-1}$ , 29% de proteína bruta e 0,23% de fósforo disponível (Tabela 1), foram adicionadas 250, 500 e 1.000 unidades de fitase (UF)  $\text{kg}^{-1}$  de dieta (Tabela 1).

Foi utilizada fitase líquida [Natuphos-5000®, BASF], com 5.000 unidades de fitase (UF)  $\text{g}^{-1}$  de produto. Cada dieta foi homogeneizada em misturador manual (V) e extrusada em extrusor de rosca simples, da Fazenda Experimental de Iguatemi, Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, em matriz de 3 mm. Os grânulos foram desidratados em estufa de ventilação forçada a  $55^\circ\text{C}$  e foram armazenados em geladeira a  $5^\circ\text{C}$ . A enzima foi adicionada por aspersão por meio de bomba manual, após extrusão e secagem dos grânulos.

As dietas foram fornecidas manualmente até atender ao consumo voluntário dos peixes. A taxa e frequência de arraçamento foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Jauncey e Ross (1982) para tilápias.

Todos os peixes foram pesados ao início e no final do experimento. O oxigênio dissolvido foi mantido entre 4 a  $6 \text{ mg L}^{-1}$ , por meio de pedra porosa acoplada a um soprador e, a temperatura foi

mantida entre 28 a 30°C por meio de aquecedores de 150 Watts.

**Tabela 1.** Composição percentual e calculada da dieta basal.

**Table 1.** Percentual and calculated composition of basal diet.

Ingrediente <i>Ingredient</i>	%
Quirera de arroz <i>Ground rice</i>	47,93
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	42,00
Farinha de peixe <i>Fish meal</i>	8,40
Calcário <i>Limestone</i>	0,80
DL-metionina <i>DL-Methionine</i>	0,20
Suplemento mineral e vitamínico <sup>1</sup> <i>Vitamin and mineral supplement</i>	0,10
Sal <i>Salt</i>	0,50
Vitamina C <sup>2</sup> <i>Vitamin C</i>	0,05
BHT <sup>3</sup> <i>BHT</i>	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>
<i>Total</i>	
Matéria seca (%) <sup>4</sup> <i>Dry matter</i>	93,90
Energia digestível (kcal kg <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup> <i>Digestible energy</i>	3012,00
Proteína bruta (%) <sup>4</sup> <i>Crude protein</i>	29,00
Extrato etéreo (%) <sup>4</sup> <i>Ether extract</i>	5,73
Fibra bruta (%) <sup>4</sup> <i>(Crude fiber)</i>	5,67
Cálcio (%) <sup>4</sup> <i>Calcium</i>	0,98
Fósforo total (%) <sup>4</sup> <i>Total phosphorus</i>	0,88
Fósforo disponível (%) <sup>4</sup> <i>Available phosphorus</i>	0,23
Lisina (%) <sup>4</sup> <i>Lysine</i>	1,52
Metionina (%) <sup>4</sup> <i>Methionine</i>	0,60
Metionina + cistina (%) <sup>4</sup> <i>Methionine + Cystine</i>	0,92

<sup>1</sup>Suplemento mineral e vitamínico (*vitamin and mineral supplement*) (Supre Mais): composição por kg (*composition per kg*): Vit. A = 1200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 2.400 mg; vit. B1 = 4.800 mg; vit. B2 = 4.800 mg; vit. B6 = 4.000 mg; vit. B12 = 4.800 mg; ác. Fólico (*folic acid*) = 1.200 mg; pantotenato de Ca (*pantothenic calcium*) = 12.000 mg; vitamina C (*vitamin C*) = 48.000 mg; biotina (*biotin*) = 48 mg; colina (*choline*) = 65.000 mg; niacina (*niacin*) = 24.000 mg; Fe = 10.000 mg; Cu = 600 mg; Mg = 4.000 mg; Zn = 6.000 mg; I = 20 mg; Co = 2 mg e Se = 20 mg. <sup>2</sup>Vitamina C (*vitamin C*): (42% de ácido ascórbico) (42% *ascorbic acid*). <sup>3</sup>Butil Hidroxi Tolueno (*Butylhydroxytoluene*). <sup>4</sup>De acordo com Furuya *et al.* (2001a e c). (*According to Furuya et al., 2001a and c*).

