



Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias

REVISIÓN DE LITERATURA

Luis Gabriel Quintero-Pinto¹, Blanca Stella Pardo-Gamboa², Ana María Carolina Quintero-Pardo³, Luiz Edivaldo Pezzato³

¹ Departamento de Ciencias para la Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

² Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Gobernación de Cundinamarca, Bogotá, Colombia.

³ Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil.

lgquinterop@unal.edu.co

(Recibido: octubre 20, 2010; aprobado: diciembre 5, 2010)

RESUMO: O fósforo é o mais importante mineral para peixes em crescimento, devido principalmente às necessidades para formação óssea e para o metabolismo dos nutrientes. O fósforo é também importante na manutenção da homeostase e nas funções muscular e nervosa. As exigências nutricionais de fósforo variam com a espécie, o tamanho do peixe, a disponibilidade nos ingredientes e com a densidade nutricional do alimento. As exigências dietárias de fósforo para tilápias são altas nos estádios iniciais de vida e posteriormente são influenciadas pelo tamanho corporal e o tempo total da pesquisa. O coeficiente de digestibilidade aparente mede a proporção de nutrientes que o peixe pode obter de um ingrediente e permite formular dietas a mínimo custo e de baixo impacto ambiental. A capacidade de absorção de fósforo pela tilápia do Nilo varia com o tamanho corporal e da molécula química de fósforo predominante na fonte. As fontes minerais e de origem animal são mais bem aproveitadas pelos animais novos e o fósforo de fontes procedentes de plantas é mais bem aproveitado pelos animais adultos.

Palavras chave: ciclidae, minerais, necessidades, nutrição, peixes

Nutritional requirements and bioavailability of sources of phosphorus for Nile tilapia

ABSTRACT: phosphorus is the most important mineral for growing fish due to its role in skeleton development and nutrient metabolism. Phosphorus is also important in homeostasis and muscular and nervous functions. Nutritional requirements for phosphorus vary with fish species, fish size, the availability of ingredients and nutrient density of the feeds. Phosphorous dietary requirements demands for Nile tilapia are higher in the early life stages and are later affected by fish size and total experimental period. The apparent digestibility coefficient measures the proportion of nutrients a fish can absorb from an ingredient and it allows the formulation of balanced diets at a low cost and at low environmental impact. The capacity of phosphorus absorption by Nile tilapia varies with the fish size and the phosphorus chemical molecule form predominant in the source. Mineral and animal phosphorous sources are better taken by younger animals and the phosphorous coming from plant sources is better taken advantage by adult fish.

Key words: ciclidae, minerals, requirements, nutrition, fish

Introdução

A alternativa zootécnica mais eficiente e econômica para diminuir a ação poluente dos nutrientes especificamente o fósforo das pisciculturas é ajustar o consumo desse elemento às estritas demandas dos animais nas diferentes fases da vida (Lellis et al., 2004). Na prática, isso pode ser feito pela adoção da formulação de rações com base nas quantidades digestíveis de fósforo em função da condição fisiológica do animal; pela atualização permanente das exigências nutricionais em função da fase de produção, níveis de produção e condições fisiológicas especiais; pela utilização de matérias primas de alto valor biológico nas formulações e pela implementação e uso de aditivos zootécnicos como enzimas ou acidificantes para aumentar a disponibilidade de minerais, especialmente do fósforo. Assim, a alimentação por fases permite diminuir as descargas de metabólitos da aquicultura no ambiente, controlando os volumes dos dejetos produzidos pelos peixes confinados, especialmente nas fases de engorda e acabamento, pelas altas quantidades consumidas nesses estádios (Quintero-Pinto, 2008).

Esta revisão objetivo reunir, analisar e sintetizar as informações relacionadas ao manejo nutricional do fósforo na alimentação das tilápias do Nilo com o intuito de apresentar pautas de uso desse elemento para diminuir as descargas ao ambiente.

O fósforo na nutrição dos peixes

Na natureza o fósforo se encontra amplamente distribuído em combinação com outros elementos. O fosfato se encontra em equilíbrio com o ácido fosfórico (H_3PO_4), com o dihidrogenofosfato ($H_2PO_4^-$) e com o hidrogenofosfato (HPO_4^{2-}). A forma predominante no pH neutro é o hidrogenofosfato, em quanto que no meio ácido predominam o ácido fosfórico.

O fosfato pentavalente é a forma mais comum (PO_4^{3-}), sendo componente essencial do protoplasma; portanto, presente nos tecidos

vegetais e animais (Strain & Cashman, 2002). A hidroxiapatita, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, tem o papel importante de ser o principal material cristalino dos ossos, conferindo rigidez, resistência e suporte (Lall, 2002).

O fosfato livre também é chamado de fosfato inorgânico (fósforo inorgânico). O fosfato covalentemente ligado aos açúcares, às proteínas e a outros componentes da célula é chamado fosfato orgânico (fósforo orgânico). As concentrações de fósforo total nos tecidos variam entre 7,8 e 20,2 mg/g de proteína, com exceção das células especializadas de alto conteúdo de ácido ribonucléico (RNA) e dos tecidos nervosos de alto teor de mielina onde o fósforo é mais abundante (Da Silva & Cozzolino, 2007).

Este mineral está presente praticamente em todos os ingredientes alimentícios, como mistura das formas inorgânica e orgânica (Figura 1). As fosfatases intestinais hidrolisam a forma orgânica, e assim a maior parte da absorção acontece como fósforo inorgânico, ocorrendo maior porcentagem de absorção total nos animais jovens do que nos adultos (McDowell, 1992).

Como relatado por Martini (2006) e Da Silva & Cozzolino (2007) a absorção do fósforo é feita no intestino delgado. No duodeno é absorvido por mecanismo de transporte ativo com co-transporte do íon sódio. A taxa de transporte ativo é aumentada pela presença do hormônio calcitrol, forma ativa da vitamina D_3 [$1,25(OH)_2D_3$]. O transporte do fósforo no jejuno e íleo ocorre por mecanismo passivo. A taxa de transporte do fósforo nesse caso é dependente principalmente da sua concentração no lúmen e é independente dos níveis de outros nutrientes e da energia. Cerca de dois terços do fósforo total são absorvidos pelo intestino, dependendo dos ingredientes usados na mistura alimentar.

