

Disponibilidade aparente de fósforo em ingredientes pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)

Edma Carvalho de Miranda¹, Antonio Celso Pezzato², Luiz Edvaldo Pezzato^{2*} e Wilson Massamitu Furuya²

¹Departamento de Zootecnia, Ufal, Campus A.C. Simões s/n, Tabuleiro dos Martins, 57000-000, Maceió-Alagoas, Brazil.

²FMVZ/Unesp - Caunesp, Campus de Botucatu, C.P. 560, 18.618-000, Botucatu-São Paulo, Brazil. *Author for correspondence.

RESUMO. Foi determinada a disponibilidade aparente do fósforo de ingredientes alimentares para a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Foram utilizados 105 alevinos, revertidos, com peso vivo inicial médio de $16,0 \pm 0,5g$. Foram distribuídas, cinco por aquário em 21 unidades de fibra de vidro (80L) e sistema *Guelf* para coleta de fezes. Cada conjunto, constituído de três aquários, foi dotado de aeração, filtro biológico e fluxo contínuo (vazão de 0,75 L/mim). Foram avaliados o fosfato bicálcico, as farinhas de osso e de peixe, os farelos de soja e de trigo e fubá de milho, os quais substituíram parte de uma dieta purificada, usada como referência, marcada com óxido de crômio. Ao final, pode-se concluir: o fosfato bicálcico, disponibilidade aparente de 74,24%, deve ser a fonte preferencial de fósforo nas rações; a farinha de osso (54,59%) apresenta-se como fonte alternativa; a de peixe apresentou baixa disponibilidade (27,15%) e, dentre os produtos de origem vegetal, o farelo de soja apresentou a melhor (35,13%), e os farelos de trigo (30,49%) e de milho, a pior disponibilidade (7,33%).

Palavras-chave: disponibilidade aparente de fósforo, ingredientes, tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus*.

ABSTRACT. **Apparent phosphorus availability in food for the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).** Apparent availability of phosphorus from various foodstuffs for sexually reversed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) was provided. Fish with an average weight of $16.0 \pm 0.5g$ were randomly stocked in 21 aquariums equipped with feces collector (*Guelf* system), at the rate of five fish per aquarium. Each set of three aquariums was provided with a biological filter, aeration and flowing water (0.75 L/min discharge). An egg albumin-gelatin purified diet containing 0.1% chromic oxide was used as reference and basal diet. Dicalcium phosphate, bone and fish meals, soybean and wheat bran and middlings were added to the basal diet at 3.5, 6.0, 21.67, 40.0, 12.0 and 10.62% respectively, at the expense of albumin, gelatin and dextrose. Dicalcium phosphate was the best phosphorus source (apparent availability of 74.23%) for tilapia fingerlings. In decreasing order it was followed by bone and soybean meals (54.59 and 35.13%), wheat middlings (30.49%), fish meal (27.15%) and corn meal (7.33%). Whereas fish meal had the lowest apparent phosphorus availability among animal foodstuff, soybean meal was the best among plant foodstuffs.

Key words: availability of minerals, foodstuffs, Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, phosphorus.

Os peixes na natureza suprem com facilidade suas exigências nutricionais com base nos alimentos disponíveis no meio. Entretanto, quando confinados, suas necessidades têm que ser fornecidas através da ração, e tal objetivo pode ser conseguido mediante a utilização de rações balanceadas.

Os nutricionistas, no sentido de atingir tal meta, têm concentrado esforços para obter as informações necessárias que permitam formular dietas completas

e economicamente viáveis que promovam as respostas zootécnicas preconizadas. Embora muitas investigações tenham sido desenvolvidas nestes últimos anos na área da nutrição de peixes tropicais, pouca atenção tem sido dada à disponibilidade dos minerais presentes nos ingredientes que podem constituir essas rações.

É de vital importância o conhecimento da disponibilidade do fósforo em alguns ingredientes

que podem compor as dietas comerciais, principalmente quando considerada a necessidade dos peixes desse mineral para o seu metabolismo.

Segundo Ogino *et al.* (1979) e Sakamoto e Yone (1979), existem grandes diferenças na disponibilidade de fósforo entre as fontes que podem constituir a dieta dos peixes. Estes autores afirmam que o fósforo do fosfato monocálcico e do fosfato bicálcico é mais prontamente disponível do que aquele do fosfato tricálcico.

