

MARCOS ANTONIO DELMONDES BOMFIM

**REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA, RELAÇÕES AMINOÁCIDOS
DIGESTÍVEIS COM A LISINA DIGESTÍVEL E NÍVEIS DE LISINA
DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

B695r
2006

Bomfim, Marcos Antonio Delmondes, 1970-
Redução de proteína bruta, relações aminoácidos
digestíveis com a lisina digestível e níveis de lisina
digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo
/ Marcos Antonio Delmondes Bomfim. – Viçosa : UFV,
2006.

xvi, 108f. : il. ; 29cm.

Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Tilápia (Peixe) - Nutrição - Necessidades. 2. Tilápia
(Peixe) - Alimentação e rações. 3. Lisina na nutrição
animal. 4. Aminoácidos na nutrição animal. 5. Proteínas
na nutrição animal. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 22.ed. 597.74

MARCOS ANTONIO DELMONDES BOMFIM

**REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA, RELAÇÕES AMINOÁCIDOS
DIGESTÍVEIS COM A LISINA DIGESTÍVEL E NÍVEIS DE LISINA
DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 24 de agosto de 2006.

Prof. Paulo César Brustolini

Prof. Aloízio Soares Ferreira
(Conselheiro)

Prof. Márvio Lobão Teixeira de Abreu

Francisco Carlos de Oliveira Silva

Prof. Eduardo Arruda Teixeira Lanna
(Orientador)

A Deus, sem o qual nada seria possível.

Aos meus avós Manoel, Suzana (*in memoriam*), Francisco (*in memoriam*) e Expedita, pelos exemplos de vida.

Aos meus pais Luiz e Edivalda, pelo amor, carinho, incentivo, apoio e, principalmente, pela formação de vida.

Aos meus irmãos Marco Aurélio, Jaqueline e Luiz Henrique, cunhados Paranhos, Érika e Gabrielle e tios, em especial a Carlinhos, pelo incentivo.

À minha esposa Geisiane, pelo amor, pela paciência, dedicação e compreensão.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Zootecnia (DZO), pela acolhida e oportunidade de realização deste curso.

Ao professor orientador Eduardo Arruda Teixeira Lanna, pela orientação, amizade, paciência e incentivo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores Horácio Santiago Rostagno, Luiz Fernando Teixeira Albino, Aloísio Soares Ferreira e, principalmente, ao Juarez Lopes Donzele pelas informações, auxílios, sugestões e críticas apresentadas durante o curso de pós-graduação e condução desta pesquisa que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos estagiários Fernando e Rafael, pela amizade e dedicação.

À GM Alevinos, na pessoa do Sr. Geraldo Marinho, pelo apoio que tem fornecido à condução dos trabalhos do Laboratório de Nutrição de Peixes.

Ao Sistema de Tratamento de Água da Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Prof. Rafael Kopschitz Xavier Bastos, pelas análises de cloro da água e pelo fornecimento do filtro de carvão ativado.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, pela ajuda nas análises químicas e pela amizade durante todo o período do curso.

Aos professores da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, em especial, a Geraldo Cunha Carvalho, Evandro Ferreira das Chagas, Francisco Nóbrega dos

Santos, Gilson Soares da Silva e José de Ribamar Silva Barros, pela amizade, pelo estímulo e pela confiança.

Ao Sr. Durval Cruz Prazeres (*in memoriam*), Conceição de Maria Ramos Prazeres, Antonio e Maria Gorette Ferreira pelo constante incentivo e apoio.

A todos os meus amigos e amigas, em especial à Ana Maria de Oliveira, Ana Maria Carvalho, Marlene Schmidt, Moacyr Antonio Serafini, Jorge Luiz Vieira Cotan, Felipe Barbosa Ribeiro, Anderson Saraiva de Freitas, Sylvia Sanae Takishita, e Maíra Paula de Sousa, Moisés Quadros, Wagner Azis Garcia de Araújo, Alaor Maciel, Cláudia Raposo Maciel, Márvio Lobão Teixeira de Abreu e José Augusto e Karine Azevedo pela ajuda, pelo incentivo e pela leal amizade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para execução deste trabalho e não foram citados.

BIOGRAFIA

MARCOS ANTONIO DELMONDES BOMFIM, filho de Luiz Albuquerque Bomfim e Edivalda Delmondes Feitosa Bomfim, nasceu em São Luis, Estado do Maranhão, no dia 25 de outubro de 1970.

Em agosto de 1993, graduou-se em Agronomia, pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, na cidade de São Luis - MA.

