



Relação lisina digestível:proteína digestível em rações para tilápias-do-nilo¹

Giovani Sampaio Gonçalves², Luiz Edivaldo Pezzato³, Margarida Maria Barros³, Leonardo Tachibana⁴, Maria Julia Santa Rosa⁵, Igo Gomes Guimarães⁵

¹ Projeto de pesquisa financiado pela FAPESP

² Instituto de Pesca de São José do Rio Preto-SP. Rod. Washington Luiz, km 445. Caixa Postal 1052 – CEP: 15025-970.

³ Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, AquaNutri, FMVZ – Campus de Botucatu, SP.

⁴ APTA - Pólo Regional do Vale do Ribeira.

⁵ Programa de Pós-Graduação do Centro de Aqüicultura da Unesp-Caunesp – Campus de Jaboticabal.

RESUMO - Este estudo foi realizado para determinar a melhor relação lisina digestível:proteína digestível em rações para juvenis de tilápia-do-nilo. As tilápias ($11,0 \pm 0,43$ g) foram distribuídas em 36 aquários (250 litros) numa densidade de seis peixes/aquário. Foram formuladas 12 rações com 22,0; 26,0 ou 30,0% de proteína digestível, com base na composição em aminoácidos digestíveis, e 4,5; 6,0; 7,5 ou 9,0% de lisina, em relação à proteína digestível, fornecidas à vontade durante 60 dias. Houve interação significativa dos fatores lisina digestível/proteína digestível para o ganho de peso, uma vez que o aumento dos níveis de lisina em rações com 26,0 e 30,0% de proteína digestível promoveu aumento linear desse parâmetro. Os melhores valores de conversão alimentar foram obtidos com os níveis de 26,0 e 30,0% proteína digestível, que determinaram aumento do consumo diário de proteína digestível. O nível de lisina promoveu redução linear da conversão alimentar e aumento linear da taxa de eficiência proteica. O nível de 26,0% de proteína digestível pode ser utilizado em rações para juvenis de tilápia-do-nilo, entretanto essas rações devem ser formuladas com aminoácidos digestíveis e relação lisina digestível/proteína digestível de 6,0%. Quando utilizados níveis superiores a 26,0% de proteína digestível, o nível máximo de 7,5% de lisina digestível em relação à proteína digestível melhora o ganho de peso na espécie.

Palavras-chave: aminoácido, lisina, nutrição, *Oreochromis niloticus*, proteína ideal

Digestible lysine/digestible protein ratio in diets for Nile tilapia

ABSTRACT - This study was carried out to determine the best digestible protein/digestible lysine ratio that should be present in feed fed to Nile tilapias. Two hundred and sixteen tilapias (11.0 ± 0.43 g) were distributed in 36 fish tanks (205 L) at a density of 6 fish/tank. Twelve feeds were formulated with three different digestible protein (DP) levels 22.0; 26.0 and 30.0% (based on digestible amino acids) and four different lysine percentages of 4.5; 6.0; 7.5 or 9.0% in relation to digestible protein. The fish were fed *ad libitum* during a 60-day period. There was significant effect of the digestible protein and digestible lysine ratio on weight gain, because the increase in lysine levels in feeds with 26 and 30% DP promoted linear increase in this parameter. The best values for feed conversion were obtained at the levels 26 and 30% DP that increased the daily consumption of digestible protein. The lysine level caused a linear reduction in feed conversion and linear increase in the protein efficiency rate. The results suggested that the 26% DP level might be used in ration to feed Nile tilapia juveniles; however, these should contain digestible amino acids and the digestible lysine/digestible protein ratio should be 6.0%. However, for levels higher than 26% DP, a maximum digestible lysine level of 7.5% DP improved weight gain for the species.

Key Words: amino acids, ideal protein, lysine, nutrition, *Oreochromis niloticus*

Introdução

As diferenças nas exigências nutricionais de peixes variam conforme a capacidade em aproveitar o alimento fornecido ou existente no meio (Pezzato et al., 2004). A concentração ótima de proteína em rações para peixes depende do balanço entre energia digestível e proteína bruta (Cho, 1992). Entretanto, os peixes não possuem

exigência verdadeira de proteína, mas precisam de adequado balanceamento entre os aminoácidos essenciais e não-essenciais (Wilson, 1985; Wilson & Poe, 1985) que compõem as rações. Entre os aminoácidos essenciais, a lisina está presente em elevada proporção no tecido muscular dos peixes e pode ser o aminoácido mais limitante nos ingredientes utilizados na formulação de rações (Foster & Ogata, 1998), portanto deve estar presente em

quantidades ideais em relação à proteína da dieta (NRC, 1993).