Entre os ingredientes comumente empregados como fonte de fósforo para peixes, apresenta-se o fosfato bicálcico. Ogino *et al.* (1979) avaliaram essa fonte com trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e obtiveram uma disponibilidade para o fósforo de 71%. Nesse sentido, pesquisas realizadas com o bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*) demonstraram uma disponibilidade de 65% a 82%, segundo Lovell (1978) e Li e Robinson (1996), respectivamente.

A farinha de osso pode ser empregada com esta mesma finalidade, em função do menor preço e disponibilidade no mercado nacional. Entretanto, os estudos foram desenvolvidos apenas com salmonídeos, como o realizado por Sugiura *et al.* (1998), que encontraram disponibilidade de fósforo de 48,8% com a truta arco íris (*O. mykiss*) e 54,8% com o salmão (*Oncorhynchus Kutch*).

Apresentada nos estudos de nutrição de peixes como ingrediente padrão e indispensável, a farinha de peixe destaca-se ainda por apresentar alto nível e adequado balanço entre cálcio e fósforo. Apesar disso, pesquisas têm revelado uma variação muito grande quanto a disponibilidade de fósforo.

Em experimento realizado com salmonídeos tal afirmação pôde ser observada nos estudos realizados com truta arco íris Nose e Arai (1978); Riche e Brown (1996); Sugiura *et al.* (1998) quando obtiveram valores de disponibilidade aparente de fósforo de 66,0%; de 19,5 a 50,5% e de 40,0 a 57,3%, respectivamente. O mesmo foi ainda observado por Watanabe *et al.* (1980a) e Sugiura *et al.* (1998) quando constataram com o salmão, valores respectivos de 71,0 e de 36,5 a 44,4%.

Avaliando este mesmo ingrediente com o bagre-do-canal, Lovell (1978) obteve disponibilidade de 40% e Li e Robinson (1996) de 75%. Estudos com a carpa comum demonstraram que os peixes sem estômago apresentam menor capacidade de absorção desse mineral, conforme foi observado por Nose e Aray (1978), quando encontraram uma disponibilidade de 26,0% e Takamatsu *et al.* (1975) de 0 a 33,0% e Yone e Toshima (1979), de apenas indícios de disponibilidade.

Os produtos de origem vegetal têm problemas em liberar o fósforo de suas células para os animais, pois segundo Jobling (1994) o fósforo desses ingredientes apresenta-se como ácido fítico, indisponível para os peixes. Estes produtos têm sido empregados de forma quase exclusiva na formulação das rações para peixes tropicais. A disponibilidade de fósforo do farelo de trigo foi determinada com truta arco íris e salmão por Sugiura *et al.* (1998), que obtiveram valores de 55,3% e 41,0% respectivamente. Li e Robinson (1996) trabalharam com o bagre-do-canal e encontraram com esse mesmo ingrediente uma disponibilidade aparente de 38,0%.

A disponibilidade aparente do fósforo presente no farelo de soja foi estudada por Sugiura *et al.* (1998), que encontraram valores de disponibilidade de 22,0% para truta arco-íris e 28,0% para o salmão. Com o bagre-do-canal, Lovell (1978) obteve disponibilidade aparente entre 50,0 e 54,0%; Wilson *et al.* (1982) de 29,0%; enquanto Li e Robinson (1996), 49,0%.

Dentre estes ingredientes, o milho pode compor até 60,0% dos constituintes de uma dieta comercial completa. Apesar de tal participação, este produto geralmente apresenta baixo conteúdo de fósforo total. No sentido de avaliar a disponibilidade desse mineral, Lovell (1978), em pesquisa com o bagre-do-canal, observou que a disponibilidade aparente foi de apenas 25,0%.

Com base nestas informações o presente estudo teve por objetivo determinar a disponibilidade aparente de fósforo nos ingredientes que comumente compõem as dietas completas para a tilápia-do-nilo.

Material e métodos

O experimento realizado na FMVZ - Unesp - Laboratório de Pesquisa em Nutrição de Organismos Aquáticos, Câmpus de Botucatu, unidade integrada ao Centro de Aquicultura da Unesp, durante o período de 26/03 a 16/04/1997.