No período de 1993 a 2000 ocupou as Secretarias Municipais de Obras, Transportes e Serviços Públicos e de Administração e Finanças na Prefeitura Municipal de Miranda do Norte – MA. Atuou como extensionista na EMATER – MA e no SENAR – MA , além de prestar consultoria técnica em projetos de piscicultura no Estado do Maranhão.

Em fevereiro de 1993, obteve o título de *Magister Scientiae* em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos, pela Universidade Federal de Viçosa - UFV, na cidade de Viçosa – MG.

Em março de 2003, foi admitido no programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, da Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em 24 de agosto de 2006, submeteu-se aos exames finais de defesa de tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	Xiv
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA COM SUPLEMENTAÇÃO DE AMINOÁCIDOS, COM BASE NO CONCEITO DE PROTEÍNA IDEAL, EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO.....	20
INTRODUÇÃO.....	22
MATERIAL E MÉTODOS.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÕES.....	36
LITERATURA CITADA.....	37

	Página
EXIGÊNCIA DE METIONINA MAIS CISTINA, COM BASE NO CONCEITO DE PROTEÍNA IDEAL, EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO.....	41
INTRODUÇÃO.....	43
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
CONCLUSÕES.....	58
LITERATURA CITADA.....	59
EXIGÊNCIA DE TREONINA, COM BASE NO CONCEITO DE PROTEÍNA IDEAL, EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO.....	64
INTRODUÇÃO.....	66
MATERIAL E MÉTODOS.....	68
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
CONCLUSÕES.....	80
LITERATURA CITADA.....	81
NÍVEIS DE LISINA, COM BASE NO CONCEITO DE PROTEÍNA IDEAL, EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO.....	85
INTRODUÇÃO.....	87
MATERIAL E MÉTODOS.....	89
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
CONCLUSÕES.....	103
LITERATURA CITADA.....	104
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	108

LISTA DE TABELAS

	Página
001. Composição percentual e química das rações experimentais (matéria natural).....	25
002. Desempenho e eficiência alimentar de alevinos de tilápia do Nilo em função do teor protéico da ração.....	29
003. Composição corporal, taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo em função do teor protéico da ração.....	33
001. Composição percentual e química das rações experimentais (matéria natural).....	47
002. Desempenho e eficiência alimentar de alevinos de tilápia do Nilo em função da relação metionina mais cistina:lisina digestível da ração.....	50
003. Composição corporal, taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo em função relação metionina mais cistina:lisina digestível da ração	55
001. Composição percentual e química das rações experimentais (matéria natural).....	70
002. Desempenho e eficiência alimentar de alevinos de tilápia do Nilo em função da relação treonina:lisina digestível da ração.....	73

	Página
003. Composição corporal, taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo em função relação treonina:lisina digestível da ração.....	76
001. Composição percentual e química das rações experimentais (matéria natural).....	90
002. Desempenho e eficiência alimentar de alevinos de tilápia do Nilo em função do nível de lisina digestível da ração.....	94
003. Composição corporal, taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo em função do nível de lisina digestível da ração.....	98

LISTA DE FIGURAS

	Página
001. Representação gráfica da taxa de deposição protéica de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível da ração.....	77
001. Representação gráfica do ganho de peso de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da ração.....	95
002. Representação gráfica da conversão alimentar de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da ração.....	95
003. Representação gráfica da taxa de deposição protéica de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da ração.....	99

RESUMO

BOMFIM, Marcos Antonio Delmondes, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2006. **Redução de proteína bruta, relações aminoácidos digestíveis com a lisina digestível e níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo.** Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Co-orientadores : Juarez Lopes Donzele e Aloísio Soares Ferreira.

Objetivando-se determinar os efeitos da redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos e dos níveis de metionina mais cistina, treonina e lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, foram realizados quatro experimentos no laboratório de nutrição de peixes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Os peixes foram mantidos em 36 aquários de 130 litros dotados de abastecimento de água, temperatura controlada e aeração individuais; e alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias. Foram avaliados os parâmetros de desempenho, a composição corporal, as taxas diárias de deposição de proteína e gordura e a eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. No primeiro experimento, com duração de 40 dias, no qual objetivou-se avaliar o efeito da redução da proteína bruta (PB) da ração com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, foram utilizados 396 alevinos, com peso inicial de $0,80 \pm 0,17$ g. Os tratamentos constaram de seis rações com diferentes níveis de PB (32,0; 31,0; 30,0; 29,0; 28,0; e 27,0%), sendo rações isoenergéticas e isolisínicas digestíveis (1,50%). Observou-se que os peixes alimentados com rações com 27,0% de PB apresentaram pior conversão