Vários alimentos de origem animal e vegetal de alto valor biológico podem ser utilizados com sucesso na alimentação de peixes (Pezzato, 2001; Gonçalves et al., 2004; Köprücü & Özdemir, 2005) e podem substituir parcial ou totalmente a farinha de peixe comumente utilizada em rações para aquicultura (Furuya et al., 2001). Entretanto, o perfil e a biodisponibilidade dos aminoácidos essenciais e não-essenciais que compõem cada um desses alimentos devem ser avaliados principalmente para os aminoácidos lisina, metionina, treonina e triptofano, uma vez que esses aminoácidos são considerados os mais limitantes em rações para peixes.

Entre as várias espécies de peixes estudados, a tilápia também necessita dos dez aminoácidos essenciais (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina) e a lisina pode ser o mais limitante (Tibaldi & Lanari, 1991). Para tilápias-do-nylo, valores de 1,43% de lisina ou 5,1% da proteína da dieta (NRC, 1993) têm sido recomendados na formulação de rações práticas para a espécie.

Com o avanço na área de nutrição e a busca por dietas balanceadas para melhor aproveitamento de cada nutriente e menor poder poluente das excretas, busca-se na formulação de rações equilíbrio entre a proteína digestível e os aminoácidos digestíveis. Esse equilíbrio é possível pelo uso do conceito de proteína ideal descrito

por foi descrita por Mitchell e colaboradores na década de 60 (Portz, 2001), definido como o balanceamento exato de aminoácidos de forma a atender às exigências de todos os aminoácidos essenciais para manutenção e/ou produção. Nesse conceito, cada aminoácido essencial é expresso em relação a um aminoácido-referência, a lisina. Nesta pesquisa objetivou-se avaliar a melhor relação lisina digestível:proteína digestível para tilápias-do-nylo na fase de crescimento por meio de avaliações de desempenho.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Unesp – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Melhoramento e Nutrição, Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – Aquanutri, unidade integrada ao Centro de Aquicultura da UNESP.

Foram formuladas 12 rações que constituíram tratamentos, em esquema fatorial 3 × 4, com três níveis de proteína digestível (22,0; 26,0 ou 30,0%, com base nos valores digestíveis das matérias-primas) e quatro de lisina digestível (4,5; 6,0; 7,5 e 9,0% em relação à proteína digestível) (Tabela 1). Na formulação, foram utilizados os valores de nutrientes digestíveis dos ingredientes, predeterminados em experimento anterior. As rações foram formuladas para ser isoenergéticas, isofosfóricas,

Tabela 1 - Composição das rações experimentais

Ingrediente	Lisina digestível (%) / Proteína digestível (%)											
	4,5 / 22,0	6,0 / 22,0	7,5 / 22,0	9,0 / 22,0	4,5 / 26,0	6,0 / 26,0	7,5 / 26,0	9,0 / 26,0	4,5 / 30,0	6,0 / 30,0	7,5 / 30,0	9,0 / 30,0
Farelo de soja	8,50	7,39	7,46	6,00	15,40	14,50	14,00	12,96	20,20	19,50	18,50	17,50
Levedura de cana	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Glúten de milho	15,80	15,87	15,81	15,81	18,68	18,68	18,68	18,67	23,20	23,20	23,20	23,20
Farinha de peixe	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Milho	14,10	15,0	10,60	16,30	12,50	12,77	13,02	13,50	8,82	9,44	10,26	11,00
Farelo de trigo	5,00	5,00	10,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Arroz quirera	33,10	32,70	32,29	31,83	27,31	27,31	26,82	26,84	23,42	22,84	22,27	21,68
Celulose	3,40	3,50	2,90	3,60	2,80	2,90	3,00	3,00	2,40	2,50	2,60	2,70
L-lisina	0,00	0,44	0,84	1,35	0,00	0,47	0,99	1,51	0,00	0,55	1,17	1,80
DL-metionina	0,34	0,34	0,34	0,34	0,24	0,29	0,29	0,30	0,23	0,23	0,23	0,24
Triptofano	0,11	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,09	0,09	0,05	0,05	0,06	0,06
Treonina	0,35	0,35	0,35	0,35	0,21	0,22	0,23	0,25	0,08	0,09	0,11	0,12
Óleo de soja	3,50	3,50	3,50	3,50	2,08	2,08	2,08	2,08	1,00	1,00	1,00	1,00
Fosfato bicálcico	3,10	3,10	3,10	3,11	3,00	3,00	3,10	3,10	2,90	2,90	2,90	3,00
Vitamina C ¹	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Sal	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento vitamínico e mineral ²	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Antioxidante ³	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

¹ Vitamina C monofosfatada, 35% de atividade.