Foram utilizados 105 alevinos de tilápias do Nilo, revertidos, (60 mg do hormônio metil- α -testosterona/kg da ração) com peso médio inicial de $16,0 \pm 0,5$ g, distribuídos numa lotação de cinco peixes por aquário. Os peixes foram distribuídos em 21 aquários de fibra de vidro com capacidade para 80l de água, constituindo sete conjuntos de três aquários. Cada um destes conjuntos foi dotado de aeração e fluxo contínuo de água com vazão de 0,75l/min e filtro biológico.

A água de cada aquário foi mantida a uma temperatura média de 26°C, através de aquecedor de

100W, em cada unidade experimental. A temperatura foi medida duas vezes ao dia (às 8:00 e às 14:00 horas). Semanalmente, foram avaliados os valores de pH, oxigênio dissolvido e amônia.

Foram empregadas dietas purificadas para avaliação da disponibilidade de fósforo, seguindo-se metodologia proposta por Lovell (1988), as quais foram marcadas com o óxido de crômio, conforme apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual e química das dietas experimentais

Ingredientes	Tratamentos						
	TC ⁽¹⁾	FB ⁽²⁾	FO ⁽³⁾	FP ⁽⁴⁾	FM ⁽⁵⁾	FS ⁽⁶⁾	FT ⁽⁷⁾
albumina	40,00	36,50	34,00	18,33	29,38	-	28,00
dextrose	30,00	30,00	30,00	30,00	-	23,00	-
gelatina	20,00	20,00	20,00	20,00	2,00	2,00	2,00
óleo de soja	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
α-celulose	5,00	5,00	5,00	4,67	3,62	-	-
Supl. vit. minerais ⁽⁸⁾	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
BHT ⁽⁹⁾ (antioxidante)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
óxido crômio	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
fosfato bicálcico	-	3,50	-	-	-	-	-
farinha de ossos	-	-	6,00	-	-	-	-
farinha de peixe	-	-	-	22,00	-	-	-
farinha de milho	-	-	-	-	60,00	-	-
farelo de soja	-	-	-	-	-	70,00	-
farelo de trigo	-	-	-	-	-	-	65,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹TC = tratamento controle (Lovell, 1983); ²FB = fosfato bicálcico; ³FO = farinha de ossos; ⁴FP = farinha de peixe; ⁵FM = farinha de milho; ⁶FS = farelo de soja; ⁷FT = farelo de trigo; ⁸Premix mineral e vitamínico (*Supremais*): níveis de garantia por kg do produto: Vit. A = 1200.000UI; vit. D3 = 200.000UI; vit. E = 12.000mg; vit. K3 = 2.400mg; vit. B1 = 4.800mg; vit. B2 = 4.800mg; vit. B6 = 4.000mg; vit. B12 = 4.800mg; ác. fólico = 1.200mg; pantotenato de Ca = 12.000mg; vitamina C = 48.000mg; biotina = 48mg; colina = 65.000mg; niacina = 24.000mg; ferro = 10.000mg; cobre = 600mg; manganês = 4.000mg; zinco = 6.000mg; iodo = 20mg; cobalto = 2mg e selênio = 20mg; ⁹BHT= Butil hibroxil tolueno

Os ingredientes e as rações que constituíram os diferentes tratamentos, foram submetidos à análise de sua composição química em proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e minerais (cálcio e fósforo), no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Nutrição Animal da FMVZ - Unesp, Câmpus de Botucatu. As análises para determinação de fósforo e óxido de crômio foram realizadas no Laboratório de Química, do Instituto de Biociências - Unesp- Câmpus de Botucatu.

Todos os ingredientes que compuseram as dietas foram moídos, de forma a apresentarem-se com diâmetro ≤ 0,42 mm (*mash* 40). As rações foram peletizadas, (diâmetro de 2,0 mm), desidratadas e armazenadas a uma temperatura de -20°C.

Para coleta de fezes, os aquários foram adaptados no sentido de atenderem à metodologia proposta por Cho *et al.* (1985). As fezes foram colhidas por gravidade, através de um sifão coletor.