O fósforo se encontra nas rações como componente natural de moléculas biológicas e com aditivo alimentar na forma de sais (Figura 1). Segundo Da Silva & Cozzolino (2007) o fósforo inorgânico é rapidamente absorvido, com

tendência a ser excretado na urina. O fósforo presente nos ingredientes de origem animal se apresenta, principalmente, na forma inorgânica

hidroxiapatita, componente estrutural dos ossos, de menor disponibilidade do que o conteúdo nos fosfatos de rocha (Steffens, 1987).

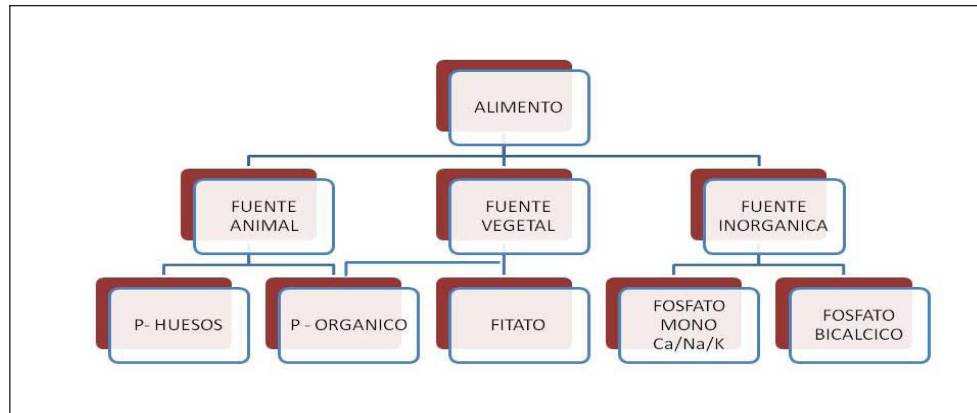


Figura 1. Representação esquemática das fontes e tipo de fósforo predominante nos alimentos para ração animal.

O fósforo dos vegetais ocorre principalmente na forma de ácido fítico (exafofato de inositol), o qual é pouco hidrolisado no intestino, apresentando por tanto baixa absorção e tendência a ser excretado pela via fecal. O aproveitamento do fósforo proveniente da dieta é relativamente eficiente, e o quociente do fósforo (mg de fósforo do alimento/mg de fósforo do peixe) está entre 2 e 3% (Steffens, 1987).

Aproximadamente 90% das excreções endógenas de fósforo se dão principalmente na forma hidrossolúvel via renal (Steffens, 1987; Lall, 2002). Os níveis de fósforo no plasma são controlados pelos rins, e quase todo o fósforo filtrado é reabsorvido, sobrando entre 0,1 e 20,0% que é excretado via urinaria (Martini, 2006; Da Silva & Cozzolino, 2007). Para substituir estas perdas e prover as diversas necessidades estruturais e fisiológicas do corpo, o fosfato deve ser absorvido do alimento e da água.

A absorção de fósforo é reduzida por doses altas de carbonato de cálcio, altas concentrações de alumínio na dieta ou diminuição da temperatura da água. Diferente do cálcio, a baixa ingestão de fósforo parece não favorecer o mecanismo de absorção, refletindo essa condição numa

diminuição dos níveis plasmáticos e urinários de fósforo, de modo que o consumo prolongado da dieta deficiente em fósforo causaria diminuição dos níveis corporais totais desse elemento (Lall, 2002).

Nos efluentes de piscicultura, esse mineral juntamente com o nitrogênio ocasiona elevadas taxas de eutrofização (Richie & Brown, 1996). Tal processo pode comprometer a qualidade da água e, no caso de domínios de cianobactérias, prejudicar as características organolépticas dos peixes (Van Der Ploeg & Boyd, 1991) ou produzir compostos tóxicos aos peixes (English et al., 1993).

Funções e metabolismo do fósforo no corpo dos peixes

O fósforo é o segundo mineral mais abundante no corpo animal, totaliza entre 0,5% para animais jovens e 1,1% para animais adultos. Entre 80 e 85% desse elemento está presente nos ossos e tecidos duros, o restante faz parte dos tecidos moles e fluidos extracelulares. A concentração total de fósforo no sangue é de aproximadamente 40 mg/dL, principalmente como fosfolipídios

das células vermelhas e lipoproteínas do plasma. Aproximadamente 3,1 mg/dL se concentra na forma fósforo inorgânico (Da Silva & Cozzolino, 2007).

O fósforo é o segundo mineral mais importante da estrutura óssea (37% do osso corresponde ao cálcio e 16% ao fósforo), existindo estreita relação entre estes dois minerais (Steffens, 1987). Estruturalmente o fósforo ocorre como hidroxapatita nos tecidos ósseos outorgando-lhes rigidez, resistência e suporte; como fosfolipídios fazendo parte da maioria das membranas biológicas e organelas intracelulares; e como nucleotídeos e ácidos nucleicos (McDowell, 1992; Martini, 2006; Da Silva & Cozzolino, 2007). O fósforo faz parte de diversos processos bioquímicos tais como geração e transferência de energia, armazenamento de compostos fosforilados como ATP e fosfato de creatina (Strain & Cashman, 2002; Martini, 2006; Da Silva & Cozzolino, 2007).

Os ácidos nucleicos, responsáveis pela informação genética, são moléculas de cadeias longas que contem de um a três grupos fosfato (Martini, 2006). Muitas enzimas, hormônios e moléculas de sinalização celular dependem da fosforilação para sua ativação. O fósforo também auxilia a manutenção do equilíbrio ácido-básico e atua como importante tampão. A molécula 2,3-difosfoglicerato (2,3-DPG) se liga à hemoglobina influenciando o transporte de oxigênio para os tecidos. Portanto, o íon fosfato representa importante papel no metabolismo de carboidratos, lipídeos, e aminoácidos; no metabolismo dos tecidos musculares e nervosos; e nos processos metabólicos que envolvem função tampão em fluidos de corpo (Lall, 2002).

A deficiência de fósforo tem como consequência aumento da gliconeogênese no fígado e, com isso, incremento na síntese de ácidos graxos a partir dos aminoácidos (Takeuchi & Nakazoe, 1981). Resultados experimentais destes mesmos autores e de Onishi et al. (1987), comprovaram que baixas concentrações de fósforo no alimento originaram quantidades elevadas de gordura em carpa comum (*Cyprinus carpio*).