² Suplemento vitamínico mineral (níveis de garantia por kg do produto): vit. A = 1200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 2.400 mg; vit. B1 = 4.800 mg; vit. B2 = 4.800 mg; vit. B6 = 4.000 mg; vit. B12 = 4.800 mg; ácido fólico = 1.200 mg; pantotenato de cálcio = 12.000 mg; biotina = 48 mg; colina = 65.000 mg; niacina = 24.000 mg; Fe = 10.000 mg; Cu = 600 mg; Mn = 4.000 mg; Zn = 6.000 mg; I = 20 mg; Co = 2 mg e Se = 20 mg.

³ Butil-hidroxi-tolueno.

Tabela 2 - Composição nutricional das rações experimentais

Nutriente/energia ¹	Proteína digestível (%) / Lisina digestível (%)												
	6,0 / 22,0	7,5 / 22,0	9,0 / 22,0	4,5 / 26,0	6,0 / 26,0	7,5 / 26,0	9,0 / 26,0	4,5 / 30,0	6,0 / 30,0	7,5 / 30,0	9,0 / 30,0	4,5 / 22,0	
Matéria seca	94,01	94,12	94,52	95,01	94,10	93,98	94,23	93,78	95,06	94,87	93,89	95,10	
Proteína bruta	26,96	26,42	26,07	25,72	31,91	31,46	31,18	30,68	36,94	36,57	36,06	35,55	
Proteína digestível ²	22,06	21,96	22,02	22,09	25,93	25,96	26,15	26,16	29,86	30,00	30,08	30,16	
Energia digestível ^{2, 3}	3318	3323	3329	3339	3309	3313	3317	3325	3302	3310	3320	3326	
Fibra bruta	3,98	3,99	4,02	3,98	3,98	3,99	4,04	3,97	3,98	4,01	4,03	4,04	
Extrato etéreo	6,43	6,42	6,42	6,42	5,14	5,14	5,13	5,12	4,24	4,23	4,22	4,22	
Cálcio	1,69	1,68	1,67	1,66	1,75	1,74	1,76	1,75	1,81	1,80	1,79	1,81	
Fósforo disponível ²	0,70	0,70	0,69	0,69	0,70	0,70	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,71	
Lisina digestível ²	1,01	1,32	1,65	1,98	1,22	1,56	1,95	2,33	1,39	1,80	2,25	2,71	
Metionina digestível ²	0,75	0,75	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	
Metionina + cistina	1,00	0,99	0,99	0,98	0,99	1,04	1,03	1,03	1,09	1,08	1,07	1,08	
Treonina digestível ²	1,06	1,04	1,03	1,02	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	
Triptofano digestível ²	0,28	0,27	0,27	0,26	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	

¹ Valores determinados no Laboratório de Bromatologia da Unesp-Botucatu.

² Valores digestíveis pré-determinados.

³ Valor expresso e kcal/kg.

isocalcíticas e conter níveis semelhantes de fibra e dos aminoácidos metionina, treonina e triptofano (Tabela 2).

Todos os alimentos utilizados nas rações foram adquiridos comercialmente e moídos em moinho de facas para obtenção de partículas com diâmetro médio entre 0,6 e 0,8 mm. As rações foram homogeneizadas mecanicamente e posteriormente umedecidas (20,0% água), extrusadas em extrusora comercial de forma a se obterem grânulos de tamanho entre 1,7 e 4 mm, utilizados conforme o tamanho dos peixes.

Utilizaram-se 216 juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) provenientes da Piscicultura Aquabel, linhagem tailandesa, revertidos sexualmente e com peso inicial médio de $11,0 \pm 0,43$ g. Os peixes foram pesados individualmente e os lotes com médias de peso semelhantes foram distribuídos aleatoriamente em 36 aquários circulares (250 litros cada), em densidade de 6 peixes/aquário, após 20 dias de aclimação ao sistema experimental. Os aquários faziam parte de um sistema fechado de recirculação de água, com aeração, aquecimento controlado por termostato ($27,0 \pm 1,0$ °C) e filtragem física e biológica da água por meio de biofiltro. Os peixes foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial, composto de quatro níveis de lisina digestível e três níveis de proteína digestível, com três repetições por tratamento.

A alimentação foi realizada à vontade seis vezes ao dia, das 8 às 18 h, no período experimental de 60 dias. Semanalmente foram realizados os monitoramentos de qualidade de água (pH, oxigênio dissolvido, amônia e nitrito) e quinzenalmente foi feita a limpeza do fundo dos aquários, por meio de sifonagem e reabastecimento de 30,0% do volume de água total.