Após um período de coleta de seis dias, as fezes foram secadas em estufa de ventilação forçada a 52°C por 48h, moídas e encaminhadas ao laboratório, onde foram determinados os níveis de fósforo,

segundo método descrito pela AOAC (1995) e de óxido crômio segundo Graner (1972). Este procedimento foi realizado em três períodos, caracterizando repetições no tempo.

No início e no final de cada período de coleta de fezes, foram coletadas amostras de água para análise de fósforo, pelo método do azul de molibidênio-colorimetria a 650nm (AOAC, 1995). Ao final de cada período de coleta de fezes, toda a água dos aquários foi substituída.

O coeficiente de disponibilidade do fósforo das rações foi calculado sobre a base da taxa do óxido crômio e de fósforo nas dietas e nas fezes, tomando-se por base o método de determinação do coeficiente de digestibilidade aparente.

$$DA_{(n)} = 100 - \left[100 \left(\frac{\%Cr_2O_{3a}}{\%Cr_2O_{3f}} \right) \times \left(\frac{\%N_f}{\%N_a} \right) \right]$$

onde:

DA = Digestibilidade aparente;

Cr₂O_{3a} = % de óxido de crômio no alimento;

Cr₂O_{3f} = % de óxido de crômio nas fezes;

N_a = Nutrientes no alimento;

N_f = Nutrientes nas fezes.

Resultado e discussão

Os parâmetros de qualidade da água mantiveram-se estáveis durante o experimento. As médias de pH, temperatura, oxigênio dissolvido e amônia da água monitorados nos aquários foram: pH = 7,50; temperatura = 25,50±0,49°C; oxigênio dissolvido = 5,50±0,25 mg/L e amônia = 0,04 mg/L.

Os resultados da disponibilidade aparente (%) do fósforo nos diferentes tratamentos encontram-se apresentados na Tabela 2. Conforme pode ser observado, o tratamento controle (TC) apresentou disponibilidade aparente do fósforo de -12,05%, em que a ração correspondente a este tratamento (Tabela1) foi formulada de forma a conter o menor nível possível de fósforo. Assim, os valores obtidos demonstram que a necessidade deste mineral deve ter sido em parte suprida por outra fonte que não a ração. Se a ração purificada não atendia às necessidades neste período, o fósforo, provavelmente, deve ter sido mobilizado das reservas ósseas e da água.

Resultado semelhante foi encontrado com a truta arco-íris por Riche e Brown (1996), quando obtiveram valor de disponibilidade aparente negativa da dieta-controle que foi empregada. Segundo estes autores isto pode indicar que os peixes privados de fósforo, mas com ingestão adequada de outros

nutrientes, podem aumentar o *turnover*, diminuindo sua absorção no trato gastrointestinal ou aumentando a reabsorção deste mineral.

Tabela 2. Disponibilidade aparente (%) e Índice Relativo de Comparação (IRC%) do fósforo dos diferentes tratamentos

Tratamentos	Ingredientes (% na dieta)	Fósforo (% na dieta)	Disponibilidade (% no ingrediente)	IRC (%)
TC ⁽¹⁾	-	0,019	-12,05	-
FB ⁽²⁾	3,50	0,66	74,23	100,00
FO ⁽³⁾	70,00	0,65	54,59	73,50
FP ⁽⁴⁾	60,00	0,66	27,15	36,57
FM ⁽⁵⁾	6,00	0,17	7,33	9,88
FS ⁽⁶⁾	65,00	0,45	35,13	47,33
FT ⁽⁷⁾	22,00	0,53	30,49	41,07

¹TC = controle; ²FB = fosfato bicálcico; ³FO = farinha de ossos; ⁴FP = farinha de peixe; ⁵FM = fubá de milho; ⁶FS = farelo de soja; ⁷FT = farelo de trigo

No sentido de estudar a dinâmica peixe-água, com relação à absorção do fósforo contido no meio, avaliou-se sua concentração na água no início e final de cada período de coleta de fezes (Tabela 3). Pode-se observar que houve um aumento na absorção de fósforo da água no tratamento controle de 0,50; 0,65 e 1,06 mg de P/L, respectivamente nos três períodos de coleta. Cabe ressaltar que houve um decréscimo na concentração de extração deste mineral da água, sendo que no último período esta foi praticamente nula. Tal fato pode ter sido conseqüência de que ao final de 21 dias, com as reservas orgânicas praticamente exauridas, os peixes mobilizaram mais intensamente o fósforo da água a fim de manter a integridade dos processos metabólicos, e tal fato não foi observado nos demais tratamentos.