alimentar, eficiência de lisina para ganho, consumo de nitrogênio e umidade corporal e maiores eficiência protéica para ganho e teor de gordura corporal. Concluiu-se que o nível de PB da ração para alevinos de tilápia do Nilo pode ser reduzido em quatro pontos percentuais (de 32,0 para 28,0%), sem prejudicar o desempenho dos animais, desde que as rações sejam devidamente suplementadas com aminoácidos essenciais limitantes. No segundo experimento, com duração de 40 dias, no qual objetivou-se avaliar a exigência dietética de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, foram utilizados 396 alevinos, com peso inicial de $0,86 \pm 0,02$ g. Os tratamentos constaram de cinco rações de diferentes relações metionina mais cistina:lisina digestível (59,5; 63,5; 67,5; 71,5 e 75,5%) e relação treonina:lisina digestível de 80%; e uma ração contendo uma relação metionina mais cistina:lisina digestível de 75,5% e treonina:lisina digestível de 85%, todas isoenergéticas, isoprotéicas e isolisínicas digestíveis (1,40%). A elevação da relação metionina mais cistina:lisina da dieta não influenciou nas variáveis avaliadas, com exceção dos teores de gordura e umidade corporais, cujo efeito foi quadrático que aumentou e diminuiu, respectivamente, até a relação estimada de 66,95 e 66,74%. Contudo, a elevação da relação treonina:lisina digestível nas dietas com relações metionina mais cistina:lisina digestível de 75,5% proporcionou peixes com melhor conversão alimentar, eficiência de retenção de nitrogênio e eficiência de proteína e lisina para ganho. Concluiu-se que o nível de aminoácidos sulfurados total ou digestível de 0,91 e 0,86%, que correspondem a uma relação metionina mais cistina:lisina total e digestível de 57,2 e 59,5%, respectivamente, foi o que proporcionou os melhores resultados de desempenho e características de carcaça de alevinos de tilápia do Nilo. No terceiro experimento, com duração de 30 dias, no qual objetivou-se avaliar a exigência dietética de treonina, com base no conceito de proteína ideal, foram utilizados 432 alevinos, com peso inicial de $1,64 \pm 0,03$ g. Os tratamentos constaram de cinco rações de diferentes relações treonina:lisina digestível (69,0; 74,0; 79,0; 84,0 e 89,0%) e relação metionina mais cistina:lisina digestível de 70,0%; e uma ração contendo uma relação treonina:lisina digestível de 84,0% e metionina mais cistina:lisina digestível de 75,0%, todas isoenergéticas, isoprotéicas e isolisínicas digestíveis (1,35%). Observou-se que a elevação da relação treonina:lisina na ração influenciou apenas no consumo de ração, teor de proteína corporal e nas taxas diárias de deposição de proteína, elevando-os de forma linear. Contudo, a elevação da relação metionina mais cistina:lisina da dieta não influenciou nas variáveis avaliadas. Concluiu-se que o nível de treonina total ou digestível que proporcionou as melhores respostas em alevinos de

tilápia do Nilo para os parâmetros de desempenho é de 1,11 e 0,99% e, para deposição de proteína corporal é de 1,43 e 1,28%, que correspondem a uma relação treonina:lisina total e digestível de 71,0 e 69,0% e de 90,0 e 89,0%, respectivamente. No quarto experimento, com duração de 30 dias, no qual objetivou-se avaliar a exigência dietética de lisina digestível, com base no conceito de proteína ideal, foram utilizados 432 alevinos, com peso inicial de $1,12 \pm 0,02$ g. Os tratamentos constaram de seis rações de diferentes níveis de lisina digestível (0,95; 1,10; 1,25; 1,40; 1,55 e 1,70%), sendo rações isoenergéticas e isoprotéicas. A elevação do teor de lisina digestível na ração não influenciou na taxa de sobrevivência e no teor de gordura corporal dos peixes. Contudo, houve uma melhora linear em todos os demais parâmetros avaliados, com exceção da eficiência de utilização de lisina e umidade corporal, que pioraram de forma quadrática e linear, respectivamente. Concluiu-se que o nível de lisina total e digestível de 1,80% (0,600% Mcal de ED) e 1,70% (0,567% Mcal de ED), respectivamente, foi o que proporcionou os melhores resultados de desempenho e características de carcaça de alevinos de tilápia do Nilo, quando se utilizou o conceito de proteína ideal na formulação das rações experimentais.