Foram avaliados os seguintes índices de desempenho produtivo ao final do período experimental: consumo de ração, ganho de peso diário, ganho de peso total, conversão alimentar aparente, taxa de eficiência proteica, rendimento de carcaça e taxa de sobrevivência.

Seis peixes de cada tratamento foram utilizados para avaliação morfológica das estruturas histológicas do fígado. Depois de anestesiados em benzocaína (1 g/15L de água) e sacrificados por secção da medula espinhal, o fígado foi retirado e lavado em solução fisiológica para ser fixado em solução de formalina tamponada por 24 horas. Posteriormente, realizaram-se vários cortes de 5 mm do tecido hepático em micrótomo. Os cortes foram submetidos à coloração hematoxilina-eosina, após desparafinação, hidratação e montagem, e analisados morfológicamente no Laboratório de Morfologia e Histologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP/ Botucatu.

Para as análises estatísticas dos parâmetros avaliados, foi utilizado o programa *Statistical Analysis System* (SAS, 1995). A estimativa das exigências em lisina digestível foi estabelecida com o uso do modelo de regressão polinomial e/ou do modelo descontínuo LRP – *Linear Response Plateau*, considerando a escolha do modelo, uma vez respeitada a interpretação biológica a menor soma de quadrados dos desvios.

Resultados e Discussão

Os parâmetros de qualidade de água foram de $27,0 \pm 1,0$ °C; $6,14 \pm 0,79$ mg/L e $7,12 \pm 0,29$ para temperatura, oxigênio dissolvido e pH da água dos aquários, respectivamente, valores dentro dos parâmetros ideais de crescimento para a espécie. Por outro lado, os valores de

amônia e nitrito ficaram abaixo dos níveis detectáveis pelo *kit* colorimétrico. As rações cujos valores de proteína digestível apresentavam 22,0; 26,0 e 30,0% proteína digestível continham aproximadamente 26,0; 32,0 e 36,0% de PB, respectivamente.

Não houve efeito ($P>0,05$) da relação lisina digestível:proteína digestível para o consumo alimentar (Tabela 3). Observou-se, no entanto, interação entre os níveis de lisina digestível e proteína digestível das rações ($P<0,05$) para o ganho de peso (Tabela 4; Figura 1). Os níveis de proteína digestível tiveram efeito ($P<0,05$) na conversão alimentar e no consumo diário de proteína digestível, enquanto os níveis de lisina digestível tiveram efeito ($P<0,05$) na conversão alimentar e na taxa de eficiência proteica.

O nível de lisina teve efeito sobre a conversão alimentar e a taxa de eficiência proteica, que aumentaram de forma linear conforme os níveis de lisina digestível na ração. Os valores de conversão alimentar melhoraram linearmente ($\hat{Y}=1,238-0,036x$ $r^2=0,99$) (Figura 2), e a taxa de eficiência proteica aumentou ($\hat{Y}=3,097+0,098x$ $r^2=0,92$) com os níveis de lisina digestível na ração, confirmando o efeito positivo da suplementação desse aminoácido no desempenho dos peixes, semelhante aos relatos de Jauncey (1982), De Silva et al. (1989) e Hafedh (1999) em estudos com tilápias de diversas espécies.

Muitas rações para peixes tropicais ainda são comumente formuladas com base nos valores descritos pelo NRC (1993), de 30,0% de PB para tilápias-do-nilo. A exigência estabelecida pelo NRC (1993), de acordo com o trabalho de Wang et al. (1985), foi determinada utilizando-se como fonte proteica a caseína, alimento de alta digestibilidade em rações para peixes. No mesmo sentido, Santiago & Lovell (1988) apresentaram exigência de 1,43% de lisina digestível em dietas para tilápias-do-nilo alimentadas com rações cujo valor proteico foi de apenas 28,0% de PB, porém processadas com nutrientes quimicamente definidos.

Muitos fatores podem influenciar a exigência nutricional de determinada espécie, entre eles, a linhagem, a fase de crescimento, o manejo, o estado fisiológico, os parâmetros físico-químicos da água, os métodos de determinação e, principalmente, o tipo de alimento utilizado na composição das dietas. Esses fatores determinam diferenças nos resultados obtidos e tornam necessária a interpretação biológica para cada caso. Para esse estudo, foram utilizados alimentos utilizados em indústrias de rações, e os valores de digestibilidade foram previamente determinados.

