



Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nylo¹

Marcos Antonio Delmondes Bomfim^{2*}, Eduardo Arruda Teixeira Lanna³, Juarez Lopes Donzele³, Moisés Quadros², Felipe Barbosa Ribeiro², Wagner Azis Garcia de Araújo⁴

¹ Projeto financiado pela FAPEMIG.

² Programa de Pós-graduação em Zootecnia - UFV. Bolsista do CNPq.

³ Departamento de Zootecnia - DZO/UFV.

⁴ Programa de Pós-graduação em Zootecnia - UFV. Bolsista da CAPES.

RESUMO - Avaliou-se o efeito dos níveis de treonina digestível, com base no conceito de proteína ideal, em rações com 1,35% de lisina digestível sobre o desempenho de alevinos de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*). Utilizaram-se 432 alevinos revertidos de tilápia, linhagem tailandesa, com peso inicial de $1,64 \pm 0,03$ g, em delineamento inteiramente ao acaso, com seis tratamentos, cada um com seis repetições, e doze peixes por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de cinco rações com diversas relações treonina:lisina digestível (69,0; 74,0; 79,0; 84,0 e 89,0%) e relação metionina + cistina:lisina digestível de 70,0% e uma ração com relação treonina:lisina digestível de 84,0% e de metionina + cistina:lisina digestível de 75,0%, todas isoenergéticas e isoprotéicas. Os peixes foram mantidos em 36 aquários de 130 L, dotados de abastecimento de água, temperatura controlada e aeração individuais, e alimentados à vontade, seis vezes ao dia, durante 30 dias. Avaliaram-se o desempenho, a composição corporal, as deposições de proteína e gordura e a eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. O consumo de ração, o teor de proteína corporal e a deposição de proteína corporal aumentaram de forma linear de acordo com a relação treonina:lisina na ração, contudo, não foram influenciados pelo aumento da relação metionina + cistina:lisina da ração. Os níveis de treonina total ou digestível que proporcionaram os melhores resultados de desempenho em alevinos de tilápia-do-nylo foram de 1,11 e 0,99%, enquanto os níveis que promoveram melhor deposição de proteína corporal foram de 1,43 e 1,28%, que correspondem às relações treonina:lisina total de 71,0 e 69,0% e treonina:lisina digestível de 90,0 e 89,0%.

Palavras-chave: aminoácidos digestíveis, aminoácidos sintéticos, fase inicial, nutrição protéica, *Oreochromis niloticus*, relação treonina:lisina digestível

Digestible threonine requirement of Nile tilapia fingerlings using ideal protein concept

ABSTRACT - The effects of digestible threonine levels, based on ideal protein concept in diets with 1.35% of digestible lysine on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings performance. Four hundred thirty two reverted Nile tilapia, Thailand strain, with initial weight of 1.64 ± 0.03 g, were allotted to completely randomized design, with six diets and six replications with twelve fishes each. The five diets, isoenergetic isoproteic, consisted of various threonine:digestible lysine ratio (69.0, 74.0, 79.0, 84.0, and 89.0%) and methionine + cystine:digestible lysine ratio of 70.0% and one diet with threonine:digestible lysine of 84.0% and methionine + cystine:digestible lysine of 75.0%. The fish were kept in 36 aquariums of 130 L, equipped with water supply, controlled temperature and individual aeration, and ad libitum fed six times a day for 30 days. Performance, body composition, protein and fat depositions and nitrogen retention efficiency of fishes were evaluated. Consumption of feed, body protein content and body protein deposition increased in a linear fashion in accordance to threonine:digestible lysine in the diet, however, was not affected by the increase of dietary methionine + cystine:digestible lysine. Total or digestible threonine levels that provided the best results of performance of Nile tilapia fingerlings were 1.11 and 0.99%, while the levels that promoted better body protein deposition were 1.43 and 1.28%, which correspond to threonine:total lysine ratio of 71.0 and 69.0% and threonine:digestible lysine of 90.0 and 89.0%.