Para análise da composição química da carcaça dos peixes, após abate por meio de decapitação, foram retiradas as vísceras, nadadeiras, escamas, pele e cabeça. Para análise de minerais nos ossos, foram retirados os ossos pré-operculares da cabeça de todos os peixes de cada unidade experimental. Os ossos foram moídos em moinho bola e desengordurados por meio do sistema Soxlet, moídos novamente em moinho bola, para posterior análise de cálcio e fósforo nos ossos. A coleta dos ossos para determinação de minerais foi realizada segundo metodologia descrita por Furuya *et al.* (2001b).

Para determinação dos coeficientes de digestibilidade da proteína e disponibilidade do

fósforo de cada dieta pelos peixes, o manejo dos peixes, a manutenção dos parâmetros da água, a coleta de fezes e o preparo das fezes para análise laboratorial, foram realizados de acordo com a metodologia descrita por Pezzato *et al.* (2002). Os coeficientes de digestibilidade aparente foram determinados de acordo com a equação descrita por Nose (1960).

As análises químicas das dietas, carcaça e dos ossos foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – UEM, seguindo-se a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Os peixes foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos às análises de variância e regressão polinomial (UFV, 1982).

## Resultados e discussão

Na Tabela 2, são mostrados os valores médios de desempenho de juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com dietas sem e com inclusão de fitase líquida. Não foi observada mortalidade durante o período experimental. Não foram observados efeitos ( $p > 0,05$ ) da utilização de dietas com diferentes teores de inclusão de fitase líquida sobre as variáveis de consumo de ração, índice hepato-somático, gordura visceral e retenção de cálcio nos ossos. Também não foram observados sinais de anormalidades externas nos peixes dos diferentes tratamentos.

Em trabalho realizado com salmão do Atlântico (101 g), Sajjadi e Carter (2004) também não observaram efeitos da utilização de fitase (2000 UF kg<sup>-1</sup>) sobre o consumo de dieta e deposição de gordura na carcaça.

Entre as variáveis analisadas na Tabela 2, foi obtido elevado coeficiente de variação para a gordura visceral. Esse fato também foi constatado por Oliveira-Teles *et al.* (1998), em trabalho realizado com juvenis de “seabass”, alimentados com dietas elaboradas com base em proteína do farelo de soja sem e suplementadas com 0, 1000 e 2000 UF kg<sup>-1</sup> de dieta.

À medida que se aumentou o nível de inclusão de fitase, foi observado efeito quadrático ( $p < 0,05$ ) sobre o ganho de peso, sendo estimado o máximo ganho de peso com 350 UF kg<sup>-1</sup> de dieta. O valor de fitase obtido, neste estudo, para o máximo ganho de peso dos peixes, é inferior aos de Rodehutschord e Pfeffer (1995), Lanari *et al.* (1998) e Vielma *et al.* (1998), em trabalhos realizados com a truta arco-íris,

sendo que os autores observaram melhor valor desta variável pelos peixes que receberam dietas contendo 1.000; 1.000 e 1.500 UF kg<sup>-1</sup> de dieta, respectivamente. Também é inferior aos obtidos por Jackson *et al.* (1996) e Furuya *et al.* (2001a), que concluíram que a utilização de 500 UF kg<sup>-1</sup> de dieta foi suficiente para o máximo ganho de peso de juvenis de bagre do canal, tilápia do Nilo e *Pangasius pangasius*, respectivamente. Mais recentemente, Biswas *et al.* (2007) concluíram que somente com a adição de 2000 UF kg<sup>-1</sup> de dieta ocorreu ganho de peso comparável ao dos peixes que receberam a dieta-controle, sem adição de fitase, porém suplementada com farinha de peixe como fonte de fósforo e cálcio.

**Tabela 2.** Valores médios de desempenho de juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com dietas sem e com níveis crescentes de fitase líquida.

**Table 2.** Mean values of performance of juveniles of Nile tilapia, fed diets without and with graded levels of liquid phytase.