ABSTRACT

BOMFIM, Marcos Antonio Delmondes, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, August 2006. **Crude protein reduction, digestible amino acids digestible lysine ratios and lysine levels in diets for Nile tilapia fingerlings.** Adviser: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Co-advisers: Juarez Lopes Donzele and Aloízio Soares Ferreira.

The current study was aimed at evaluate the effect of dietary crude protein reduction with amino acids supplementation and determine the requirements of methionine plus cytine, threonine and lysine, based on the ideal protein concept, in diets for reverted Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*), of the thailand line. Four trials were carried out at the fish nutrition laboratory of the Animal Science Department of the Federal University of Viçosa. The fishes were maintained into 36 aquariums of 130 liters supplied with single-pass flow-through water and aeration, controlled temperature and they were fed *ad libitum* six times per day. Performance parameters, corporal composition, the daily protein and fat deposition rates and nitrogen retention efficiency of the fishes were evaluated. The first experiment was carried out during 40 days aimed at evaluate the effect of dietary crude protein (CP) reduction with amino acids supplementation, based on the ideal protein concept. Three hundred and ninety six fingerlings with average initial weight of 0.80 ± 0.17 g were used. The treatments had consisted of six isoenergetic and digestible isolysin diets (1.50%) with different levels of CP (31.0; 31.0; 30.0; 29.0; 28.0; and 27.0%). Fishes fed 27.0% CP diet showed lower feed:gain ratio, lysine efficiency for growth, nitrogen intake and humidity body and higher proteic efficiency for growth and fat body. It was concluded that the CP level for

Nile tilapia fingerlings can be reduced four percentage points (32.0 to 28.0%) with no negative effect on performance since rations are supplemented with limiting essential amino acids. The second experiment was carried out during 40 days aimed at determine the requirement of digestible methionine plus cystine, based on the ideal protein concept. Three hundred and ninety six fingerlings with average initial weight of 0.86 ± 0.02 g were used. The treatments had consisted of five diets with different digestible methionine plus cystine:lysine ratios (59.5; 63.5; 67.5; 71.5 and 75.5%) and digestible threonine:lysine ratio of 80%; and one diet with the digestible methionine plus cystine:lysine ratio of 75.5% and digestible threonine:lysine ratio of 85.0%, all of then were isoenergetic, isoproteic and digestible isolysinic (1.40%). The increase of the dietary digestible methionine plus cystine:lysine ratio did not affect the studied parameters, except the body fat and humidity content, of which the effect was quadratic, with quadratic maximal and minimum at 66.95 and 66.74%, respectively. However, the increase of the dietary digestible threonine:lysine ratio in diets with digestible methionine plus cystine:lysine ratio of 75.5% improved the feed conversion ratio, the nitrogen retention efficiency and protein and lysine efficiency for growth. It was concluded that the total or digestible dietary sulfur amino acid level of 0.91 and 0.86%, that correspond to a total and digestible methionine plus cystine:lysine ratio of 57.2 and 59.5%, respectively, provided the best results of performance and carcass characteristics of Nile tilapia fingerlings. The third experiment was carried out during 30 days aimed at determine the nutritional requirement of digestible threonine, based on the ideal protein concept. Four hundred thirty two fingerlings with average initial weight of 1.64 ± 0.03 g were used. The treatments had consisted of five diets with different ratios of digestible threonine:lysine (69.0, 74.0, 79.0, 84.0 and 89.0%) and digestible methionine plus cystine:lysine ratio of 70.0%; and one diet with the digestible threonine:lysine ratio of 84.0% and digestible methionine plus cystine:lysine ratio of 75.0%, all of then were isoenergetic, isoproteic and digestible isolysinic (1.35%). The increase of the dietary digestible threonine:lysine ratio affected just the feed intake, the body protein level and the daily protein deposition rates, that have increased linearly. However, the increase of the dietary digestible methionine plus cystine:lysine ratio did not affect the studied parameters. It was concluded that the dietary level of total or digestible threonine for the best results in Nile tilapia fingerlings for performance parameters is of 1.11 e 0.99% and, for corporal protein deposition is 1.43 and 1.28%, which correspond to a total and digestible threonine:lysine ratio of 71.0 and 69.0% and of 90.0 and 89.0%, respectively.