Key Words: digestible amino acids, initial phase, *Oreochromis niloticus*, protein nutrition, synthetic amino acids, threonine:digestible lysine ratio

Introdução

O conceito de proteína ideal tem sido aplicado na determinação das exigências dietéticas de aminoácidos para peixes (Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Pezzato et al., 2004; Bomfim et al., 2005; Furuya et al., 2005). Neste conceito, os aminoácidos essenciais são expressos em relação a um aminoácido-referência (lisina), considerando a hipótese de que, embora as exigências quantitativas dos aminoácidos possam ser influenciadas por diversos fatores, as proporções entre eles são praticamente constantes (Parsons & Baker, 1994; Boisen et al., 2000; Furuya, 2001; Green & Hardy, 2002; Pezzato et al., 2004).

Alguns pesquisadores têm usado o padrão aminoacídico corporal, também chamado relação A/E corporal (conteúdo do aminoácido indispensável pelo conteúdo total dos aminoácidos essenciais, incluindo cistina e tirosina), como forma de estabelecer um padrão aminoacídico ideal na ração (Akiyama, et al., 1997; Wilson, 2003; Twibell et al., 2003; Portz & Cyrino, 2003; Rollin et al., 2003). Entretanto, em pesquisas recentes com truta arco-íris (Rudehutsord et al., 1997; Green & Hardy, 2002) e com salmão-do-atlântico (Rollin et al., 2003), ficou demonstrado que o padrão aminoacídico corporal pode não ser indicativo do padrão ideal protéico, uma vez que a proporção dos aminoácidos utilizada nos processos de crescimento difere da utilizada nos processos de manutenção.

Assim, a realização de ensaios de dose-resposta tem sido recomendada para estimativa do perfil aminoacídico ideal em rações para peixes e outros monogástricos (Rudehutsord et al., 1997; Hauler & Carter, 2001; Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Boisen, 2003), uma vez que os níveis de lisina podem ser fixados em valores considerados subótimos (Boisen, 2003) a fim de se determinar com precisão a relação aminoácido:lisina.

Além dos aminoácidos sulfurosos e a lisina, a treonina é um dos aminoácidos mais limitantes em rações práticas para peixes. É o primeiro aminoácido limitante para a produção de imunoglobulinas e mucina, sintetizada em grande quantidade pelos peixes no tubo digestivo e para o recobrimento da pele (Tibaldi & Tulli, 1999; Li Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Oblad, 2003; Silva et al., 2006).

As informações sobre as exigências dietéticas de treonina para tilápias-do-nylo, além da grande variabilidade, têm sido expressas em valores totais, desconsiderando o conceito de proteína ideal (relação treonina:lisina) (Santiago & Lovell, 1988; Silva et al., 2004; Silva et al., 2006). A possibilidade de utilização de valores de exigência dietética de lisina e treonina obtidos em experimentos diferentes

(Santiago & Lovell, 1988; NRC, 1993) pode resultar em estimativas imprecisas da relação treonina:lisina, uma vez que outro aminoácido, além da lisina, pode estar limitante e/ou as taxas de crescimento e eficiência alimentar dos peixes serem diferentes entre experimentos (Dabrowski & Guderley, 2002; Boisen, 2003).

Assim, realizou-se este trabalho com o objetivo de determinar as exigências de treonina, com base no conceito de proteína ideal, para alevinos de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*).

Material e Métodos

O experimento foi realizado durante 30 dias, nos meses de maio e junho de 2005, no Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

Foram utilizados 432 alevinos revertidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*), linhagem tailandesa, com peso inicial de $1,64 \pm 0,03$ g, em um delineamento inteiramente casualizado, composto de seis tratamentos, seis repetições por tratamento e 12 peixes por unidade experimental.

Os tratamentos consistiram de uma ração basal suplementada com cinco níveis de L-treonina 98,5%, resultando em cinco rações experimentais com diversas relações treonina:lisina digestível (69, 74, 79, 84 e 89%). O teor de lisina digestível utilizado nas rações foi fixado em 1,35%, abaixo do preconizado pelo NRC (1993); e a relação metionina+cistina:lisina digestível em 70%. As relações dos demais aminoácidos com a lisina foram mantidas no mínimo seis pontos acima daquelas estimadas a partir dos valores de exigência contidos no NRC (1993).

Para verificar se a relação aminoácidos sulfurosos:lisina de 70% estava limitante, utilizou-se uma ração contendo relação treonina:lisina digestível de 84%, porém com relação metionina+cistina:lisina digestível de 75%. Para que as rações experimentais mantivessem o mesmo teor de proteína bruta (isonitrogenadas) e isoenergéticas, a suplementação com os aminoácidos sintéticos, para obtenção das relações mínimas aminoácido:lisina, foram feitas utilizando-se ácido glutâmico, amido e óleo (Tabela 1).