Se didaticamente dividirmos os resultados de disponibilidade aparente de fósforo apresentados pelos demais tratamentos em três grupos, pode-se observar que o primeiro grupo caracterizado como aquele que apresentou a melhor disponibilidade aparente, foi composto pelo fosfato bicálcico (FB) e farinha de osso (FO). O segundo grupo com disponibilidade aparente intermediária foi representado pelos tratamentos farelo de soja (FS),

farelo de trigo (FT) e farinha de peixe (FP), e o terceiro grupo com menor disponibilidade foi representado pelo tratamento fubá de milho (FM).

No primeiro grupo (Tabela 2) o tratamento FB apresentou a melhor disponibilidade aparente de fósforo (74,23%), seguido pelo FO (54,59%). Estas diferenças podem ser atribuídas à solubilidade do sal presente nestas duas fontes. Tal afirmação encontra-se de acordo com o apresentado por Ogino *et al.* (1979) e Sakamoto e Yone (1979), que observaram que nos sais mais solúveis há maiores disponibilidade desse mineral aos animais. Destacaram ainda estes autores que o fósforo do fosfato monocálcico e bicálcico é mais prontamente disponível que o do fosfato tricálcico.

A disponibilidade aparente de 74,23% do fósforo do fosfato bicálcico encontrado neste estudo apresenta-se superior ao observado por Lovell (1978) quando, em pesquisa realizada com o bagre-do-canal, apresentou para esta mesma fonte uma disponibilidade aparente de 65,0%. Por outro lado, Li e Robinson (1996), trabalhando com a mesma espécie, encontraram uma disponibilidade de 82,0%, superior ao resultado aqui apresentado. Entretanto, Ogino *et al.* (1979) e Sugiura *et al.* (1998) encontraram resultados semelhantes ao deste estudo para a disponibilidade aparente do fósforo do fosfato bicálcico e farinha de osso, respectivamente. Os valores apresentados por estes autores quando trabalharam com salmonídeos foram 71,0% para o fosfato bicálcico (Ogino *et al.*, 1979) e 54,8% para a farinha de osso (Sugiura *et al.*, 1998).

No sentido de melhor visualizar estes resultados aplicou-se o índice relativo de comparação (IRC%), atribuindo-se 100% ao valor da disponibilidade aparente do fósforo apresentado pelo tratamento FB, conforme pode ser observado na Tabela 2. Pode-se constatar que, embora tenha apresentado uma boa disponibilidade aparente, a FO foi 26,50% inferior ao FB.

Tabela 3. Concentração de fósforo total (mg/L) presente na água, ao final de cada período de coleta (dias) de fezes dos peixes dos diferentes tratamentos

Tratamento	Fósforo mg/L								
	Período de coleta (dias)								
	1 ^a	7 ^a	Diferença	8 ^a	15 ^a	Diferença	16 ^a	21 ^a	Diferença
TC ⁽¹⁾	0,64	0,14	-0,50	1,23	0,58	-0,65	1,06	traços	-1,06
FB ⁽²⁾	0,40	2,83	+2,43	0,25	1,58	+1,33	0,30	0,12	-0,18
FO ⁽³⁾	0,31	0,27	-0,04	1,11	0,45	-0,66	0,12	0,15	+0,03
FP ⁽⁴⁾	0,34	0,15	-0,19	0,12	0,12	traços	0,27	0,91	+0,64
FM ⁽⁵⁾	0,15	0,12	-0,03	1,19	0,87	-0,32	0,90	0,54	-0,36
FS ⁽⁶⁾	0,40	2,47	+2,07	1,56	1,42	-0,14	0,54	0,57	+0,03
FT ⁽⁷⁾	0,21	1,91	+1,70	1,35	1,07	-0,28	0,18	0,21	+0,03

¹TC = controle; ²FB = fosfato bicálcico; ³FO = farinha de ossos; ⁴FP = farinha de peixe; ⁵FM = fubá de milho; ⁶FS = farelo de soja; ⁷FT = farelo de trigo