Parâmetro Parameter	Fitase (UF kg <sup>-1</sup> de dieta) Phytase (PU kg <sup>-1</sup> of diet)				CV(%) <sup>1</sup>
	0	250	500	1000	
Peso inicial (g) Initial weight	44,89	46,03	46,46	46,00	7,93
Peso final (g) Final weight	92,51	93,97	96,89	93,92	7,25
Ganho de peso (g) <sup>2</sup> Weight gain	47,63	47,95	50,43	47,92	9,72
Consumo de ração (g peixe <sup>-1</sup> ) Feed intake	76,84	73,70	75,18	78,44	7,96
Conversão alimentar <sup>2</sup> Feed conversion ratio	1,62	1,54	1,49	1,64	6,81
Taxa de eficiência protéica <sup>2</sup> Protein efficiency ratio	2,14	2,24	2,32	2,11	6,93
Índice hepato-somático Hepatosomatic index	2,27	2,04	2,07	2,01	9,82
Gordura visceral (%) Visceral fat	0,73	0,55	0,67	1,29	53,55
Rendimento de carcaça (%) <sup>2</sup> Carcass yield	84,79	84,19	85,32	84,90	1,73

<sup>1</sup>CV = Coeficiente de variação (coefficient of variation). <sup>2</sup>Efeito quadrático (Quadratic effect) (p < 0,05): ganho de peso (weight gain) (Y = 49,0763 + 0,0063X - 0,000009X<sup>2</sup>; R<sup>2</sup> = 0,81) conversão alimentar (feed conversion ratio) (Y = 1,6287 - 0,0005X + 0,0000005X<sup>2</sup>; R<sup>2</sup> = 0,98); taxa de eficiência protéica (protein efficiency ratio) (p < 0,05): (Y = 2,1295 + 0,0007X - 0,0000007X<sup>2</sup>; R<sup>2</sup> = 0,98) e rendimento de carcaça (carcass yield): (Y = 84,1524 + 0,0031 - 0,000003X<sup>2</sup>; R<sup>2</sup> = 0,83).

A adição de fitase, nas dietas, resultou em efeito quadrático (p < 0,05) sobre a conversão alimentar e taxa de eficiência protéica, em que, para ambas as variáveis, foi estimado o valor de 500 UF kg<sup>-1</sup> de dieta para se obter seu melhor valor. Os efeitos positivos da utilização de fitase sobre o ganho de peso, conversão alimentar e taxa de eficiência protéica provavelmente ocorreram em função do aumento na digestibilidade da proteína (Vielma *et al.*, 2004; Denstadli *et al.*, 2007) e disponibilidade do fósforo (Cheng e Hardy, 2003; Yoo *et al.*, 2005), cálcio, magnésio, manganês, zinco, ferro, sódio, potássio, cobre e cobalto (Storebakken *et al.*, 1998; Debnath *et al.*, 2005b).

Os resultados da utilização de fitase estão

estritamente relacionados aos ingredientes utilizados, de acordo com o conteúdo de fósforo fítico e valores de cálcio da dieta. De forma geral, observa-se que os melhores resultados de inclusão de fitase em dietas de peixes foram obtidos em experimentos em que foram utilizadas dietas isentas de produtos de origem animal, pelo maior conteúdo de ácido fítico, o qual interfere na utilização e disponibilidade de diversos nutrientes. Segundo Sajjadi e Carter (2004), em dietas elaboradas com produtos de origem animal, os níveis de fósforo encontram-se próximo às exigências dos peixes, resultando em pequeno benefício quando se utiliza fitase.

Com o aumento do nível de inclusão de fitase, foi observado efeito quadrático (p < 0,05) sobre o rendimento de carcaça, sendo estimado o maior valor com 516 UF kg<sup>-1</sup> de dieta. O efeito positivo da adição de fitase sobre o aumento dessa variável ocorreu provavelmente em função da maior digestibilidade da proteína (Sajjadi e Carter, 2004) e dos aminoácidos (Debnath *et al.*, 2005a), além da maior disponibilidade do fósforo para fornecer energia para o processo de deposição de proteína.

A piora no ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica e rendimento de carcaça, obtidas pelos peixes que consumiram a dieta com 1000 UF kg<sup>-1</sup> de dieta pode estar relacionada com os efeitos da inclusão de fitase sobre o aumento na disponibilidade do fósforo e do cálcio, entre outros minerais. De acordo com Satoh *et al.* (1987), o aumento na disponibilidade do fósforo da dieta não é acompanhado pela disponibilidade do zinco, o que diminui a disponibilidade deste último mineral.