Tabela 4 - Ganho de peso em juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com rações com diferentes relações proteína digestível:lisina digestível

Lisina digestível (% / PD)	Proteína digestível (%)		
	22,0	26,0	30,0
4,5	67,23 ± 6,80Ab	74,96 ± 3,11Ba	72,22 ± 6,41Ba
6,0	70,31 ± 2,21Ab	87,06 ± 4,92Aa	75,57 ± 5,73Ba
7,5	69,25 ± 8,98Ab	89,07 ± 5,27Aa	96,49 ± 6,27Aa
9,0	70,54 ± 10,99Ab	88,57 ± 9,89Aa	98,50 ± 9,06Aa

Médias seguidas de mesma letra (maiúscula na vertical e minúscula na horizontal) não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

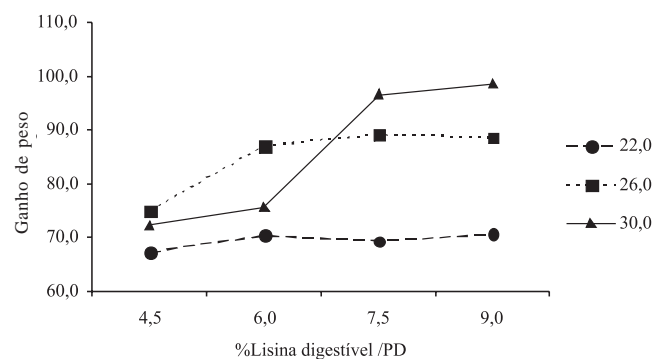


Figura 1 - Ganho de peso em tilápias-do-nilo alimentadas com rações com diferentes relações proteína digestível:lisina digestível.

Tabela 3 - Desempenho produtivo de juvenis de tilápia-do-nilo alimentadas com rações com diferentes relações proteína digestível:lisina digestível

Item	Consumo de ração (g)	Consumo alimentar aparente	Consumo de proteína digestível (g/dia)	Taxa de eficiência proteica (%)
Proteína digestível (%)				
22,0	82,95 ± 1,77	1,19 ± 0,03b	0,31 ± 0,01b	3,82 ± 0,09
26,0	87,33 ± 3,49	1,04 ± 0,08a	0,38 ± 0,02a	3,75 ± 0,30
30,0	77,80 ± 6,15	0,92 ± 0,08a	0,39 ± 0,03a	3,71 ± 0,26
Lisina digestível (%)				
4,50	80,67 ± 5,88	1,08 ± 0,08	0,35 ± 0,04	3,49 ± 0,19
6,00	80,97 ± 9,75	1,05 ± 0,11	0,35 ± 0,05	3,74 ± 0,16
7,50	84,93 ± 4,27	1,02 ± 0,18	0,37 ± 0,05	3,87 ± 0,06
9,00	84,25 ± 1,48	1,00 ± 0,19	0,36 ± 0,06	3,94 ± 0,15

NS = $P>0,05$ pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna ($P>0,05$) não diferem entre si pelo teste Tukey.

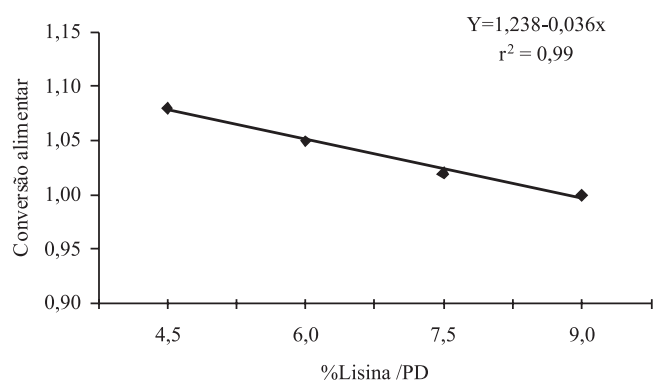


Figura 2 - Conversão alimentar de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com rações com diversas relações lisina digestível:proteína digestível.

Os resultados obtidos com 26,0% PD comprovam a possibilidade de redução de até 4,0% de PD sem afetar o desempenho, o que está de acordo com os resultados de Winfree & Stckney (1981), que também observaram a possibilidade de redução nos níveis proteicos para a tilápia-do-nilo. Redução nos níveis proteicos da ração foi observada também por Jauncey & Ross (1982) com a tilápia mossambica (8,0g), cuja exigência foi de 40,0% PB para ótimo crescimento da espécie.