The fourth experiment was carried out during 30 days aimed at determine the requirement of digestible lysine, based on the ideal protein concept. Four hundred thirty two fingerlings with average initial weight of $1.12 \pm 0.02\text{g}$ were used. The treatments had consisted of six diets with different digestible lysine ratios (0.95; 1.10; 1.25; 1.40; 1.55 and 1.70%), all of them were isoenergetic and isoproteic. The increase of the dietary digestible lysine did not affect the survival rate and the body fat level of the fishes. However, all the others parameters had improved linearly, except the lysine utilization efficiency and the body humidity, which got worse quadratically and linearly, respectively. It was concluded that the level of total or digestible lysine is 1,80 (0.600%Mcal of DE) and 1,70% (0.567%Mcal of DE), respectively, provided the best results of performance and carcass characteristics of Nile tilapia fingerlings, when the ideal protein concept was used in the experimental diets formulation.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Um dos grandes desafios da piscicultura tem sido conciliar a obtenção de altas produtividades com menor descarga de resíduos no ambiente aquático, principalmente nas criações intensivas que dependem exclusivamente de rações balanceadas. Em função disto, os nutricionistas têm concentrado esforços para obter informações que permitam formular rações mais completas e economicamente viáveis a fim de obter as respostas zootécnicas preconizadas (Furuya, 2001; Furuya, 2000; Storebakken et al., 2000; Sugiura, et al., 2001; Pezzato et al., 2004).

A prioridade dos estudos sobre exigências nutricionais para peixes tem sido dada às proteínas, porque, além de constituírem o componente mais caro das rações, quando em níveis excedentes às exigências proporcionam excessiva excreção de nitrogênio, constituindo, juntamente com as excreções do fósforo, os principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático (Furuya, 2001; Wilson, 2003; Pezzato et al., 2004; Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2005a).

Como os peixes não possuem exigência em proteína, mas sim têm necessidade de aminoácidos dispensáveis e indispensáveis (Wilson, 2003; Ahmed et al., 2004; Pezzato et al., 2004; Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2005a), uma ração formulada com base em proteína bruta, mesmo com adequados níveis de energia, pode não atender às necessidades nutricionais dos peixes para todos os aminoácidos, reduzindo a utilização da fração nitrogenada e produtividade, e aumentando, respectivamente, a descarga de nitrogênio ao ambiente e o custo de produção (Furuya, 2000; Portz, 2001; Furuya, 2001; Cho & Bureau, 2001; Twibell, et al., 2003). Desta forma, a determinação

da exigência de cada aminoácido se faz necessária para a formulação de rações de custo mínimo que favoreçam uma maior eficiência de retenção protéica, produtividade e capacidade de suporte dos sistemas de produção aquícolas (Marcouli et al., 2006).

O conceito de proteína ideal tem sido aplicado em estudos visando-se a determinação da exigência de aminoácidos em rações para peixes (Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Pezzato et al., 2004; Bomfim et al., 2005a; Furuya et al., 2005). A proteína ideal corresponde a uma mistura de aminoácidos (todos os 20) com disponibilidade total na digestão, absorção e metabolismo, cuja composição seria idêntica às exigências dos animais para manutenção e crescimento (Parsons & Baker, 1994; Boisen et al., 2000; Green & Hardy, 2002; Pezzato et al., 2004). Em outras palavras, o padrão aminoacídico ideal pode ser definido como o padrão dietético em que cada aminoácido indispensável e a quantidade de aminoácidos indispensáveis (relação aminoácidos dispensáveis: indispensáveis) estão igualmente limitantes para a máxima deposição protéica (Boisen et al., 2000; Green & Hardy, 2002).

Neste conceito ficou estabelecido que todos os aminoácidos indispensáveis sejam expressos em proporções ideais ou em relação a um aminoácido de referência, sendo baseado na hipótese de que embora as exigências quantitativas dos aminoácidos possam ser influenciadas por diversos fatores, as proporções entre eles permanecem praticamente constantes (Parsons & Baker, 1994; Furuya, 2001; Boisen et al., 2000; Green & Hardy, 2002; Pezzato et al., 2004). A lisina tem sido utilizada como aminoácido de referência por ser facilmente encontrada na forma sintética, pelo baixo custo e rapidez da sua análise e também por ser utilizada quase que exclusivamente para a síntese de proteína corporal (Parsons & Baker, 1994; Boisen et al., 2000; Miyada, 2001; Boisen, 2003; Pezzato et al., 2004).