Os alevinos foram mantidos em 36 aquários de polietileno, com capacidade volumétrica individual de 150 L e volume útil de 130 L, dotados de sistemas individuais de aeração, abastecimento de água e escoamento de fundo disposto em sistema de recirculação e renovação mínima de água de 25,0% por dia.

A água de abastecimento dos aquários, proveniente do sistema de tratamento de água da Universidade Federal de

Viçosa – UFV, foi previamente dechlorada e aquecida por resistências elétricas, com temperatura controlada por termostato.

A temperatura da água foi mantida em torno de 28°C e aferida diariamente, às 7h30 e 17h30, com auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio graduado de 0 a 50°C. Os controles do pH e do teor de oxigênio dissolvido na água foram realizados a cada sete dias, respectivamente, utilizando-se potenciômetro e oxímetro.

O fotoperíodo foi mantido em 12 horas de luz, por meio de iluminação proveniente de lâmpadas mistas, e controlado por *timer* automático.

As rações experimentais foram peletizadas e fornecidas diariamente, em seis refeições (às 8, 10, 12, 14, 16 e 18 h), de modo que, em cada refeição, foram fornecidas em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, a fim de possibilitar

ingestão máxima, sem perdas, até a aparente saciedade, e reduzir a possibilidade de lixiviações.

A limpeza dos aquários foi realizada duas vezes por dia, para retirada das fezes por sifonagem, após as leituras da temperatura da água.

Avaliaram-se o ganho de peso, a taxa de crescimento específico, a taxa de sobrevivência, o consumo de ração, a conversão alimentar, a eficiência protéica para ganho, a eficiência de lisina para ganho, as taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais, a composição química corporal (teores de umidade, proteína e gordura corporais) e a eficiência de retenção de nitrogênio.

Para determinação da taxa de crescimento específico (TCE), empregou-se a equação abaixo, utilizando-se transformações logarítmicas.

Tabela 1 - Composição percentual e química das rações experimentais (matéria natural)

Ingrediente (%)	Relação treonina:lisina digestível (%)					
	69,0	74,0	79,0	84,0	89,0	84,0
Farelo de soja	36,274	36,274	36,274	36,274	36,274	36,274
Milho	41,662	41,662	41,662	41,662	41,662	41,662
Glúten de milho	12,457	12,457	12,457	12,457	12,457	12,457
Óleo de soja	1,447	1,448	1,448	1,449	1,449	1,447
Amido de milho	3,054	3,075	3,096	3,118	3,140	3,119
L-lisina HCl -- 78,4%	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
L-treonina – 98,5%	0,000	0,070	0,140	0,209	0,279	0,210
DL-metionina – 99%	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,162
L-triptofano – 99%	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
Ácido glutâmico – 99%	0,367	0,275	0,184	0,092	0,000	0,023
Fosfato bicálcico	3,193	3,193	3,193	3,193	3,193	3,193
Vitamina C ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico e mineral ⁴	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal comum	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
BHT (antioxidante)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada ¹						
Proteína bruta (%)	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
Proteína digestível (%)	25,69	25,69	25,69	25,68	25,68	25,68
Energia digestível (kcal/kg) ²	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Extrato etéreo (%)	3,86	3,86	3,87	3,87	3,87	3,84
Ácido linoléico (%)	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	1,99
Cálcio total (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Fósforo disponível (%) ²	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Lisina total (%)	1,465	1,465	1,465	1,465	1,465	1,465
Lisina digestível (%) ²	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350
Treonina total (%)	1,041	1,110	1,179	1,247	1,316	1,247
Treonina digestível (%) ²	0,931	0,999	1,066	1,134	1,201	1,134
Metionina + cistina digestível (%) ²	0,945	0,945	0,945	0,945	0,945	1,012
Triptofano digestível (%) ²	0,351	0,351	0,351	0,351	0,351	0,351
Relação metionina + cistina:lisina digestível (%)	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	75,0
Relação treonina:lisina digestível (%)	69,0	74,0	79,0	84,0	89,0	84,0

¹ Composição calculada segundo Rostagno et al. (2005).