Para Porn-Ngam *et al.* (1993), à medida que a relação cálcio:fósforo da dieta se afasta de 1:1 (base em valores de cálcio e fósforo total), há aumento nos efeitos inibitórios do cálcio e/ou fósforo sobre a absorção do zinco. Ainda, quando há excesso de cálcio (alta relação cálcio:fósforo), esse mineral pode se ligar ao fósforo fítico que, por sua vez, liga-se ao zinco. Por outro lado, quando a relação cálcio:fósforo é baixa, ou seja, quando há excesso de fósforo, ocorre queda na absorção de cálcio e do zinco.

Na Tabela 3, são mostrados os valores de cálcio e fósforo nos ossos e composição de carcaça de juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com dietas sem e com 250; 500 e 1.000 UF kg<sup>-1</sup> de dieta.

Não foram observadas diferenças (p > 0,05) da utilização ou não de fitase sobre a retenção de cálcio nos ossos e nos teores de umidade, proteína bruta e cinzas na carcaça. Por outro lado, com o aumento na inclusão de fitase, foi observado aumento linear

( $p < 0,05$ ) sobre a deposição de fósforo nos ossos e efeito quadrático ( $p < 0,05$ ) sobre a composição de extrato etéreo na carcaça, sendo que o menor valor de extrato etéreo na carcaça foi estimado com 647 UP  $\text{kg}^{-1}$  de dieta.

**Tabela 3.** Valores médios de cálcio e fósforo nos ossos e composição de carcaça de juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com dietas sem e com níveis crescentes de fitase líquida.

**Table 3.** Mean values of bone calcium and phosphorus and carcass composition of juveniles of Nile tilapia, fed with diets without and with graded levels of liquid phytase.

Parâmetro Parameter	Fitase (UF $\text{kg}^{-1}$ de dieta) Phytase (PU $\text{kg}^{-1}$ of diet)				CV(%) <sup>1</sup>
	0	250	500	1000	
	Carcaça Carcass				
Umidade (%) Moisture	75,68	76,52	75,59	75,10	0,72
Proteína Bruta (%) Crude Protein	18,25	17,59	18,50	18,63	2,80
Extrato etéreo (%) <sup>2</sup> Ether extract	2,61	2,39	2,28	2,05	7,21
Cinzas (%) Ash	1,87	1,99	2,05	2,21	7,06
	Ossos Bone				
Cálcio (%) Calcium	22,62	22,63	22,43	22,90	0,93
Fósforo (%) <sup>3</sup> Phosphorus	21,36	21,41	21,51	21,31	1,77

<sup>1</sup>CV = Coeficiente de variação (Coefficient of variation). <sup>2</sup>Efeito quadrático (Quadratic effect) ( $p < 0,05$ ): ( $Y = 2,9165 - 0,0022X + 0,0000017X^2$ ;  $R^2 = 0,73$ ). <sup>3</sup>Efeito linear (Linear effect) ( $p < 0,07$ ): ( $Y = 21,3719 + 0,0002X$ ;  $R^2 = 0,95$ ).

No presente estudo, para a retenção de cálcio e fósforo nos ossos, os dados obtidos discordam dos registrados por Power-Hughes e Soares (1998) em trabalho realizado com “striped bass”, recebendo dieta com 800 UF  $\text{kg}^{-1}$ . Já, Debnath *et al.* (2005b), em trabalho com juvenis *Pangasius pangasius*, observaram melhor deposição de cálcio e fósforo com 500 e 350 UF  $\text{kg}^{-1}$ , respectivamente. As diferenças entre os resultados, possivelmente, estão relacionadas com os ingredientes utilizados, que proporcionaram diferentes valores desses nutrientes na dieta.

A mineralização óssea é uma variável representativa do “status” de fósforo em tilápia do Nilo. Dada a importante função na formação da estrutura óssea, um aumento no teor de fósforo em dietas para peixes resulta em aumento no conteúdo de fósforo nos ossos, levando ao concomitante aumento nos teores de vários minerais nos ossos (Borlongan e Satoh, 2001; Zhang *et al.*, 2006).