Na Tabela 3 apresenta-se a concentração de fósforo total (mg/l) presente na água ao final de cada período de coleta de fezes. Para o FB, ao final do primeiro e segundo períodos, observou-se um aumento na concentração de fósforo na água (+2,43 e +1,33 mg/l, respectivamente). Entretanto, ao final do terceiro período constatou-se uma pequena diminuição nessa concentração (-0,18 mg/l). Por outro lado, comportamento inverso foi observado na água do tratamento da FO, pois houve uma diminuição ao final do primeiro período de -0,04 mg/l e no segundo período de -0,66 mg/l, enquanto ao final do terceiro período a concentração de 0,15 mg/l foi praticamente inalterada, com um acréscimo de +0,03 mg/l.

Observa-se na Tabela 2 que, entre os tratamentos classificados como de média disponibilidade, o FS apresentou a melhor disponibilidade aparente de fósforo (35,13%), seguido pelo FT (30,49%) e pelo tratamento FP (27,15%). Embora os valores de disponibilidade aparente constatados nestes três ingredientes se apresentem dentro de uma faixa prevista, o FP tenha revelou-se com disponibilidade aparente inferior à apresentada pelos tratamentos FS e FT.

Os resultados apresentados neste estudo pelo FS e pelo FT são explicados por Andrews *et al.* (1973); Ketola (1975); Lovell (1978); Ogino *et al.* (1979) e Wilson *et al.* (1982). Estes autores afirmam que os alimentos de origem vegetal contêm fósforo primariamente como sais de cálcio e de magnésio de ácido fítico (fitina). Esta forma de fósforo apresenta-se indisponível para os animais de estômago simples, pela falta da enzima fitase no trato gastrointestinal (Jobling, 1994). A indisponibilidade do ácido fítico foi observada por Andrews *et al.* (1973) para o bagre-do-canal, por Ketola (1975) para truta e salmão, por Ogino *et al.* (1979) para a carpa comum e para o *red sea bream*, segundo o NRC (1993).

A disponibilidade aparente de 35,13% apresentada pelo tratamento com FS neste estudo apresentou-se inferior à encontrada por Lovell *et al.* (1978) quando obtiveram com o bagre-do-canal uma disponibilidade aparente entre 50,0 a 54,0% e por Li e Robinson (1996), que encontraram para essa mesma espécie o valor de 49,0%. Entretanto, Wilson *et al.* (1982), em experimento com bagre-do-canal observaram valores de disponibilidade aparente de 29,0%, enquanto Sugiura *et al.* (1996), trabalhando com truta e salmão, obtiveram valores de disponibilidade aparente de 22,0 e 28,4%, respectivamente. Ressalte-se que esses últimos resultados apresentam-se inferiores ao determinado com a tilápia-do-nylo, neste estudo.

Quanto ao tratamento com FT, destaca-se que a disponibilidade aparente de 30,49% obtida (Tabela 2) apresentou-se inferior aos valores encontrados por Sugiura *et al.* (1996) com truta arco-íris (55,3%) e com o salmão (41,9%). Entretanto, foi superior ao encontrado por Lovell (1978) com o bagre-do-canal (28,0%) e semelhante ao obtido com esta mesma espécie (38%) por Li e Robinson (1996).

A farinha de peixe, neste estudo, apresentou uma disponibilidade aparente de 27,15%. Este valor foi muito inferior aos obtidos em experimentos realizados com a truta (60,0%) Nose e Arai (1978); (66,0%) Ogino *et al.* (1979) e (40,4 a 57,3%) por Sugiura *et al.* (1998). Apresentou-se ainda inferior aos obtidos com o bagre-do-canal, (40,0%) Lovell *et al.* (1978) e (75,0%) por Li e Robinson (1996); o mesmo ocorrendo com o salmão, (71,0%) Watanabe *et al.* (1980) e (36,5% a 44,4%) por Sugiura *et al.* (1998). Cabe destacar que, em experimento realizado com a mesma espécie deste estudo, Watanabe *et al.* (1980b) obtiveram uma disponibilidade de 65,0%.