Neste estudo, os melhores resultados obtidos com níveis acima de 26,0% PD ou 32,0% PB podem estar relacionados ao tamanho dos peixes, uma vez que os juvenis utilizados iniciaram com peso de 11,0 g e terminaram com peso próximo a 100,0 g. Siddiqui et al. (1991) relatam o grande número de estudos para determinação da exigência nutricional com larvas e alevinos para as diferentes espécies de peixes, embora as rações sejam para a fase de crescimento. Nesse contexto, os autores avaliaram a influência do nível proteico da dieta (25,0; 30,0; 35,0; 40,0 e 45,0% PB) em diferentes fases de crescimento (0,5; 45,0; 96,0 e 264,0 g de peso vivo inicial) da tilápia-do-nilo e encontraram melhores respostas de desempenho e custo benefício quando utilizada rações com 40,0% PB para alevinos de 0,5 g e 30,0% PB para as demais fases de crescimento.

Os resultados obtidos neste estudo com 26,0% proteína digestível se assemelham aos descritos por Hafedh (1999), que também observou tendência de melhora nos valores de desempenho produtivo com níveis superiores a 30,0% PB para peixes acima de 45,0 g.

A exigência nutricional de tilápias-do-nilo tem sido determinada em várias partes do mundo. A proteína e os aminoácidos são nutrientes importantes, pois participam nas respostas de crescimento e custo final das rações. Muitos pesquisadores avaliaram a exigência de proteína para

tilápias-do-nilo (Winfree & Stckney, 1981; Siddiqui et al., 1991; Hafedh, 1999; Furuya et al., 2005) utilizando valores fixos de lisina total nas rações experimentais. A lisina foi aminoácido limitante, o que torna necessária a determinação de níveis proteicos cujos valores de aminoácidos totais sejam suficientes para atender à exigência da espécie em estudo. Nesse sentido, a determinação da exigência em lisina digestível para tilápias-do-nilo com peso inicial de 117,0 g foi determinada em 1,42% da dieta (ou 5,7% da proteína bruta) por Furuya et al. (2004), que fixaram o nível de 25,0% PB, alterando os níveis de suplementação de lisina (1,13; 1,27; 1,42; 1,57% de lisina na ração).

A determinação de valores ideais para o aminoácido lisina com valores fixos de proteína na ração, assim como a avaliação inversa, pode apresentar respostas diferentes. A falta de algum aminoácido essencial, ou mesmo o excesso de apenas um aminoácido, pode não representar equilíbrio entre os aminoácidos da ração, o que limita o desempenho da espécie.

Nesse estudo, houve interação entre os efeitos lineares da proteína digestível e do nível de lisina digestível sobre o ganho de peso, uma vez que o aumento do nível de lisina digestível nas rações com proteína digestível de 26,0 foi maior ($P < 0,05$) com níveis de lisina de 6,0% em relação à proteína digestível, entretanto, para o nível de 30,0% PD, os melhores valores ($P < 0,05$) foram obtidos com níveis de 7,5% de lisina em relação à proteína digestível.

Para estimar a exigência nutricional em lisina digestível nos níveis de 26,0 e 30,0% de PD, os quais apresentaram interação linear para o ganho em peso quando analisados os dois fatores, utilizou-se o modelo descontínuo LRP – Linear Response Plateau. No nível de 26,0% PD, o platô foi atingido com o nível de 7,5% de lisina digestível em relação à PD ($\hat{Y} = 55,48467 + 17,16338x$ $r^2 = 0,92$), o qual apresentou o valor de 88,95 g para ganho de peso, entretanto, para o nível de 30% PD o platô foi alcançado com o nível de 8,0% de lisina digestível em relação à proteína digestível ($\hat{Y} = 28,87979 + 28,92488x$ $r^2 = 0,87$), que apresentou o valor de 98,29 g.

O efeito para as interações apenas entre os níveis de 26,0 e 30,0% PD com os níveis crescentes de lisina digestível nas rações comprova que, apesar de o aminoácido lisina ser o de maior exigência entre os dez aminoácidos essenciais, sua suplementação em rações com baixos níveis proteicos não altera a qualidade nutricional da ração nem melhora o desempenho dos peixes, uma vez que outros aminoácidos podem ser limitantes. Uma vez que a exigência em proteína está marcada pelo ideal balanço entre os aminoácidos que compõem a ração, outros aminoácidos

também são necessários para melhor eficiência do alimento utilizado. Os resultados obtidos com o baixo nível proteico avaliado neste estudo (22,0% PD) foram diferentes dos valores apresentados por Furuya et al. (2004), uma vez que níveis crescentes de lisina digestível em ração com baixo valor proteico (25,0% PB) apresentaram melhores respostas para ganho de peso e taxa de eficiência proteica até a suplementação de 1,42 e 1,35% de lisina na dieta, respectivamente.