Para conteúdo de extrato etéreo na carcaça, o adequado nível de fósforo é necessário, pois atua no metabolismo, reduzindo a deposição de lipídios na carcaça. De acordo com Lall (2002), a deficiência de fósforo na dieta inibe a  $\beta$ -oxidação dos ácidos graxos e, conseqüentemente, a utilização de lipídios como fonte de energia, e, assim, os peixes utilizam a proteína como fonte alternativa de energia. Isso foi

demonstrado por Zhang *et al.* (2006) com a perca prata (*Lateolabrax japonicus*) que observaram redução linear nos teores de lipídios na carcaça com o aumento nos teores de fósforo disponível na dieta (0,3 a 1,3%), resultado também obtido por Yang *et al.* (2006), em estudo realizado com o “seabass” japonês.

Os níveis de fitase nas dietas resultaram em aumento crescente ( $p < 0,05$ ) sobre os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta e do fósforo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta e fósforo por juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com dietas sem e com níveis crescentes de fitase líquida.

**Table 4.** Apparent digestibility coefficients (ADC) of crude protein and phosphorus of juvenile Nile tilapia fed with diets without and with graded levels of liquid phytase.

CDA ADC	Fitase (UF $\text{kg}^{-1}$ de dieta) Phytase (PU $\text{kg}^{-1}$ of diet)				CV(%) <sup>1</sup>
	0	250	500	1000	
Proteína bruta (%) <sup>2</sup> Crude protein	91,05	91,61	92,10	92,77	1,35
Fósforo (%) <sup>2</sup> Phosphorus	68,00	68,59	73,09	72,37	1,19

<sup>1</sup>CV = coeficiente de variação (coefficient of variation). <sup>2</sup>Efeito linear ( $p < 0,07$ ): coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (apparent digestibility coefficient of crude protein) ( $Y = 6,7500 + 0,0017X$ ;  $R^2 = 0,87$ ); coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo (apparent digestibility coefficient of phosphorus) ( $Y = 67,7670 + 0,0061X$ ;  $R^2 = 0,70$ ).

O efeito positivo da adição de fitase sobre a disponibilidade do fósforo também foi encontrado por Vielma *et al.* (1998), em estudo realizado com a truta arco-íris; os autores avaliaram a suplementação de 0 e 1.500 UF  $\text{kg}^{-1}$  de dieta e observaram que a utilização de fitase elevou a disponibilidade do fósforo, que passou de 44,5% (dieta sem fitase) para 69,7% (dieta com fitase). Em trabalho realizado com juvenis de “striped bass” (*Morone saxatilis*), Power-Hughes e Soares (1998) observaram que a suplementação de dietas com fitase elevou a disponibilidade do fósforo, que passou de 29,7% (dieta sem fitase) para 82,8% (dieta com 800 UF  $\text{kg}^{-1}$ ). Valor inferior foi obtido por Storebakken *et al.* (1998), em estudo realizado com o salmão (*Salmo salar*), cuja disponibilidade do fósforo passou de 29,7% (dieta-controle e sem fitase) para 48,8% (dieta com 500 UF  $\text{kg}^{-1}$ ).

Mais recentemente, por causa da necessidade de considerar o impacto negativo da extrusão sobre a fitase adicionada em dietas para peixes, Denstadli *et al.* (2007) concluíram que a adição após extrusão foi eficiente em termos de ganho em peso, retenção de minerais nos ossos e digestibilidade da proteína e fósforo em juvenis de salmão do Atlântico. Para a tilápia do Nilo, Liebert e Portz (2007) observaram que os melhores valores de inclusão de fitase para maximizar os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, cálcio e fósforo foram de 750; 500 e

1.000 UF kg<sup>-1</sup>, respectivamente. As diferenças nos coeficientes de digestibilidade aparente, provavelmente, estão relacionadas ao tipo e nível dos alimentos utilizados para elaboração das dietas, assim como da espécie de peixe utilizada.