Ogino & Kamizono (1975) alimentaram trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) com dietas isentas de minerais e, após duas semanas observaram diminuição do apetite, retardo no crescimento e anemia hipocrômica microcítica e, em certa porcentagem dos peixes, convulsão e morte. Os peixes sobreviventes apresentaram escoliose, lordose e descamação de ossos craniais. Chow & Schell (1980) resumiram os sintomas de deficiência e as exigências de 16 minerais para diversas espécies de peixes e demonstraram que somente a deficiência de quatro deles, fósforo, magnésio, ferro e iodo produziram sintomas evidentes.

Exigências de fósforo pelas tilápias

O fósforo é um mineral importante na nutrição dos peixes, devido principalmente a sua grande necessidade para crescimento, mineralização óssea e para o metabolismo dos lipídios. A inclusão recomendada na dieta para evitar deficiências e promover o normal crescimento corporal varia entre 0,29 e 0,75% de fósforo disponível, para a maioria dos peixes (Quintero-Pinto, 2008). Na maioria das espécies pesquisadas, os testes foram feitos com alevinos ou animais juvenis, sem diferenciação criteriosa aparente das fases. Nas espécies, que apresentam resultados em função do tamanho corporal, observam-se exigências diferenciadas, com tendência de serem maiores para animais mais novos. De igual maneira, o critério de avaliação influi nos resultados, sendo que variáveis de desempenho e eficiência alimentar sugerem exigências mais baixas do que as variáveis de composição das carcaças, músculos e ossos.

A Tabela 1 resume os dados reportados para exigências nutricionais de fósforo para tilápias as quais se encontram nas faixas de 0,30 a 1,10% para fósforo total e de 0,46 a 0,75% para fósforo disponível, dependendo da fonte de suplementação, do tipo de ração basal, da espécie, do tamanho do peixe e do método de avaliação. Segundo Watanabe et al. (1980b) a exigência de fósforo para máximo crescimento

e normal mineralização dos ossos, em tilápia do Nilo, pode ser menor de 0,90% na dieta. Robinson et al. (1987) reportaram exigências de 0,70% de cálcio e 0,30% de fósforo na dieta para desempenho produtivo e, de 0,50% de fósforo para normal mineralização dos ossos em juvenis de tilápia azul criada em águas com baixo conteúdo de cálcio. Viola et al. (1986a)

propuseram nível mínimo de 0,70% de fósforo na dieta dos híbridos de tilápia para normal crescimento de peixes adultos e níveis próximos de 1,00% de fósforo para crescimento ótimo de animais mais novos. Haylor et al. (1988) por sua vez preconizaram um nível mínimo de 0,46% P_{disp} para ótimo desempenho de juvenis de tilápia do Nilo.

Tabela 1. Exigência nutricional de minerais em tilápias.

Mineral	Espécie	Peso vivo (g)	Exigência (%)	Critério	Tempo (dias)	Ref.
Ca (%)	<i>O. niloticus</i>	2,5-43,61	0,50	D, M	91	1
	<i>O. aureus</i>	-	0,17-0,65	GP, MO	77	2
	<i>O. aureus</i>	1,5-11,0	0,7	GP, MO	84	3
	<i>O. aureus</i>	2,3	0,75	GP, MO	84-168	4
	Tilápia	NR	0,65	NR	NR	5
P (%)	<i>O. niloticus</i>	6,00-33,65	< 0,9 disp.	D, MO	-	6
	<i>O. niloticus</i>	-	0,8-1,0	D, M	-	7
	<i>O. niloticus</i>	-	0,46 disp.	D	-	8
	<i>O. niloticus</i>	23-89	0,35-0,70	GP	60	9
	<i>O. niloticus</i>	2,5-43,61	0,50-0,75 disp.	D, M	91	1
	<i>O. niloticus</i>	0,95-12,52	0,74	PF	49	10
	<i>O. niloticus</i>	0,27-4,0	0,75 disp.	D, M	-	11
	<i>O. niloticus</i>	0,6-4,0	1,1	CAA	42	12
	<i>O. niloticus</i>	3,6-30	0,65 disp.	D	30	16, 17
	<i>O. niloticus</i>	30-146	0,52 disp.	D	60	16, 17
	<i>O. niloticus</i>	150-350	0,45 disp.	D	60	16, 17
	<i>O. aureus x niloticus</i>	120-275	0,7-1,0 Pt 0,46-0,6 disp.	D, M	37-42	13
	<i>O. aureus</i>	1,5-11,0	0,3 (0,5)	D (MO)	84	3
	Tilápia	NR	0,5 disp.	NR	NR	14
	Tilápia	NR	0,9	NR	NR	5
	<i>O. niloticus</i>	2,5-43,61	0,5/0,5-0,75	D, M	91	1
	Ca/P	<i>O. niloticus</i>	1,5-11,0	0,7/0,3 (0,5)	D (M)	84
<i>O. niloticus</i>		-	0,06-0,07	-	-	15

GP: ganho de peso; MO: mineralização ossos; PF: peso final; CAA: conversão alimentar aparente; D: desempenho; NR: não reportado; disp.: disponível.

Referências: (1) Miranda et al. (2000); (2) Robinson et al. (1984); (3) Robinson et al. (1987); (4) O'Connell & Gatlin (1994); (5) De Silva & Anderson (1995); (6) Watanabe et al. (1980b); (7) Watanabe et al. (1988); (8) Haylor et al. (1988); (9) Boscolo et al. (2003); (10) Boscolo et al. (2005); (11) Pezzato et al. (2006); (12) Barbosa et al. (2006); (13) Viola et al. (1986b); (14) NRC (1993); (15) Dabrowska et al. (1989); (16) Quintero-Pinto (2008) e (17) Furuya et al. (2001).