Os resultados obtidos nesse estudo se assemelham aos descritos por Webster et al. (2000), que, em estudo com bagre-azul e bagre-do-canal, também não observaram diferença com a adição dos aminoácidos lisina e metionina em rações com 22,0% PB, entretanto, rações com níveis de 32,0% PB promovem melhores respostas de desempenho produtivo com ou sem a suplementação de aminoácidos.

Os melhores valores de conversão alimentar ($P < 0,05$) obtidos neste estudo com níveis de 26,0 e 30,0% PD em relação ao nível de 22,0% PD corroboram os resultados encontrados por Hafedh (1999), o qual destaca a melhora nos valores deste parâmetro para a tilápia-do-nylo à medida em que o nível de proteína da ração foi aumentado.

Os valores determinados neste estudo são superiores ao encontrado para tilápias-do-nylo por Santiago & Lovell (1988), que estimaram 1,43% de lisina ou 5,1% desse aminoácido em relação à proteína da dieta, entretanto se assemelham aos obtidos por Ruchimat (1997), que determinou a exigência de 1,78% de lisina para o *yellowtail* (*Seriola quinqueradiata*), e Fagbenro (1988), com 2,29% para o bagre-africano (*Clarias gariepinus*). Apesar da diferenças no hábito alimentar, os resultados obtidos neste estudo confirmam os valores determinados para algumas espécies carnívoras, que, segundo Portz (2001), apresentam maior exigência de lisina digestível.

Embora as rações com níveis de 30,0% PD não tenham apresentado diferença ($P > 0,05$) em comparação à de 26,0% PD para o ganho de peso, pela análise de LRP, houve aumento nos valores com o uso de níveis superiores (8,0% de lisina digestível em relação à PD da dieta). Esses resultados comprovam que diferentes níveis de lisina digestível na ração podem alterar o desempenho de acordo com o nível de proteína digestível da dieta. Com base nos tratamentos utilizados, o nível de 26,0% de PD e 6,0% de lisina digestível apresenta melhor valor para ganho de peso com juvenis de tilápia-do-nylo. Entretanto, nível superior como o avaliado nesse estudo (30,0% PD) pode ser utilizado com nível de até 7,5% de lisina digestível em relação à PD para aumentar o ganho de peso na espécie. Níveis elevados de suplementação de lisina digestível em ração com baixo nível proteico não proporcionaram as

mesmas respostas, destacando a importância da lisina em equilíbrio com os demais aminoácidos.

A suplementação de aminoácidos cristalinos nas rações com diferentes níveis proteicos apresentou diferentes comportamentos quando avaliada dentro de cada nível estudado, destacando a capacidade de utilização do aminoácido sintético pela tilápia-do-nylo, de forma a suprir sua exigência quanto ao aminoácido mais limitante e equilibrando o perfil ideal de aminoácidos necessário para a maior eficiência de utilização da fração proteica da ração, proporcionando melhores respostas de desempenho.

Os melhores valores de desempenho obtidos com níveis de 26,0% PD estão próximos aos resultados obtidos por Furuya et al. (2005) com tilápias-do-nylo (5,0 a 125,0g), em que os autores propõem redução de 30,0% para 27,5% PD em rações com nível de lisina digestível de 1,70% ou 6,18% da PD.

Possíveis perdas do aminoácido sintético na ração podem ocorrer por meio da lixiviação após contato com a água em comparação ao aminoácido ligado à proteína (Zarate & Lovell, 1997). Entretanto, o adequado balanceamento de aminoácidos nas rações, a possibilidade de utilização de peptídeos de cadeia curta e longa pelo trato digestório da tilápia-do-nylo (Tengjaroenkul et al., 2000) e a utilização de frequências alimentares corretas de forma a evitar elevados níveis plasmáticos de aminoácidos (Tantikitti & March, 1995) podem determinar melhor eficiência do alimento e menor excreção de nutrientes ao meio.

Na análise da morfologia dos fígados das tilápias em todas as relações lisina digestível:proteína digestível estudadas, não houve diferença entre os grupos de peixes. Os fígados apresentaram hepatócitos com formato variando de ovalado a poligonal com citoplasma vesiculoso levemente acidófilo, núcleos centrais ou polares, cromatina levemente condensada e nucléolo às vezes evidente. As estruturas observadas demonstram que os peixes não apresentaram anormalidade morfológica no tecido hepático e que é possível utilização de dietas com diferentes níveis proteicos sem alterar as condições hepáticas dos peixes.