O fósforo é o nutriente mais limitante no farelo de soja, que, assim como diversos outros alimentos de origem vegetal utilizados na elaboração de dietas para peixes, possui mais de 50% do P na forma de ácido fítico, indisponível aos peixes, por não possuírem a enzima endógena que permite a utilização desse mineral. O ácido fítico compromete a utilização do fósforo e de diversos outros minerais, assim como o aproveitamento de alguns aminoácidos. Assim, avaliar a utilização de fitase líquida é de suma importância, principalmente em peixes criados em condições intensivas, submetidos, principalmente, a dietas extrusadas, objetivando viabilizar economicamente a utilização de fitase líquida por meio da menor inclusão de fonte inorgânica de fósforo, melhorando diretamente o desempenho, por meio da maior utilização de minerais e aminoácidos da dieta pelos peixes; e indiretamente, por meio da manutenção da qualidade da água.

Os resultados obtidos, no presente trabalho, demonstram que a suplementação de fitase líquida melhora o crescimento, a eficiência alimentar e a retenção de fósforo nos ossos e os coeficientes de digestibilidade para juvenis de tilápia do Nilo, e é recomendada sua utilização em dietas com elevadas proporções de alimentos de origem vegetal, uma vez que a maior parte do fósforo se encontra indisponível aos peixes.

## Conclusão

A utilização de aproximadamente 500 UF kg<sup>-1</sup> de dieta é suficiente à adequada retenção de fósforo nos ossos, digestibilidade da proteína e disponibilidade do fósforo por juvenis de tilápia do Nilo.

## Referências

ANDREWS, J.W. *et al.* Effects of dietary calcium and phosphorus on growth, food conversion, bone ash and hematocrit levels of catfish. *J. Nutr.*, Boston, v. 103, p. 766-771, 1973.

BAEVERFJORD, G.T. *et al.* Development and detection of phosphorus deficiency in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr and post-smolts. *Aquacult. Nutr.*, Oxford, v. 4, p. 1-11, 1998.

BARUAH, B. *et al.* Dietary protein level, microbial phytase, citric acid and their interactions on bone mineralization of *Labeo rohita* (Hamilton) juveniles. *Aquacult. Res.*, Oxford, v. 36, p. 803-812, 2005.

BISWAS, A.K. *et al.* Use of soybean meal and phytase for partial replacement of fish meal in the diet of red sea

bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 267, p. 284-291, 2007.

BORLONGAN, I.G.; SATOH, S. Dietary phosphorus requirement of juvenile milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal). *Aquacult. Res.*, Oxford, v. 32, p. 26-32, 2001.

CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effects of extrusion and expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 218, p. 501-514, 2003.

DEBNATH, D. *et al.* Effect of dietary microbial phytase supplementation on growth and nutrient digestibility of *Pangasius pangasius* (Hamilton) fingerlings. *Aquacult. Res.*, Oxford, v. 36, p. 180-187, 2005a.

DEBNATH, D. *et al.* Mineral status of *Pangasius pangasius* (Hamilton) fingerlings in relation to supplemental phytase: absorption, whole-body and bone mineral content. *Aquacult. Res.*, Oxford, v. 36, p. 326-335, 2005b.

DENSTADLI, V. *et al.* A comparison of online phytase pre-treatment of vegetable feed ingredients and phytase coating in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared in cold water. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 269, p. 414-426, 2007.

FAO-Food and Agriculture Organization. *The state of world fisheries and aquaculture 2006*. Rome: FAO, 2007.

FORSTER, I. *et al.* Potential for dietary phytase to improve the nutritive value of canola protein concentrate and decrease phosphorus output in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) held in 11°C freshwater. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 179, p. 109-125, 1999.

FURUYA, W.M. *et al.* Fitase na Alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.): desempenho e digestibilidade. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 924-929, 2001a.

FURUYA, W.M. *et al.* Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (Linhagem Tailandesa). *Acta Sci. Anim. Sci.*, Maringá, v. 23, n. 2, p. 465-469, 2001b.

FURUYA, W.M. *et al.* Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). *Acta Sci. Anim. Sci.*, Maringá, v. 23, n. 2, p. 465-469, 2001c.

FURUYA, W.M. *et al.* Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acids level in diets with and without dicalcium phosphate for juvenile Nile tilapia. *Aquacult. Res.*, Oxford, v. 35, p. 110-1116, 2004.