Para que o conceito de proteína ideal seja utilizado de forma otimizada, é importante que a digestibilidade de cada aminoácido seja considerada, sendo que o padrão ideal de aminoácidos, apresentada desta forma, é especificado em termos de aminoácido digestível ou disponível (Parsons & Baker, 1994; Boisen et al., 2000; Boisen, 2003; Pezzato et al., 2004). Isto é necessário porque o coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos pode variar significativamente entre as diferentes fontes protéicas e também entre os aminoácidos para uma mesma fonte, não sendo adequado, portanto, a extrapolação do valor do coeficiente de digestibilidade da proteína bruta para estimar os valores dos aminoácidos digestíveis (Furuya, 2000;

Rudehutschord et al, 2000; Furuya et al., 2001d; Boisen et al., 2000; Rostagno et al., 2005). Assim, rações que são formuladas baseadas no conceito de proteína ideal sem levar em consideração a digestibilidade de cada aminoácido podem, muitas vezes, não atender as exigências dos animais (Parsons & Baker, 1994; Furuya, 2000; Furuya et al., 2001d).

Há de se considerar ainda que o balanceamento de aminoácidos com base no perfil de proteína ideal pode permitir a elaboração de rações com níveis de proteína inferiores aos recomendados, minimizando os níveis excessivos dos demais aminoácidos (Boisen et al., 2000; Twibell et al., 2003; Furuya et al., 2005; Yamamoto et al., 2005; Bomfim et al., 2005a), melhorar a eficiência e/ou conversão alimentar dos animais, uma vez que dietas com perfil aminoacídico desbalanceado podem acarretar redução do consumo, independente do teor energético da ração (Yamamoto et al., 2000; Fournier et al., 2002; Encarnação et al., 2004), e utilizar alimentos alternativos de menor custo, aumentando o retorno econômico, como demonstrado por Cai & Burtle (1996), Davies & Morris (1997), Davies et al. (1997), García-Gallego et al. (1998), Wu et al. (1998), Furuya (2000), Szabó et al. (2001) e Furuya et al. (2004b).

Uma forma que tem sido usada para determinação do perfil protéico ideal em rações para peixes é o padrão aminoacídico corporal, também chamada de relação A/E corporal, definido como sendo o conteúdo do aminoácido indispensável pelo conteúdo total dos aminoácidos indispensáveis, incluindo cistina e tirosina (Small & Soares, 1998; Wilson, 2003, Twibell et al., 2003; Portz & Cyrino, 2003; Rollin et al., 2003), baseando-se em pesquisas que demonstraram que o perfil da proteína ideal dietética pode apresentar uma alta correlação com padrão aminoacídico corporal dos peixes (Wilson & Poe, 1985; Fagbenro, 2000; Furuya, 2000; Wilson, 2003).

Entretanto, em pesquisas recentes realizadas com trutas arco-íris (Rudehutschord et al., 1997; Green & Hardy, 2002) e com salmão do Atlântico (Rollin et al., 2003) ficou demonstrado que, de forma semelhante ao observado com aves e suínos (Boisen et al, 2000; Boisen, 2003; Rostagno et al., 2005), o uso do padrão aminoacídico corporal como base para o padrão aminoacídico dietético pode não ser o indicativo do padrão ideal protéico, uma vez que a proporção dos aminoácidos utilizada para os processos de crescimento difere da proporção utilizada para os processos de manutenção (Rudehutschord et al., 1997; Miyada, 2001; Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Twibell et al., 2003).

Adicionalmente, a utilização do padrão aminoacídico dietético determinado para uma espécie de peixe pode não ser representativo do ideal para outra espécie de peixe (Akiyama et al., 1997), e que estudos determinando o padrão aminoacídico corporal como referência para formulação do perfil aminoacídico dietético para uma mesma espécie apresentam resultados conflitantes, como observado nos estudos conduzidos com tilápia do Nilo por Fagbenro (2000), Furuya (2000), Portz & Cyrino (2003) e Teixeira et al. (2004).

Desta forma, a utilização da relação A/E corporal como base para formulação de rações só pode ser feita interinamente quando não há informações sobre as exigências nutricionais dos aminoácidos para uma determinada espécie de peixe (Rudehutsord et al., 1997; Fournier et al., 2002; Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003). Contudo, pode ser necessária a suplementação dos aminoácidos indispensáveis de maior exigência para os processos de manutenção, como a treonina, metionina e triptofano (Parsons & Baker, 1994; Boisen et al., 2000; Boisen, 2003), para níveis acima dos estimados com base no padrão aminoacídico corporal (relação aminoácido:lisina), a fim de garantir que não fiquem em níveis deficientes nessas rações, conforme enfatizado por Twibell et al. (2003).