² Valores estimados com base nos coeficientes de digestibilidade dos ingredientes para os aminoácidos e fósforo, de acordo com Rostagno et al. (2005) e Furuya (2000), e de energia, de acordo com Boscolo et al. (2002) e Pezzato et al. (2002).

³ Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo.

⁴ Composição por quilograma do produto: vit. A - 1.200.000 UI; vit. D₃ - 200.000 UI; vit. E - 1.200 mg; vit. K₃ - 2.400 mg; vit. B₁ - 4.800 mg; vit. B₂ - 4.800 mg; vit. B₆ - 4.800 mg; vit. B₁₂ - 4.800 mg; vit. C - 48 g; ácido fólico - 1.200 mg; pantotenato de cálcio - 12.000 mg; vit. C - 48.000 mg; biotina - 48 mg; cloreto de colina - 108 g; niacina, 24.000 mg; Fe - 50.000 mg; Cu - 3.000 mg; Mn - 20.000 mg; Zn - 30.000 mg; I - 100 mg; Co - 10 mg; Se - 100 mg.

$$\text{TCE} = \frac{\log \text{ natural do peso final (g)} - \log \text{ natural do peso inicial (g)}}{\text{Período experimental (dias)}} \times 100$$

As eficiências de utilização de proteína e de lisina digestível para ganho foram calculadas dividindo-se o ganho de peso dos peixes pelo consumo de proteína bruta ou lisina digestível, respectivamente.

Ao início do experimento, oitenta peixes foram sacrificados, depois de insensibilizados em água contendo gelo. Ao final do experimento, foram sacrificados oito peixes – de forma idêntica e com pesos mais próximos ao peso médio da respectiva unidade – para análises corporais. As análises bromatológicas das rações e das amostras dos peixes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (LNA/DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), conforme procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2003).

As deposições de proteína e gordura corporais foram calculadas pela diferença entre as composições final e inicial de proteína e gordura corporal, respectivamente, em mg, dividida pelo período experimental (dias).

A eficiência de retenção de nitrogênio, expressa em porcentagem, foi calculada pela diferença do nitrogênio corporal final e inicial, dividida pelo nitrogênio total consumido, multiplicado por 100.

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1997) e os dados foram interpretados por meio de análise de variância a 5% de probabilidade. Os efeitos das relações metionina+cistina:lisina foram comparados pelo teste F e os efeitos das relações treonina:lisina foram analisados pelos modelos de regressão linear, quadrático ou descontínuo “Linear Response Plateau” (LRP), conforme o melhor ajustamento obtido para cada variável, com base na significância dos coeficientes de regressão pelo teste F, no coeficiente de determinação, na soma de quadrado dos desvios e no fenômeno em estudo.

Resultados e Discussão

O sistema de abastecimento de água e aeração possibilitou o controle uniforme da temperatura e da aeração durante o período experimental. Foram obtidos os valores de $27,9 \pm 0,70^\circ\text{C}$ para temperatura da água, de $6,6 \pm 0,16$ para o pH e de $6,54 \pm 0,28$ mg/L para o oxigênio dissolvido. Esses valores mantiveram-se na faixa recomendada para a criação desta espécie, segundo Furuya (2000) e Kubitzka (2000).

O aumento da relação treonina:lisina da ração não teve efeito ($P > 0,05$) sobre o desempenho e a eficiência alimentar dos peixes, com exceção do consumo de ração, que aumentou ($P < 0,05$) de forma linear (Tabela 2). Além disso, nenhuma dessas variáveis foi afetada ($P < 0,05$) pelo aumento da relação metionina+cistina:lisina de 70,0% para 75,0% nas rações contendo relação treonina:lisina de 84,0%, o que indica que a relação aminoácidos sulfurosos:lisina de 70,0% não limitou os níveis desses aminoácidos nas rações experimentais.

A taxa média de crescimento de 8,5% ao dia obtida neste estudo assemelha-se àquela de 8,7% ao dia observada por Furuya et al. (2000) e foi superior àquelas de 7,8 e 7,5% ao dia observadas por Lanna et al. (2005) e Bomfim et al. (2005) nas mesmas condições experimentais; de 5,7% ao dia, obtida por Santiago & Lovell (1988) em animais de mesma categoria e peso; e de 3,1 e 2,0% ao dia, obtida por Silva et al. (2004) e Silva et al. (2006) com animais na fase de crescimento.