Estudos feitos no Brasil reportaram, para alevinos de tilápia do Nilo, exigências nutricionais de 0,50% de cálcio (Miranda et al., 2000) e de fósforo entre 0,74 e 1,10% (P_{disp} de 0,50 e 0,75%) (Miranda et al., 2000; Boscolo et al., 2005; Barbosa et al., 2006 e Pezzato et al., 2006). Para a fase de crescimento de tilápia do Nilo Boscolo et al. (2003) concluíram que o nível de suplementação de fósforo pode estar entre 0,35 e 0,70% de fósforo total da ração. Quintero-Pinto (2008) determinou as exigências nutricionais de fósforo para tilápia do Nilo em três fases de vida (Tabela 1): crescimento, engorda e acabamento, concluindo que as exigências nutricionais de fósforo disponível para tilápia do Nilo são mais altas nas etapas iniciais de vida e diminuem progressivamente ao longo do ciclo produtivo e, que as exigências nutricionais de fósforo disponível para máxima mineralização óssea são mais altas do que para ótimo desempenho produtivo. De igual forma observou-se que esse nutriente pode ser poupado conforme densidade nutricional da ração e idade dos peixes, diminuindo até em 42% a inclusão desse elemento nas rações de acabamento, quando comparado com as exigências dos juvenis na fase de crescimento. Revelou-se nesse estudo que a deficiente suplementação do fósforo nas rações para tilápia do Nilo causa letargia, redução do apetite, baixa taxa de crescimento, coloração escura, foto sensibilidade, agressividade, deficiente mineralização dos ossos, altos teores de lipídeos no filé e no fígado e, em alguns casos, deformações e presença de nódulos nas espinhas dorsais das vértebras.

Disponibilidade de fósforo para peixes

É de aceitação universal que as análises químicas simples não representam os níveis de efetividade biológica dos minerais contidos nos ingredientes, desse modo os pesquisadores têm optado por estabelecer medidas relativas de eficiência para descrever o valor nutricional desses elementos a partir de fontes alimentares (Jongbloed & Kemme, 1990). Assim as exigências dos minerais podem ser mais bem apresentadas em

quantidades absorvíveis ou utilizáveis do que em quantidades totais. O fósforo está presente na maioria das fontes alimentares, porém sua disponibilidade varia para as diferentes espécies de peixes. A maioria dos compostos naturais de fósforo não é solúvel na água, somente em ácidos. A apatita e o fosfato tricálcico presentes nos ossos somente se dissociam em meio ácido forte. Assim, há diferença entre os peixes com estômago, onde ocorre secreção ácida e os que não os têm (Hepher, 1993). Outros fatores que também afetam a disponibilidade do fósforo são a relação Ca/P, as interações com outros minerais (Ca, Zn, Cu, Mg, Cu, F e Mn da dieta), a Vitamina D_3 , o estado fisiológico do peixe, a fonte e processamento e a presença e relação fósforo fítico/fitase, principalmente (Lall, 2002).

Alguns alimentos contêm quantidades suficientes de minerais. As leveduras de petróleo e de cana são ricas em fósforo, porém deficientes em cálcio (Arai et al., 1975; Pardo-Gamboa, 2008). Nesse sentido, Hepher (1993) destacou que o fosfato orgânico da caseína e da levedura de petróleo é assimilado com alta eficiência tanto pela carpa comum como pela truta arco-íris.

Nos vegetais, os minerais são menos disponíveis devido à presença do ácido fítico que forma complexos (quelatos) e imobiliza os minerais tornando-os inaproveitável (Cunha, 1967). Ketola (1975) adicionou 6 g de fósforo/kg a partir de hidrogeno fosfato de cálcio ($CaHPO_4$) em dietas para salmão e observou melhora no crescimento, na conversão alimentar e no teor mineral dos ossos, quando comparado com a dieta que continha exclusivamente vegetais, destacadamente o farelo de soja. Assim, a disponibilidade do fósforo depende da solubilidade da fonte, de modo que na forma de fosfato tricálcico é menos disponível do que na forma de fosfatos mono e bicálcico (Ogino et al., 1979). Para peixes sem estômago como a carpa, o fósforo na forma de fosfato tricálcico é ainda menos disponível e a fonte de fósforo passa a ser de grande importância, como observado por Yone et al. (1979) ao administrar fosfato tricálcico [$Ca_3(PO_4)_2$] presente na farinha de peixe, verificando que este praticamente não

foi digerido, enquanto que para a truta arco-íris, o aproveitamento do fósforo da farinha de pescado foi de cerca de 30%.

O fósforo das fontes inorgânicas e aqueles de origem animal são considerados 100% disponíveis para aves (Scott et al., 1976). Entretanto, segundo Li & Robinson (1996), devido ao bagre do canal secretar ácido clorídrico (HCl), como as aves e, os ingredientes usados nas rações serem finamente moídos, esse utiliza efetivamente suplementos de fósforo inorgânicos e aqueles de origem animal.

Em termos de praticidade quando da avaliação do valor biológico dos minerais, os testes mais adequados às aves são disponibilidade e retenção (Coon et al., 2002) dadas às dificuldades para separar as fezes da urina. Para suínos (Jongbloed et al., 1999) e peixes (Sugiura et al. 1998; Rodehutschord et al., 2000) os ensaios mais freqüentes e que melhor se adéquam são os de digestibilidade ou absorvibilidade. O tamanho dos suínos dificulta as avaliações de composição corporal e balanço de nutrientes e no caso dos peixes, as principais dificuldades residem na recuperação da urina e na homogeneização das amostras corporais dos peixes adultos. Os testes de digestibilidade ou absorvibilidade quantificam de forma aparente ou verdadeira, ileal ou total, as frações do nutriente que desaparecem do trato gastrointestinal. Para determinar os valores de digestibilidade verdadeira devem ser descontadas as excreções fecais endógenas das excreções fecais totais de fósforo.

Alguns autores estimam os valores de fósforo disponível em peixes com base na quantificação da fração líquida absorvida (digestibilidade aparente), como pode ser verificado nos trabalhos de Lovell (1978) e Eya & Lovell (1997) com bagre de canal; Ogino et al. (1979) com carpa e truta; Viola et al. (1986a) com carpa e Viola et al. (1986b) com tilápia; Riche & Brown (1996) e Sugiura et al. (1998) com truta; e, Miranda et al. (2000), Gonçalves et al. (2007) e Quintero-Pinto (2008) com tilápia, entre outros. Porém, o nível do mineral na ração deve estar próximo da exigência nutricional, para evitar que excreções endógenas

aumentadas comprometam os resultados subestimando a qualidade da fonte. Igualmente quantidades inferiores podem sobreestimar a fração disponível na fonte, ao exigir do animal a máxima eficiência de absorção.