Por outro lado, um dos problemas verificados com a utilização dos valores de exigência dos aminoácidos obtidos nos ensaios de dose-resposta para determinação da proteína ideal, ocorre em razão da grande variabilidade dos resultados obtidos entre os experimentos para uma mesma espécie de peixe, principalmente nos casos em que a exigência de todos os aminoácidos indispensáveis não foi determinada nas mesmas condições (metodologia e grupo de pesquisa) (NRC, 1993; Cowey, 1994; Akiyama et al., 1997; Hauler & Carter, 2001; Wilson, 2003).

Como a maioria dos valores de exigência tabelados para peixes, que são normalmente expressados em porcentagem do nível protéico da ração ou em porcentagem da ração, representam os resultados de apenas um experimento, são necessárias repetições adicionais para validação das recomendações (Ketola, 1982; NRC, 1993; Cowey, 1994; Hauler & Carter, 2001; Wilson, 2003).

Alguns dos motivos prováveis para essas diferenças estariam relacionados ao tipo de ração experimental (purificadas, semipurificadas ou práticas), nível de aminoácidos sintéticos, às diferentes linhagens (Hauler & Carter, 2001; Tantikitti & Chimsung, 2001; Dabrowski & Guderley, 2002; Rollin et al., 2003; Marcouli et al.,

2006) e ao regime alimentar (consumo) submetido aos peixes nos diferentes ensaios (Luzzana et al., 1998).

Têm-se observado que as taxas de crescimento dos peixes obtidas nos experimentos utilizando rações experimentais purificadas (fração protéica constituída de uma mistura de gelatina, caseína e um pool de aminoácidos sintéticos ou constituída somente de aminoácidos sintéticos) têm sido inferiores às usualmente obtidas utilizando rações práticas. Isto se deve, principalmente, em função da menor palatabilidade e do nível excessivo de aminoácidos sintéticos normalmente utilizado nessas rações, resultando numa redução da fração nitrogenada e, conseqüentemente, na superestimação das exigências dietéticas em aminoácidos, principalmente quando os animais são alimentados com menor freqüência de alimentação diária (Cowey, 1994; Hauler & Carter, 2001; Tantikitti & Chimsung, 2001; Dabrowski & Guderley, 2002; Marcouli et al., 2006).

Em experimento com trutas arco-íris, Dabrowski et al. (2003) observaram uma piora no desempenho, na taxa de sobrevivência, e um aumento na taxa metabólica e na excreção de uréia e amônia nos peixes alimentados com ração cuja fração protéica foi constituída de aminoácidos livres em relação aos alimentados com ração à base de dipeptídeos e de duas à base de caseína (todas isoprotéicas, de mesmo perfil aminoacídico e fornecidas quatro vezes ao dia), sendo que as duas últimas apresentaram os melhores resultados.

El-Husseiny et al. (2002), testando a substituição da proteína da caseína em rações purificadas para tilápias do Nilo, por uma mistura de aminoácidos sintéticos (0%, 15%, 35%, 50%, 65% e 85%), mantendo-se a mesma concentração dos aminoácidos nas rações experimentais, observou que a substituição acima de 35% da proteína caseína pela mistura de aminoácidos sintéticos comprometeu o desempenho e eficiência alimentar dos peixes.

A utilização da fração nitrogenada das rações com níveis excessivos de aminoácidos livres pode estar relacionada a maior capacidade de lixiviação no ambiente aquático, maior taxa de evacuação estomacal e rápida absorção em relação aos aminoácidos oriundos da “proteína intacta” do alimento, acarretando um desequilíbrio (desbalanço) no pool de aminoácidos e/ou em quantidades incompatíveis à capacidade/velocidade de síntese protéica nos tecidos especializados. Conseqüentemente, os valores de exigência em aminoácidos obtidos em estudos de dose-resposta que normalmente utilizam elevados níveis de aminoácidos sintéticos

podem ficar superestimados, principalmente quando os animais são alimentados com menos frequência (Schuhmacher et al., 1997; Zorate & Lovell, 1997; Barroso et al., 1999; Zorate et al., 1999; Dabrowski et al., 2003).

Este problema, contudo, pode ser minimizado quando são utilizadas rações práticas, com ingredientes palatáveis de boa qualidade e com componentes aglutinantes, com níveis mínimos de aminoácidos sintéticos e/ou intervalos de alimentação mais curtos (mínimo de quatro vezes por dia). A utilização de ingredientes com características aglutinantes e de maiores frequências de alimentação podem, respectivamente, reduzir a solubilidade e retardar a absorção dos aminoácidos sintéticos, e minimizar as deficiências e/ou excessos temporais desses aminoácidos que, em ambos os casos, mantem suas concentrações a uma taxa constante e mais compatível à capacidade/velocidade de síntese protéica pelos tecidos especializados (Tantikitti & March, 1995; Barroso et al., 1999; Marcouli et al. 2004; Lanna et al., 2005; Bomfim et al., 2005a).