Por outro lado o valor de 27,15% confirma a disponibilidade aparente do fósforo encontrado com a carpa comum de até 33,0% por Tamakatsu *et al.* (1975) e de 26,0% por Nose e Arai (1978). Apresenta-se ainda semelhante ao obtido com *bleck sea bream* (*Mylo macrocephalus*) (30,0%) por Yone e Toshima (1979); com a truta arco-íris (19,5 a 50,5%) por Riche e Brown (1995) e com o *red sea bream* (30,0%) por Watanabe *et al.* (1980a).

Alguns fatores podem ser atribuídos às diferenças da disponibilidade de fósforo encontrada neste estudo em relação aos apresentados pela literatura. Ogino *et al.* (1979) e Yone e Toshima (1979) afirmaram que essas diferenças se devem à limitada secreção de sucos gástricos nas espécies de peixes de água quente.

Watanabe *et al.* (1980b) atribuem a baixa disponibilidade aparente ao fato de o fósforo deste ingrediente apresentar-se na forma de hidroxiapatita, a qual, em função de sua insolubilidade, é de difícil digestão. Outro fator que explica o resultado obtido é a qualidade do processamento ao qual são submetidos os produtos de origem animal, uma vez que a farinha de peixe disponível no mercado nacional é obtida de descarte e resíduos de filetagem de várias espécies, compostos principalmente por vísceras, ossos e escamas, que comprometem a disponibilidade do fósforo presente.

Submetendo-se os valores de disponibilidade aparente apresentados por estes três tratamentos ao IRC% (Tabela 2), pode-se verificar que estes se

revelaram inferiores ao do FB, com índices relativos de 52,67% (FS), 58,93% (FT) e 63,43%, respectivamente para o FS, FT e FP.

Aplicando-se o IRC aos valores obtidos por Lovell (1978) quando trabalhou com o bagre-do-canal, verificou-se que a partir da adoção do valor 100% para o FB, o fósforo disponível da FP mostrou-se 38,4% menos disponível, o FT 56,9% e o FS 16,9%. Estes índices foram semelhantes, principalmente para o FP e FT, aos obtidos com a tilápia-do-nilo neste estudo.

Pode-se observar na Tabela 3 que as duas fontes de origem vegetal, FS e FT, apresentaram-se semelhantes quanto às tendências de mobilização de fósforo presente na água nos três períodos experimentais, com destaque no terceiro período quando apresentaram mobilização idêntica, + 0,03 mg/L. Contrariamente, o tratamento com FP resultou em concentrações de fósforo na água, as quais demonstraram que nos três períodos houve uma pequena absorção pelo peixe, do fósforo presente na água.

Ainda na Tabela 2 pode-se observar que o fubá de milho foi o que apresentou a menor disponibilidade aparente de fósforo, com valor de apenas 7,33%. Este resultado apresenta-se inferior ao obtido por Lovell (1978) que, em experimento com bagre-do-canal, obteve para o milho uma disponibilidade aparente de fósforo de 25,0%. Observa-se ainda nesta tabela que dentre os tratamentos empregados esse é o que apresenta o menor conteúdo de fósforo total (0,17%). Cabe ressaltar que parte deste conteúdo é proveniente da dieta purificada (TC), que compôs aproximadamente 30,0% da ração FM.

Aplicando-se o IRC observa-se que esse tratamento apresentou um índice de 9,88%, tendo-se como referência o FB (100%), correspondendo a uma disponibilidade aparente 10,12 vezes inferior. Tendência semelhante foi observada com o bagre-do-canal por Lovell (1978). Este autor constatou uma disponibilidade aparente de fósforo proveniente do milho 2,5 vezes inferior ao do fosfato bicálcico.

Na Tabela 3 têm-se os níveis de fósforo total presente na água ao final de cada período de coleta de fezes dos peixes do tratamento FM. Observa-se que em todo o período experimental houve uma redução na concentração de fósforo na água. Tal fato demonstra que a quantidade de fósforo presente nesta dieta, além de apresentar baixa disponibilidade aparente (Tabela 2), encontrava-se aquém dos níveis recomendados para a tilápia-do-nilo (NRC, 1993).