Os valores de minerais disponíveis (digestíveis) devem ser analisados criteriosamente, pois diversos fatores podem afetar grandemente os resultados. Como revisado por Jongbloed & Kemme (1990) e Quintero-Pinto (2008) os principais fatores relacionados com o aproveitamento do P em animais podem ser classificados como segue: (1) No animal como espécie, sexo, idade, estado fisiológico, saúde e indivíduo. (2) Na fonte mineral como pureza, grau de moagem, concentração de outros minerais, processo de produção, técnicas físicas e químicas aplicadas, fonte original do material, presença de ânions ou cátions e presença de complexos orgânicos. (3) Na dieta fatores como quantidade de mineral incluído, relação entre minerais (relação Ca:P, relação Na:K), níveis de vitaminas (vitamina D), níveis de proteína, gordura, fibra e enzimas (fitase). (4) Fatores relativos com a tecnologia de processamento aplicado à dieta como grau de moagem dos ingredientes, peletização ou extrusão, entre outros. (5) Método de avaliação em função do mineral de referência, critério de resposta, nível de suplementação, modelo de avaliação, período de adaptação e do teste. Um adequado período de adaptação e fundamental antes das colheitas das fezes, e os métodos de colheita e processamento dos materiais fecais, propriamente ditos, fazem diferença nos resultados finais.

Furuya (2000) determinou a digestibilidade aparente do fósforo presente na farinha de peixe, milho, farelo de trigo e farelo de soja para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e obteve valores de 49,6; 50,0; 29,4 e 47,7%, respectivamente. Em estudo feito por Miranda (2000) para determinar a disponibilidade (calculada como fração digestível) de fósforo em ingredientes de origem vegetal, com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), foi observado valores de coeficientes de disponibilidade do fósforo de 7,3; 35,1 e 30,7%,

respectivamente, para o fubá de milho, farelo de soja e farelo de trigo. Dentre estes ingredientes, o milho pode compor até 60,0% dos constituintes de uma dieta comercial balanceada. Apesar de tal participação, este produto geralmente apresenta baixo conteúdo de fósforo. Gonçalves et al. (2007) observou coeficientes de disponibilidade (digestibilidade aparente) do fósforo para glúten de milho de 22,20%, farelo de soja de 22,30% e farelo de algodão de 52,90% com tilápia do Nilo de 100 g. Guimarães et al. (2007) trabalhando com tilápia do Nilo de 86 g, verificaram coeficientes de disponibilidade (digestibilidade aparente) do fósforo de 26,96% para farelo de soja e de 3,51% para farelo de algodão. A variabilidade dos resultados obtidos pelos pesquisadores pode ser atribuída às variações nas composições dos ingredientes, processamento das rações, teor do nutriente na ração, tamanho dos peixes, linhagem ou método de extração do mineral, principalmente.

Em trabalho recente Quintero-Pinto (2008), estudando o aproveitamento do fósforo a partir de diferentes fontes de origem animal, vegetal e mineral, determinou a fração digestível das fontes de fósforo para tilápia do Nilo em função da fase de crescimento, estabelecendo que a capacidade para digerir os alimentos e absorver o fósforo depende do peso corporal e das características do alimento avaliado (Tabela 2). Nesse estudo, houve tendência de melhor aproveitamento do fósforo a partir de alimentos de origem animal e de fontes inorgânicas pelos peixes em crescimento. Os peixes em engorda e acabamento mostraram superioridade para digerir e absorver os nutrientes a partir das fontes protéicas de origem vegetal, em relação aos animais mais novos. O fósforo das fontes minerais avaliadas foi eficientemente utilizado pelos peixes, com destaque do ácido fosfórico e do fosfato bicálcico e tendência de mais alta absorção pelos peixes em crescimento.

Relação cálcio/fósforo no balanceamento das rações para peixes

A absorção de minerais da água pelos peixes varia em função da espécie e de alguns fatores

ambientais, tais como o nível de concentração dos minerais, a temperatura e o pH da água. Quando os minerais absorvidos da água não são suficientes para satisfazer a exigência total, é necessário suplementar por meio da ração. Em água com alta concentração de cálcio os peixes satisfazem suas exigências, enquanto que com baixas concentrações, utilizam mais o cálcio proveniente da ração (Steffens, 1987; Lall, 2002).

Cálcio e fósforo são considerados juntos pelo fato estarem relacionados ao desenvolvimento e manutenção do sistema esquelético. São os maiores constituintes da fração mineral dos ossos, dão estabilidade às vértebras por meio da fase sólida do fosfato de cálcio, e participam de diferentes processos fisiológicos incluindo a manutenção do equilíbrio ácido base (Lall & Lewis-McCrea, 2007). Eles estão estreitamente ligados de tal forma que a deficiência ou o excesso de um interfere na apropriada utilização do outro (McDowell, 1992).

A importância da relação cálcio/fósforo na manutenção da homeostase dos peixes foi observada por Ogino et al. (1979) em trutas arco-íris e, em salmão do Atlântico (*Salmo salar*), por Watanabe et al. (1980a). Segundo estes autores, quando os peixes recebiam ração deficiente em fósforo, mas dispunham de quantidades suficientes de cálcio tanto na água como na ração, o teor de cálcio nos ossos e outros tecidos foram mais baixos. Destacaram, ainda, que independente da quantidade de fósforo ingerido não houve diferença na relação Ca/P nos tecidos corporais.

A relação Ca:P para algumas espécies de peixes se apresenta na faixa de 1,5 a 2,1:1,0 nas escamas e ossos e entre 0,7 e 1,6:1,0 no corpo inteiro dependendo principalmente do estágio de desenvolvimento, enquanto o nível de fósforo no corpo inteiro é de aproximadamente 0,4 a 0,5 % do peso fresco (Lall, 2002). Em ovos e larvas de truta, a concentração de fósforo é marcadamente mais alta que a do cálcio, mais depois que iniciam a alimentação exógena e se desenvolvem a concentração de cálcio aumenta até ficar próxima

à da concentração do fósforo corporal (Mckay et al., 1986). As escamas são importante local de armazenamento e metabolismo do cálcio, cuja taxa de troca é três vezes à dos ossos. A concentração de cálcio nas escamas da tilápia é

19 a 24 % do peso seco (Garrod & Newell, 1958). A quantidade de cálcio nas escamas dos peixes diminui durante a época reprodutiva e na inanição (Yamada, 1956; Garrod & Newell, 1958).

Tabela 2. Valores de fósforo total e disponível de alimentos para a tilápia do Nilo (matéria natural).