O uso de aminoácidos cristalinos em equilíbrio com os demais aminoácidos essenciais e não-essenciais é uma estratégia importante na elaboração de dietas para melhores resultados no crescimento dos peixes. Desta forma, é possível a redução nos níveis proteicos para menor excreção de nutrientes e para redução nos custos com alimentação, uma vez que nem sempre rações com baixos níveis proteicos são de baixo custo quando formuladas com alimentos de alto valor biológico e aminoácidos em quantidades e proporções ideais.

Conclusões

O uso de rações com 26,0% de proteína digestível e relação de 6,0% de lisina digestível:proteína digestível em rações para juvenis de tilápia-do-nilo promove melhores respostas de desempenho. Quando utilizado o nível proteico de 30,0% de proteína digestível, a melhor relação é de 7,5% de lisina digestível:proteína digestível.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa de doutorado e pelo auxílio financeiro para a realização do projeto. Aos alunos de Pós-Graduação Hamilton Hisano, Geisa Karine Kleemann, Marcelo V. Sá e Daria Falcon Rocha.

Literatura Citada

- CHO, C.Y. Feeding for rainbow trout and other salmonids, with reference to current estimates of energy and protein requirement. **Aquaculture**, v.100, p.107-123, 1992.
- DE SILVA, S.S.; GUNASEKERA, R.M. ATAPATTU, D. The dietary protein requirements of young tilapia and an evaluation of the least cost of dietary protein levels. **Aquaculture**, v.80, p.271-284, 1989.
- FAGBENRO, O.A. Dietary lysine requirement of the African catfish, *Clarias gariepinus*. **Journal of Applied Aquaculture**, v.8, p.71-77, 1988.
- FOSTER, I.; OGATA, H.Y. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, v.161, p.131-142, 1998.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; NEVES, P.R. et al. Exigência de lisina pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase de terminação. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1571-1577, 2004.
- 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.3, p.313-321, 2004.
- HAFEDH, Y.S. Effects of dietary protein on growth and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, v.30, p.385-393, 1999.
- JAUNCEY, K.; ROSS, B. **A guide to tilapia feed and feeding**. Cotland: University of Stirling, 1982. 111p.
- KÖPRÜCÜ, K.; ÖZDEMİR, Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.250, p.308-316, 2005.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirement of fish**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993. 114p.
- PEZZATO, L.E. **Digestibilidade em peixes**. 2001. 82f. Tese (Livro Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2001.
- PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALOSSO, D.M. et al. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; 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. **Utilização de diferentes fontes protéicas em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal para o “black bass” (*Micropterus salmoides*)**. 2001. 111f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.
- RUCHIMAT, T. Quantitative lysine requirement of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, v.158, p.331-339, 1997.
- SANTIAGO, C.B.; LOVELL, R.T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition**, v.118, p.1540-1546, 1988.
- SIDDIQUI, A.Q.; HOWLADER, M.S.; ADAM, A.A. Management strategies for intensive culture of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in tanks using drainage water in Al Hassa region of Saudi Arabia. **Arab Gulf Journal of Scientific Research**, v.9, p.149-163, 1991.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS - SAS. **Use’s guide, version 6**. 4.ed., Cary: SAS®/STAT, SAS Institute, 1995. 365p.
- TANTIKITTI, C.; MARCH, B.E. Dynamics of plasma free amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under variety of dietary conditions. **Fish Physiology Biochemistry**, v.14, p.179-194, 1995.
- TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B.J.; CACECI, T. et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v.182, p.317-327, 2000.
- TIBALDI, E.; LANARI, D. Optimal dietary lysine levels for growth and protein utilization fingerling sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed semipurified diets. **Aquaculture**, v.95, n.3/4, p.297-304, 1991.
- WANG, K.W.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Effect of dietary protein levels on growth of Tilapia nilotica. **Bulletin Japanese Society Science Fish**, v.51, p.133-140, 1985.
- WEBSTER, C.D.; THOMPSON, K.R.; MORGAN, A.M. et al. Use of hempseed meal, poultry by-product meal, and canola meal in practical diets without fish meal for sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). **Aquaculture**, v.188, p.299-309, 2000.
- WILSON, R.P.; POE, W.E. Relationship of whole and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Compendium Biochemistry Physiology**, v.80B, p.385-388, 1985.
- WILSON, R.P. Amino acid and protein requirements of fish. In: EL-SAYED, A.F.M.; TESHIMA, C.B.; MAKIE, A.M. (Eds.). **Nutrition and feeding of fish**. London: Academic Press, 1985. p.1-16.
- WINFREE, R.A.; STCKNEY, A.A. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. **Journal of Nutrition**, v.111, p.1001-1012, 1981.
- ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T. Free lysine (L-lysine, HCL) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v.159, p.87-100, 1997.