As taxas de crescimento dos peixes indicam que as condições sanitárias, o manejo utilizado no experimento e as rações suplementadas com aminoácidos livres, mesmo com níveis inferiores de proteína bruta em relação às exigências de 32,0% para a espécie, foram suficientes para potencializar o desempenho dos animais (Furuya et al., 2000).

Além disso, o melhor balanceamento aminoacídico das rações com a redução dos aminoácidos em níveis excedentes às exigências do animal – que, provavelmente, não contribuiriam para a formação de tecido magro e seriam catabolizados – pode ter refletido nos maiores valores de eficiência protéica para ganho em relação aos obtidos por Furuya et al. (2000), Silva et al. (2004) e Silva et al. (2006). Efeitos similares de desempenho e de eficiência de utilização protéica para ganho obtidos com rações de baixo teor protéico suplementadas com aminoácidos livres também foram demonstrados em tilápias por Lanna et al. (2005), Furuya et al. (2005) e Bomfim et al. (2005).

Com base nesses resultados, a relação treonina:lisina de 69,0%, que corresponde a níveis de treonina total e digestível de 1,11 e 0,99%, considerando exigência de lisina total e digestível de 1,59 e 1,44% (NRC, 1993; Furuya et al., 2006) e os coeficientes de digestibilidade médios de 92,2 e 89,4% para a lisina e treonina, respectivamente, das fontes protéicas (Furuya, 2000), parece suprir as exigências dietéticas desses aminoácidos. Esse valor, em aminoácido total, foi superior àqueles de 1,05 e 1,02%, determinados por Santiago & Lovell (1988) e Silva et al. (2004), respectivamente, e inferior ao de 1,35% obtido por Silva et al. (2006), cuja resposta em desempenho e eficiência alimentar dos peixes foi linear para a maioria dos parâmetros avaliados.

Tabela 2 - Desempenho de alevinos de tilápias-do-nilo alimentados com ração com diversas relações treonina:lisina digestível

Parâmetro	Relação treonina:lisina digestível (%)						CV (%)
	69,0	74,0	79,0	84,0	89,0	84,0 ¹	
Peso inicial (g)	1,64	1,64	1,64	1,63	1,66	1,63	1,50
Ganho de peso (g)	18,94	19,16	18,82	19,07	19,93	18,18	4,15
Taxa de crescimento específico (%/dia)	8,44	8,47	8,41	8,47	8,54	8,33	1,53
Taxa de sobrevivência (%)	98,61	100,00	100,00	98,61	100,00	100,00	1,97
Consumo de ração (g) ²	23,32	23,34	23,17	24,17	24,17	23,48	3,94
Conversão alimentar (g/g)	1,23	1,22	1,23	1,27	1,21	1,29	4,29
Eficiência protéica para ganho (g/g)	2,91	2,94	2,90	2,82	2,95	2,77	4,41
Eficiência de lisina para ganho (g/g)	60,27	60,91	60,19	58,49	61,11	57,34	4,41

CV - coeficiente de variação.

¹ Relação metionina+cistina:lisina digestível de 75%.

² Efeito linear ($P < 0,05$): $\hat{Y} = 20,1182 + 0,04361X$ ($r^2 = 0,66$).

Um fator que pode ter contribuído para a similaridade observada para a maioria dos parâmetros de desempenho e eficiência alimentar dos peixes seria a falta de um desafio sanitário e/ou de condições estressantes, cujas condições implicariam elevação das exigências de treonina. Como nessas situações há perda excessiva de muco (mucina) pelos peixes, acarretando aumento de sua produção, e a treonina é o primeiro aminoácido limitante para a produção de mucina e de imunoglobulinas, suas exigências dietéticas para uma resposta imune máxima podem ser maiores que para obtenção de crescimento ótimo (Li Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Obled, 2003; Ajinomoto, 2003; Machado & Fontes, 2005).