Alimento	Tamanho peixe (g)	Fósforo (%)			Ref.
		Total	CDa-P	Disponível	
<i>Alimento protéico de origem animal</i>					
Peixe, farinha	100	4,33	54,73	2,37	1
Peixe, farinha	25	3,20	52,50	1,68	8
Peixe, farinha	248	3,20	51,56	1,65	8
Peixe, farinha	496	3,20	49,69	1,59	8
Tilápia, farinha resíduo	80	2,78	69,78	1,94	5
Ave, vísceras	25	2,54	46,06	1,17	8
Ave, vísceras	248	2,54	45,67	1,16	8
Ave, vísceras	496	2,54	46,46	1,18	8
Carne e ossos	25	6,85	43,07	2,95	8
Carne e ossos	248	6,85	45,55	3,12	8
Carne e ossos	496	6,85	43,80	3,00	8
<i>Alimento protéico de origem vegetal</i>					
Algodão, farelo	100	0,83	37,35	0,31	1
Algodão, farelo	25	1,30	38,46	0,50	8
Algodão, farelo	248	1,30	43,08	0,56	8
Algodão, farelo	496	1,30	43,85	0,57	8
Canola, farelo	25	0,93	30,11	0,28	2
Girassol, farelo	100	0,59	27,12	0,16	1
Levedura integra	142	0,88	97,73	0,86	3
Levedura autolisada	142	0,86	100,00	0,86	3
Milho, glúten (60)	100	0,46	63,04	0,29	1
Milho, glúten (60)	25	0,54	24,07	0,13	8
Milho, glúten (60)	248	0,54	31,48	0,17	8
Milho, glúten (60)	496	0,54	33,33	0,18	8
Soja, integral cozida	110	0,49	59,18	0,29	6
Soja, farelo	100	0,54	25,93	0,14	1
Soja, farelo	25	0,73	24,66	0,18	8
Soja, farelo	248	0,73	27,40	0,20	8
Soja, farelo	496	0,73	28,77	0,21	8
Nabo forrageiro, farelo	100	1,00	85,00	0,85	4

(1) Gonçalves et al. (2007); (2) Furuya et al. (2001); (3) Pardo-Gamboa (2008); (4) Santos et al. (2010); (5) Boscolo et al. (2008); (6) Silva et al. (2005); (7) Freire et al. (2005); (8) Quintero-Pinto (2008).

(1) Cres = crescimento, peso = 24,75 g.

(2) Eng = engorda, peso = 247,52 g.

(3) Acab = acabamento, peso = 495,56 g.

Tabela 2. Continuação. Valores de fósforo total e disponível de alimentos para a tilápia do Nilo (matéria natural).

Alimento	Tamanho peixe (g)	Fósforo (%)			Ref.
		Total	CDa-P	Disponível	
<i>Alimento energético de origem vegetal</i>					
Arroz, quirera	100	0,21	52,38	0,11	1
Arroz, farelo	100	1,78	17,42	0,31	1
Milho, grão	100	0,20	55,00	0,11	1
Sorgo, baixo tanino	100	0,27	29,63	0,08	7
Sorgo, alto tanino	100	0,26	30,77	0,08	7
Trigo, farelo	100	0,81	35,80	0,29	1
<i>Fontes Inorgânicas de minerais</i>					
Fosfato mono bicálcico	25	18,96	93,57	17,74	8
Fosfato mono bicálcico	248	18,96	89,19	16,91	8
Fosfato mono bicálcico	496	18,96	88,77	16,83	8
Fosfato bicálcico	25	19,89	94,27	18,75	8
Fosfato bicálcico	248	19,89	94,97	18,89	8
Fosfato bicálcico	496	19,89	93,82	18,66	8
Fosfato mono potássico	25	24,11	93,90	22,64	8
Fosfato mono potássico	248	24,11	93,11	22,45	8
Fosfato mono potássico	496	24,11	90,21	21,75	8
Acido fosfórico	25	28,00	99,61	27,89	8
Acido fosfórico	248	28,00	97,32	27,25	8
Acido fosfórico	496	28,00	97,14	27,20	8

(1) Gonçalves et al. (2007); (2) Furuya et al. (2001); (3) Pardo-Gamboa (2008); (4) Santos et al. (2010); (5) Boscolo et al. (2008); (6) Silva et al. (2005); (7) Freire et al. (2005); (8) Quintero-Pinto (2008).

(1) Cres = crescimento, peso = 24,75 g.

(2) Eng = engorda, peso = 247,52 g.

(3) Acab = acabamento, peso = 495,56 g.

Relações ótimas de Ca:P nas dietas de pargo vermelho e enguia japonesa, respectivamente de 1:2 e 1:1 foram reportadas respectivamente (NRC, 1993). Igualmente para tilápia do Nilo foram preconizadas relações de 1,4:1,0 (0,70 % de Ca e 0,30 a 0,50 de P) quando criada em condições de laboratório usando águas livres de cálcio (Robinson et al., 1987) e de 1,0:1,0 a 1,0:1,50 (0,50% de Ca e 0,50 a 0,75% de P disp.) para alevinos da espécie em condições de laboratório, quando a concentração de Ca na água foi de 60-80 mg/L (Miranda et al., 2000).

Relevância significativa dos níveis de fósforo da dieta dos peixes foi destacada por Ogino & Takeda (1976) e Lovell (1978) quando conduziram estudos, respectivamente, com a carpa comum e o bagre do canal. Constataram que níveis elevados de cálcio nas rações não alteraram a quantidade de fósforo presente no corpo dos peixes.

Estudando o crescimento da carpa comum e da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) Watanabe (1988) encontrou correlação positiva entre o ganho de peso e o nível de fósforo da ração,

mas não com o nível de cálcio. Segundo esse autor, é difícil estudar os efeitos da deficiência de cálcio em peixes devido ao fato do mesmo ser absorvido ativamente da água, através das brânquias. Considerando que o cálcio é absorvido diretamente da água e que ocorre em quantidades razoáveis nas dietas dos peixes, a relação entre cálcio e fósforo não parece ser tão importante nas dietas dos peixes quanto nas dos monogástricos terrestres, e a atenção deve ser direcionada às exigências nutricionais de fósforo (Lall & Lewis-McCrea, 2007).