JACKSON, L.S. *et al.* Use of microbial phytase in channel catfish *Ictalurus punctatus* diets to improve utilization of phytate phosphorus. *J. World Aquacult. Soc.*, Baton Rouge, v. 7, n. 3, p. 309-313, 1996.

JAUNCEY, K.; ROSS, B. *A guide to tilapia feeds and feeding*. Scotland: University of Stirling, 1982.

LALL, S.P. The minerals. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.). *Fish nutrition*. 3<sup>rd</sup> ed. San Diego: Academic Press, 2002. p. 260-308.

LANARI, D. *et al.* Use of nonlinear regression to evaluate

- the effects of phytase enzyme treatment of plant protein diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 161, n. 345-356, 1998.
- LIEBERT, F.; PORTZ, L. Different sources of microbial phytase in plant-based low-phosphorus diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* may provide different effects on phytate degradation. *Aquaculture*, Amsterdam, 2007. (no prelo).
- McCUAIG, L.W. *et al.* Intestinal alkaline phosphatase and phytase of chicks: effect of dietary magnesium, calcium, phosphorus and thyroactive casein. *Poult. Sci.*, Savoy, v. 51, p. 526-530, 1972.
- NOSE, T. On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, Tokyo, v. 10, p. 11-22, 1960.
- OLIVA-TELES, A. *et al.* Utilisation of diets supplemented with microbial phytase by seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquat. Living Resour*, Les Ulis, v. 11, n. 4, p. 255-259, 1998.
- PEZZATO, L.E. *et al.* Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.
- PORN-NGAM, N. *et al.* Effect of the ratio of phosphorus to calcium on zinc availability to rainbow trout in high phosphorus diet. *Nippon Suisan Gakk.*, Tokyo, v. 59, p. 2065-2070, 1993.
- POWER-HUGHES, K.P.; SOARES, J.H. Efficacy of phytase on phosphorus utilization in practical diets fed to striped bass *Morone saxatilis*. *Aquacult. Nutr.*, Oxford, v. 4, p. 133-140, 1998.
- RODEHUTSCORD, M.; PFEFFER, E. Effects of supplemental microbial phytase on phosphorus digestibility and utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Water Sci. Technol.*, London, v. 31, n. 10, p. 143-147, 1995.
- SAJJADI, M.; CARTER, C.G. Dietary phytase supplementation and the utilisation of phosphorus by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed a canola-meal-based diet. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 240, p. 417-431, 2004.
- SAKAMOTO, S.; YONE, Y. Effect of dietary phosphorus level on chemical composition of red sea bream. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fis.*, Savannah, v. 44, p. 227-229, 1978.
- SATOH, S. *et al.* Effect of dietary tri-calcium phosphate on availability of zinc to rainbow trout. *Nippon Suisan Gakk.*, Tokyo, v. 53, p. 1199-1205, 1987.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise dos alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed., Viçosa: UFV, 2002.
- SPINELLI, J. *et al.* The effect of phytates on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed purified diets containing varying quantities of calcium and magnesium. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 30, p. 71-83, 1983.
- STOREBAKKEN, K.D. *et al.* Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy protein concentrate and phytase-treated soy protein-based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 161, n. 1-4, p. 365-379, 1998.
- UFV-Universidade Federal de Viçosa. SAEG: Sistema de análises estatísticas e genéticas. Viçosa: UFV, 1982.
- VIELMA, J. *et al.* Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 63, n. 3/4, p. 309-323, 1998.
- VIELMA, J. *et al.* Top-spraying soybean meal-based diets with phytase improves protein and mineral digestibilities but not lysine utilization in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquacult. Res.*, Oxford, v. 35, p. 955-964, 2004.
- YANG, S. *et al.* Influence of dietary phosphorus levels on growth, metabolic response and body composition of juvenile silver perch (*Bidyanus bidyanus*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 253, p. 592-601, 2006.
- YOO, G. *et al.* Dietary microbial phytase increased the phosphorus digestibility in juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli* fed diets containing soybean meal. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 243, p. 315-322, 2005.
- ZHANG, C. *et al.* Dietary phosphorus requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 255, p. 201-209, 2006.

Received on May 30, 2007.

Accepted on August 20, 2007.