As rações experimentais foram formuladas de modo a demonstrar a disponibilidade aparente do

fósforo dos ingredientes em estudo. Esse objetivo foi possível devido ao fato de a ração-controle, base das rações experimentais, apresentar-se praticamente isenta desse mineral. Essa hipótese é reforçada pelo fato de os peixes do tratamento controle terem mobilizado suas reservas além de absorverem o fósforo disponível da água para atender às suas exigências. Ressalte-se ainda que os resultados obtidos vêm ao encontro do observado pela literatura, com outras espécies de peixes.

Com base nesses resultados, pode-se concluir: a) o fosfato bicálcico, disponibilidade aparente de 74,23% deve ser a fonte preferencial e recomendada, de fósforo nas rações para tilápia-do-nilo; b) a farinha de osso apresenta-se como fonte alternativa de fósforo (54,59%); c) dentre os produtos de origem vegetal o farelo de soja apresentou a melhor disponibilidade aparente de fósforo (35,13%), enquanto o milho, a pior (7,33%); d) a farinha de peixe apresentou baixa disponibilidade aparente de fósforo (27,15%).

Referências bibliográficas

- Andrews, J.W.; Murai, T.; Campbell, C. Effects of dietary calcium and phosphorus on growth, food conversion, bone ash and hemetocrit level of catfish. *J. Nutr.* 103(5):766-771, 1973.
- Association of Official Agricultural Chemists. *Official methods of analysis*. Washington, 1994.
- Cho, C.Y.; Cowey, C.B.; Watanabe, T. *Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development*. Ottawa, Ont.: IDRC, 1985. 154p.
- Graner, C.A.F. *Determinação do cromo pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida*. Botucatu, 1972. (Doctoral Thesis in Science) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu.
- Jobling, M. *Fish Bioenergetic*. Fish and fisheries series, Chapman & Hall. 1994.
- Ketola, H.G. Requirements of Atlantic salmon for dietary phosphorus. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 104:548-551. 1975.
- Li, M.; Robinson, E.H. Phosphorus availability of common feedstuffs to channel catfish (*Ictalurus punctatus*) as measured by weight gain and bone mineralization. *J. World Aquacult. Soc.*, 27(3):123-131, 1996.
- Lovell, T. Dietary phosphorus requirements of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Trans. Amer. Fisher. Soc.*, 107:617-621, 1978.
- Lovell, T. *Nutrition and feeding of fish*. 1988.
- National Research Council. *Nutrient Requirements of Fish*. 1993.
- Nose, T.; Arai, S. Recent advances on studies on mineral nutrition of fish in Japan. *Adv. Aquacult.*, 1:584-590, 1978.

- Ogino, C.B.; Takeuchi, L.; Takeda, H.; Watanabe, T. Availability of dietary phosphorus in carp and rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisher.*, 45:1527-1579, 1979.
- Riche M.; Brown, P.B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 142:269-282, 1996.
- Sakamoto, S.; Yone, Y. Effect of dietary calcium/phosphorus ratio upon growth, feed efficiency and blood serum Ca and P level in red sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisher.*, 39(4):343-348, 1972.
- Sugiura, S.H.; Dong, F.M.; Rathbone, C.K.; Hardy, R.W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, 159:177-202, 1998.
- Takamatsu, C.; Endoh, E.; Hasegawa, T.; Suzuki, T. Effect of phosphorus supplemented diet on growth of carp. *Suisanzoshoku*, 23:55-60, 1975.
- Watanabe, T.; Murakami, A.; Takeuchi, L.; Nose, T.; Ogino, C. Requirement of chum salmon held in fish eater for dietary phosphorus. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisher.*, 46:36-367, 1980a.
- Watanabe, T.; Takeuchi, L.; Murakami, A.; Ogino, C. The availability to *Tilapia nilotica* of phosphorus in white fish meal. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisher.*, 46(7):897-899, 1980b.
- Wilson, R.P.; Robinson, H.E.; Gatlin III, D.M.; Poe, W.E. Dietary phosphorus requirement of Channel Catfish. *J. Nutr.*, 112(6):1197-1202, 1982.
- Yone, Y.; Toshima, N. The utilization of phosphorus in fish meal by carp and black sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisher.*, 45:735-756, 1979.

Received on August 19, 1999.

Accepted on July 30, 2000.