A elevação da relação treonina:lisina da ração aumentou de forma linear o teor de proteína corporal e a deposição diária de proteína corporal ($P < 0,01$), mas não influenciou os resultados obtidos para as demais variáveis ($P > 0,05$) (Tabela 3). No entanto, o aumento da relação metionina+cistina:lisina de 70,0% para 75,0% nas rações contendo a relação treonina:lisina de 84,0% não influenciou ($P > 0,05$) nenhuma das variáveis (Figura 1), o que confirma a hipótese de que os níveis de aminoácidos sulfurosos não foram limitantes nas rações experimentais.

Esperava-se a ocorrência de diferenças estatísticas no teor de gordura corporal, na deposição de gordura corporal e na eficiência de retenção de nitrogênio, principalmente em virtude da relação dessas variáveis com os resultados observados para a deposição protéica corporal. Considerando que a máxima eficiência alimentar é obtida quando o animal atinge seu potencial para deposição de proteína, esperava-se que menor quantidade de energia estivesse disponível para deposição de gordura corporal e que houvesse maior eficiência de retenção de nitrogênio (Bureau et al., 2000; Noblet, 2001).

Contudo, o aumento do consumo de ração e de energia e nitrogênio pode ter compensado o maior gasto energético e a eficiência de utilização dos aminoácidos (nitrogênio)

para deposição de proteína corporal dos peixes alimentados com a ração contendo a relação treonina:lisina de 89,0% (Bureau et al., 2000; Noblet, 2001; Dabrowski & Guderley, 2002), uma vez que os ganhos de peso foram similares, o que pode, também, justificar a ausência de diferenças na conversão alimentar entre as relações treonina:lisina digestível avaliadas.

Entre as relações testadas, a mais adequada para proporcionar maiores deposições de proteína corporal foi a de 89,0%, que corresponde aos respectivos níveis estimados de treonina total e digestível de 1,43 e 1,28%, considerando as exigências de lisina total e digestível de 1,59 e 1,44% (NRC, 1993; Furuya et al., 2006) e os coeficientes de digestibilidade médios de 92,2 e 89,4% para lisina e treonina, respectivamente, das fontes protéicas (Furuya, 2000).

Esse valor, em aminoácido total, foi superior aos de 1,05 e 1,02% determinados por Santiago & Lovell (1988) e Silva et al. (2004), respectivamente, e ao mínimo determinado por Silva et al. (2006), de 1,35%, cuja resposta em desempenho e eficiência alimentar dos peixes foi linear para a maioria dos parâmetros avaliados.

Embora o ganho de peso seja o critério mais utilizado em experimentos para determinação das exigências dietéticas em aminoácidos para peixes, é necessário considerar que esta variável não representa apenas a deposição protéica, mas também a deposição de gordura. Assim, a eficiência de retenção de proteína ou de nitrogênio e a deposição protéica corporal têm sido recomendadas como principais critérios de resposta na determinação das exigências dietéticas em aminoácidos (Rudehutsord et al., 1997; Tibaldi & Tulli, 1999; Marcouli et al., 2006).

Em comparação às relações estimadas com base no perfil aminoacídico corporal, a relação mínima obtida neste estudo (69,0%) foi superior às de 65,2%, obtida por Fagbenro (2000), de 58,6%, obtida por Furuya (2000), e de 55,8%, obtida por Portz & Cyrino (2003), contudo, assemelha-se

Tabela 3 - Composição corporal, deposições diárias de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápias-do-nilo alimentados com rações com diversas relações treonina:lisina digestível

	Relação treonina:lisina digestível (%)							CV (%)
	Inicial	69,0	74,0	79,0	84,0	89,0	84,0 ¹	
Umidade corporal (%) ²	81,68	76,23	76,46	76,21	76,28	76,91	76,87	1,12
Gordura corporal (%) ²	5,46	5,98	5,91	5,33	6,04	5,68	5,66	10,50
Proteína corporal (%) ^{2, 3}	12,49	13,54	13,62	13,99	13,91	14,20	14,01	2,42
Deposição de gordura corporal (mg/dia)	-	38,11	37,89	33,29	38,68	37,83	34,44	11,59
Deposição de proteína corporal (mg/dia) ⁴	-	86,03	87,64	88,56	89,17	95,32	85,75	4,84
Eficiência de retenção de nitrogênio (%)	-	39,58	40,26	40,98	39,56	42,26	39,13	4,56

CV- coeficiente de variação.

¹ Relação metionina + cistina:lisina digestível de 75%.

² Matéria natural.