Referências Bibliográficas

- Arai, S.; Mueller, R.; Shimma, Y.; Nose, T. Effect of calcium supplement to yeast grow on hydrocarbons as feedstuffs for rainbow trout. **Bulletin of Freshwater Fish Research Laboratory**, v.25, p.33-40, 1975.
- Barbosa Ribeiro, F.; Teixeira Lanna, E.A.; Delmondes Bomfim, M.A.; Juarez Lopes, D.; Saraiva de Freitas, A.; De Sousa, M.P.; Quadros, M. Níveis de fósforo total em dietas para alevinos de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1588-1593, 2006.
- Boscolo, W.R.; Feiden, A.; Reidel, A.; Broll, F.; Holdefer, A.M.; Dos Santos, R.V.; Maranhão, T.C.F. Exigência de fósforo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de crescimento. **Varia Scientia**, Cascavel, v.3, n.1, p.115-124, 2003.
- Boscolo, W.G.; Feiden, A.; Bombardelli, R.A.; Signor, A.; Gentelini, A.L.; De Souza, B.E. Exigência de fósforo para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 27, n.1, p. 87-91, 2005.
- Boscolo, W.R.; C. Hayashi; A. Feiden; F. Meurer e A.A. Signor. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, n.38, p.2579-2586, 2008.
- Chow, K.W.; Schell, W.R. **The minerals**. In: Fish Feed Technology. Aquaculture development and coordination programme. FAO/UNDP, Italia-Roma, 1980. p.104-108.
- Coon, C.; Leske, K.; Seo, S. **The availability of calcium and phosphorus in feedstuffs**. In: McNab, M.J. & Boormn, K.N. (Eds.). Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value. Cab International, 2002. p.151-179.
- Cunha, T.J. **Present status on swine feeding and nutrition**. Hoffmann La Roche. Basle, 1967. 20p.
- Dabrowska, H.; Meye-Burgdorff, K.H.; Gunther, K.D. Interaction between dietary protein and magnesium level in tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.76, p.277-291, 1989.
- Da Silva, A.Y.H.; Cozzolino, S.M.F. **Fósforo**. In: Cozzolino, S.M.F. Biodisponibilidade de nutrientes. 2ª Ed. Manole Interesse Geral: Barueri, SP, 2007. p.447-458.
- De Silva, S.S.; Anderson, T.A. **Fish Nutrition in Aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1995. 319p.
- English, W.R.; Schwedler, T.E.; Dyck, L.A. Aphanizomenon flos-aquae, a toxic blue green alga in commercial channel catfish, *Ictalurus punctatus*, ponds: a case history. **Journal of Applied Aquaculture**, v.3, p.195-209, 1993.
- Eya, J.C.; Lovell, R.T. Net absorption of dietary phosphorus from various inorganic sources and effect of fungal phytase on net absorption of plant phosphorus by channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Journal of world aquaculture society**, v.28, p.386-391, 1997.
- Freire, E.S.; L.E. Pezzato e M.M. Barros. Coeficiente de digestibilidade aparente e valores de aminoácidos digestíveis do sorgo baixo e alto tanino pela tilápia do Nilo. **Veterinária e Zootecnia**, n.12, p.77-89, 2005.
- Furuya, W.M. **Digestibilidade aparente de aminoácidos e substituição da proteína da farinha de peixes pela proteína do farelo de soja com base no conceito de proteína ideal em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Botucatu, SP: Universidade Estadual Paulista, 2000. 70p. Tesse (Doutorado em Zootecnia).
- _____. (Editor). **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100p.
- Furuya, W.M.; Pezzato, L.E.; Miranda, E.C.; Rossetto, B.V.; Barros, M.M. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e

- nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (Linhagem Tailandesa). *Acta Scientiarum*, Maringá, v.23, n.2, p.465-469, 2001.
- Garrod, D.J.; Newell, B.S. Ring formation in *Tilapia esculenta*. *Nature*, v.181, p.1411-1412, 1958.
- Gonçalves, G.S.; Pezzato, L.E.; Padilha, P.M. et al. Disponibilidade aparente do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol.36, n.5, suppl, p.1473-1480, 2007.
- Guimarães, I.G.; Pezzato, L.E.; Barros, M.M. et al. Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes e disponibilidade de minerais em alimentos protéicos extrusados para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: 44^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. O avanço científico e tecnológico na produção animal, 2007. Jaboticabal, *Anais...* Jaboticabal, SP, Brasil: SBZ, 2007. A-513.
- Haylor, G.S.; Beveridge, M.C.M.; Jauncey, K. Phosphorus nutrition of juvenile *Oreochromis niloticus*. In: The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 1998, Manila. *Proceedings...* Manila: Department of Fisheries, 1988. p.341-345.
- Hepher, B. **Nutrición de peces comerciales en estanques**. Primera Edición. México: Ed. Limusa S.A., 1993. 407p.
- Jongbloed, A.W.; Kemme, P.A. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment: 1. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. *Netherlands Journal of Agricultural Sciences*, v.38, p.567-575, 1990.
- Jongbloed AW, Everts H, Kemme PA, Mroz Z. Quantification of absorbability and requirements of macroelements. In: **A Quantitative Biology of the Pig**. Kyriazakis I, editor. New York: CABI Publishing; 1999. p.275-298.
- Ketola, H.G. Requirements of Atlantic salmon for dietary phosphorus. *Transactions of the American Fisheries Society*, v.104, p.548-551, 1975.
- Lall, S.P. **The Minerals**. In: Halver, J.E. & Hardy, R.W. (Eds.). *Fish Nutrition*, Third Edition, Elsevier Science (USA), 2002. p.259-308.
- Lall, S.P.; Lewis-McCrea, L.M. Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish - An overview. *Aquaculture*, v.267, p.3-19, 2007.
- Lellis, W.A.; Barrows, F.T.; Hardy, R.W. Effects of phase-feeding dietary phosphorus on survival, growth, and processing characteristics of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, v.242, p.607-616, 2004.
- Li, M.H.; Robinson, E.H. Phosphorus availability of common feedstuffs to channel catfish (*Ictalurus punctatus*) as measured by weight gain and bone mineralization. *Journal of the World Aquaculture Society*, v.27, n.3, 1996.
- Lovell, R.T. Dietary phosphorus requirements of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Transactions of the American Fisheries Society*, v.107, p.617-621, 1978.
- Martini, L.A. **Cálcio e fósforo**. In: Vannucchi, H; Cardoso, M.A. (Eds.). *Nutrição Humana*. Ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara koogan, 2006, v.1. p.219-236.
- McDowell, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego, California: Academic Press Limited, 1992. 524p.
- Mckay, L.R., Gjerde, B. Genetic variation for spinal deformity in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, v.52, p.263-272, 1986.
- Miranda, E.C.; Pezzato, A.C.; Pezzato, L.E.; Graner, C.F.; Rosa, G.J.; Quintero-Pinto, L.G. Relação Cálcio/Fósforo Disponível em Rações para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.6, p.2162-2171, 2000.
- National Research Council –NRC–. **Nutrient requirements of fish**. The National Academy of Sciences, Washington (D.C.), 1993. 114p.
- O'Connell, J.P.; Gatlin, D.M. Effects of dietary calcium and vitamin D3 on weight gain and mineral composition of the blue tilapia (*Oreochromis aureus*) in-calcium water. *Aquaculture*, v.125, p.107-117, 1994.
- Ogino, C.; Kamazono, M. Mineral requirements in fish. I. Effects of dietary salt-mixture levels on growth, mortality and body composition in rainbow trout and carp. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, v.41, p.429-434, 1975.
- Ogino, C.; Takeda, H. Mineral requirements in fish. 3. Calcium and phosphorus requirements of carp. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, v.42, n.7, p.793-799, 1976.
- Ogino, C.B.; Takeuchi, L.; Takeda, H.; Watanabe, T. Availability of dietary phosphorus in carp and rainbow trout. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, v.45, p.1527-1532, 1979.