³ Efeito linear (P<0,01): $\hat{Y} = 11,2897 + ,03244X$ ($r^2 = 0,88$).

⁴ Efeito linear (P<0,01): $\hat{Y} = 57,5678 + 0,4022X$ ($r^2 = 0,81$).

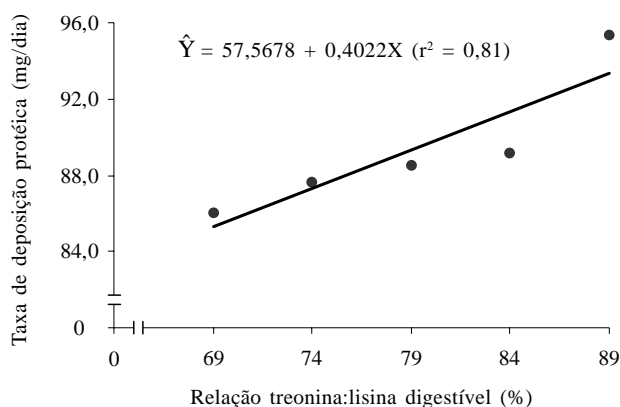


Figura 1 - Deposição protéica corporal em alevinos de tilápia-do-nilo alimentados com rações formuladas com diversas relações treonina:lisina digestível.

àquela de 69,0% obtida por Teixeira et al. (2004), comprovando que, em geral, a utilização do perfil aminoacídico para determinação do padrão aminoacídico dietético pode subestimar as exigências de treonina, por ser um aminoácido utilizado em maior proporção nos processos de manutenção em relação à lisina (Rudehutsord et al., 1997; Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Boisen, 2003).

De qualquer modo, são necessários estudos adicionais para se estabelecer com maior precisão a relação treonina:lisina digestível para tilápia-do-nilo e/ou validar os valores de relação estabelecidos neste estudo.

Conclusões

Os níveis de treonina total e digestível que proporcionaram as melhores respostas de desempenho em alevinos de tilápia-do-nilo foram 1,11 e 0,99% e, para deposição de

proteína corporal, de 1,43 e 1,28%, que correspondem às relações treonina:lisina total de 71,0 e 69,0% e digestível de 90,0 e 89,0%.

Agardecimento

À Ajinomoto Biolatina Indústria e Comércio Ltda., pela ajuda financeira, como co-financiadora, e pelo fornecimento dos aminoácidos sintéticos e aminogramas.

Literatura Citada

- AJINOMOTO. [2003]. **Exigências de treonina para suínos - benefícios da suplementação de L-treonina** (Informativo técnico, 10) . Disponível em: <http://www.lisina.com.br/upload/bibliografia/IT_10_port.pdf> Acesso em: 23/3/2004.
- AKIYAMA, T.; OOHARA, T.; YAMAMOTO, T. Comparison of essential amino acid requirements with A/E ratio among fish species (review paper). **Fisheries Science**, v.63, p.963-970, 1997.
- BOISEN, S.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. **Livestock Production Science**, v.64, p.239-251, 2000.
- BOISEN, S. Ideal dietary amino acid profiles for pigs. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003. p.157-168.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) - resultados preliminares In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005a. (CD-ROM).
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.539-545, 2002.
- BUREAU, B.P.; AZEVEDO, P.A.; TAPIA-SALAZAR, M. et al. Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: potential implications and applications. In: SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA, 5., 2000, Mérida, Yucatán, Mexico. **Memorias...** Mérida: 2000. (CD-ROM).
- DABROWSKI, K.; GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.) **Fish nutrition**. 3.ed. Washington: Academic Press, 2002. p.309-365.

- De BLAS, C.; GARCÍA, A.I.; CARABAÑO, R. Necesidades de treonina en animales monogástricos. In: CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA, 16., 2000, Madrid. **Proceedings...** Madrid: INRA, Unité de Nutrition et Métabolisme Protéique, 2000. p.1-24.
- ENCARNAÇÃO, P.; LANGE, C.; RODEHUSTSCORD, M. et al. Diet digestible energy content affects lysine utilization, but not dietary lysine requirements of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) for maximum growth. **Aquaculture**, v.235, p.569-586, 2004.
- FAGBENRO, O.A. Validation of the essential amino acid requirements of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758), assessed by the ideal protein concept. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA AQUACULTURE, 5., 2000, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: SRG, 2000. v.1, p.154-156.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B. et al. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1912-1917, 2000 (supl. 1).
- FURUYA, W.N. **Digestibilidade aparente de aminoácidos e substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína do farelo de soja com base no conceito da proteína ideal em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2000. 69p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2000.
- FURUYA, W.M. Alimentos ambientalmente corretos para piscicultura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. (CD-ROM).
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G. et al. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; SANTOS, V.G. et al. Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.937-942, 2006 (supl.).
- GARCÍA-GALLEGO, M.; AKHARBACH, H.; LA HIGUERA, M. Use of protein sources alternative to fish meal in diets with amino acids supplementation for European eel (*Anguilla anguilla*). **Animal Science**, v.66, p.285-292, 1998.
- GREEN, J.A.; HARDY, R.W. The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.27, p.97-108, 2002.
- HAULER, R.C.; CARTER, C.G. Reevaluation of the quantitative dietary lysine requirements of fish. **Reviews in Fisheries Science**, v.9, n.3, p.133-166, 2001.
- JACKSON, A.J.; CAPPER, B.S. Investigations into the requirements of the tilapia *Sarotherodon mossambicus* for dietary methionine, lysine and arginine in semi-synthetic diets. **Aquaculture**, v.29, p.289-297, 1982.
- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiá: F. Kubitza, 2000. 285p.
- LANNA, E.A.T.; QUADROS, M.; BOMFIM, M.A.D. et al. Frequência de alimentação em alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando dietas de baixo teor protéico suplementadas com aminoácidos - resultados preliminares. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. (CD-ROM).
- Li DEFA, L.; CHANGTING, X.; SHYAN, Q. et al. Effects of dietary threonine on performance, plasma parameters and immune function of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.78, p.179-188, 1999.
- MACHADO, G.S.; FONTES, D.O. Relação entre as exigências nutricionais e o sistema imune em suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2., 2005, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p.293-314.
- MARCOULI, P.A.; ALEXIS, M.N.; ANDRIOPOULOU, A. Dietary lysine requirement of juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture Nutrition**, v.12, p.25-33, 2006.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. et al. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.566-573, 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of fish**. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1993. 105p.
- NOBLET, J. Avaliação energética em suínos. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA DE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2001. p.2-17.
- OBLED, C. Necesidades de aminoácidos em estados inflamatorios. In: CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA, 19., 2003, Madrid. **Proceedings...** Madrid: INRA - Unité de Nutrition et Métabolisme Protéique, 2003. p.73-88.
- PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and use of ideal proteins in the feeding nonruminants. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.119-128.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FRACALOSSO, D.M. et al. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M. et al. (Eds.) **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p.75-169.
- PORTZ, L.; CYRINO, J.E.P. Comparison of the amino acid contents of roe, whole body and muscle tissue and their A/E ratios for largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802). **Aquaculture Research**, v.34, p.585-592, 2003.
- RODEHUSTSCORD, M.; BECKER, A.; PACK, M. et al. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids. **Journal of Nutrition**, v.127, p.1166-1175, 1997.
- ROLLIN, X.; MAMBRINI, M.; ABOUDI, T.; LARONDELLE, Y.; KAUSHIK, S.J. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry. **British Journal of Nutrition** v.90, p. 865-876, 2003.
- ROSTAGNO, R.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- SANTIAGO, C.B.; LOVELL, R.T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition** v.118, p.1540-1546, 1988.
- SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; BOTARO, D. et al. Exigência de treonina pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na terminação - resultados preliminares. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. (CD-ROM).
- SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D. et al. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.4, p.1258-1264, 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- TEIXERA, E.A.; RIBEIRO, L.P.; CREPALDI, D.V. et al. Exigências de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) estimadas com base no conceito de proteína ideal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. (CD-ROM).

- TIBALDI, E.; TULLI, F. Dietary threonine requirement of juvenile european sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v.175, p.155-166, 1999.
- TWIBELL, R.G.; GRIFFIN, M.E.; MARTIN, B. et al. Predicting dietary essential amino acid requirements for hybrid striped bass. **Aquaculture Nutrition**, v.9, p.373-381, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG**. Viçosa, MG: 1997 (Versão 8.0). (CD-ROM).
- WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: D´MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003. p.427-447.