- Onishi, T.; Suzuki, M.; Takeuchi, M. Change in carp hepatopancreatic activities with dietary phosphorus levels. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.47, p.353-357, 1987.
- Pardo-Gamboa, B.S. **Digestibilidade dos macronutrientes e disponibilidade dos minerais, pela tilápia do Nilo, das leveduras íntegra e autolisada**. Botucatu, SP: Universidade Estadual Paulista, 2008. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).
- Pezzato, L.E.; Santa Rosa, M.J.; Barros, M.M.; Guimarães, I.G. Exigência em fósforo disponível para alevinos de tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.5, p.1600-605, 2006.
- Quintero-Pinto, L.G. **Exigências dietárias e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Zootecnia – UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, SP, Brasil, 2008. 90p.
- Richie, M.; Brown, P.B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.142, p.269-282, 1996.
- Robinson, E.H.; Labomascus, D.; Brown, P.B.; Linton, T.L. Dietary calcium and phosphorus requirements of *Oreochromis aureus* reared in calcium-free water. **Aquaculture**, v.64, p.267-276, 1987.
- Robinson, E.H.; Rawles, S.D.; Yette, H.E.; Greene, L.W. An estimate of the dietary calcium requirement of fingerling *Tilapia aureus* reared in calcium-free water. **Aquaculture**, v.41, p.389-393, 1984.
- Rodehutsord, M.; Gregus, Z.; Pfeffer, E. Effect of phosphorus intake on faecal and non-faecal phosphorus excretion in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and the consequences for comparative phosphorus availability studies. **Aquaculture**, v.188, p.383-398, 2000.
- Santos, V.G.; A.C. Fernandes Junior; J.F.A. Kock; M.M. Barros; I. Guimarães; M.M. Barros e L.E. Pezzato. Composição química e digestibilidade do farelo de nabo forrageiro para tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, n.11, p.537-546, 2010.
- Scott, M.L.; Nesheir, M.C.; Young, R.J. **Nutrition of the chicken**. Ithaca, New York, USA: M.L. Scott and Associates, 1976.
- Silva, T.S.C.; W.M. Furuya; V.G. Santos; D. Botaro, L.C.R.; Silva, P.J.P. Sales; C. Hayashi; L.D. Santos e V.R.B. Furuya. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes do farelo de soja integral sem e com fitase para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum – Animal Sciences**, n.27, p.371-375, 2005.
- Steffens, W. **Principios fundamentales de la alimentación de los peces**. Zaragoza: Editora Acribia, 1987. 272p.
- Strain, J.J. & Cashman, K.D. **Minerais e oligoelementos**. In: Gibney, J.; Vorster, H.H.; Kok, F.J. (Eds.). Introdução à nutrição humana. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara – koogan, 2002. p.162-205.
- Sugiura, S.H.; Dong, F.M.; Hardy, R.W. Primary responses of rainbow trout to dietary phosphorus concentrations. **Aquaculture Nutrition**, v.6, p.235-245, 2000.
- Sugiura, S.H.; Dong, F.M.; Rathbone, C.K.; Hardy, R.W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feeds ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture**, v.159, p.177-202, 1998.
- Takeuchi, M.; Nakazoe, J. Effect of dietary phosphorus on lipid content and its composition in carp. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.47, p.347-352, 1981.
- Vander Ploeg, M.; Boyd, C.E. Geosmin production by cyanobacteria (blue green algae) in fish ponds at Auburn, Alabama. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.22, p.207-216, 1991.
- Viola, S.; Zohar, G.; Arieli, Y. Requirements of phosphorus and its availability from different sources for intensive pond culture species in Israel. Part 2: Carp culture. **Bamidgeh**, v.38, p.44-54, 1986a.
- _____. Phosphorus requirements and its availability from different sources for intensive pond culture species in Israel. Part 1: Tilapia. **Bamidgeh**, v.38, p.3-12, 1986b.
- Watanabe, T. **Fish nutrition and maniculture**. Jica Textbook. The General Aquaculture Course. 1988. 233p.
- Watanabe, T.; Kiron, V.; Satoh, S. Trace mineral in fish nutrition. **Aquaculture**, v. 151, p.185-207, 1997.
- Watanabe, T.; Murakami, A.; Takeuchi, L.; Nose, T.; Ogino, C. Requirement of chum salmon held in freshwater for dietary phosphorus. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**,

- v.46, p.361-367, 1980a.
- Watanabe, T.; Takeuchi, T.; Murakami, A.; Ogino, C. The availability to *Tilapia nilotica* of phosphorus in white fish meal. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.46, p.897-899, 1980b.
- Watanabe, T.; Satoh, S.; Takeuchi, T. Availability of minerals in fish meal to fish. **Asian Fisheries Science**, v.1, p.175-195, 1988.
- Yamada, J. On the mechanism of the appearance of the scale structure: VI. Some observations associating with the absorption of scale in the goldfish. **Bulletin of Faculty of Fisheries Hokkaido University**, v.7, p.202-207, 1956.
- Yone, Y.; Fujii, M.; Toshima, N. The utilization of phosphorus in fish meal by carp and black sea bream. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.45, p.735-756, 1979.