Por outro lado, mesmo nos experimentos de dose-resposta em que foram determinadas as exigências de todos os aminoácidos indispensáveis (mesmo período, grupo de pesquisa e condições experimentais), como nos experimentos conduzidos para tilápia do Nilo (Santiago & Lovell, 1988) e *milkfish* (Borlogan & Coloso, 1993) utilizados como referência para as referidas espécies pelo NRC (1993), o padrão aminoacídico obtido pode não ser também um bom indicativo do padrão dietético ideal se as taxas de crescimento (deposição protéica) não tiverem sido adequadas e similares entre os diferentes ensaios, resultando em um perfil aminoacídico diferente do ideal para maximização da deposição protéica, em virtude do aumento das proporções das exigências de manutenção nos animais com reduzidas taxas de crescimento (Rudehutsord et al., 1997; Boisen et al., 2000; Rollin et al., 2003; Boisen, 2003).

Além disso, linhagens de peixes com maior capacidade de crescimento podem apresentar exigência protéica e/ou de aminoácidos maior que as de menor capacidade de crescimento. Um exemplo disto é o observado em experimentos conduzidos com tilápias para determinação do teor protéico em rações para as linhagens tailandesa e comum, cujos valores de exigência variaram de 32% (Furuya et al., 2000) a 29,9% (Furuya et al., 1996), respectivamente, sendo que a primeira linhagem apresenta maior capacidade de ganho de peso diário em relação à segunda (Boscolo et al., 2002a).

Com relação ao regime alimentar, Luzzana et al. (1998), testando o efeito do fornecimento de ração à vontade ou restrita (90% do consumo dos peixes alimentados à

vontade) sobre as exigências de arginina em rações para salmão coho (*Oncorhynchus kisutch*), verificaram que a exigência dietética deste aminoácido variou de 4,9% do teor de proteína bruta, para os peixes alimentados à vontade, para 5,5% do teor protéico da ração, para os peixes submetidos à restrição alimentar. Desta forma, pode-se observar que a restrição alimentar pode resultar também em superestimação das exigências dietéticas dos aminoácidos e que, semelhante ao observado em suínos e aves, o nível ideal de determinado aminoácido da ração é dependente do padrão de consumo de ração (Rostagno et al., 2005).

Um ponto a ser considerado também é que a utilização de rações experimentais com teor protéico um pouco inferior ao da exigência, mas assegurando-se que os aminoácidos (dispensáveis e indispensáveis) estejam, no mínimo, atendendo a exigência para a máxima deposição protéica, pode superestimar a exigência do aminoácido testado quando expressado em relação percentual ao nível protéico. O contrário pode ocorrer em caso da utilização de níveis protéicos excessivos na ração referência (Tantikitti & Chimsung, 2001; Hauler & Carter, 2001; Bomfim et al., 2005a; Yamamoto et al., 2005; Furuya et al., 2005).

Outros fatores como o critério de resposta (Rodehutscord et al., 1997; Encarnação et al., 2004), o modelo matemático (Hauler & Carter, 2001; Euclides & Rostagno, 2001), o desafio sanitário (Li Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Obled, 2003; Melchior et al., 2004; Machado & Fontes, 2005) e a concentração energética da dieta (Cowey, 1994; Rodehutscord et al., 1997; Encarnação et al., 2004; Bureau et al., 2000; Cho & Bureau, 2001) podem também influenciar nas recomendações derivadas dos experimentos e assim dificultar a comparação ou a combinação dos resultados dos diferentes laboratórios.

Encarnação et al. (2004) e Rodehutscord et al. (1997) observaram que trutas arco-íris apresentam maior exigência dietética de lisina para máxima deposição protéica do que para o máximo ganho de peso. Desta forma, a escolha do critério de resposta para definição da exigência dietética de lisina passa a ser subjetiva e vai depender do objetivo a ser alcançado, conforme enfatizam os autores.

Da mesma forma é com relação à escolha do modelo estatístico (LRP - “linear response plateau” ou broken line, equação quadrática, equação exponencial ou teste de média). Embora todos eles apresentem vantagens e desvantagens, alguns como o LRP ou broken line e o exponencial podem, respectivamente, subestimar e superestimar as

exigências do nutriente em avaliação (Hauler & Carter, 2001; Euclides & Rostagno, 2001).

Com relação ao desafio sanitário, pesquisas com suínos têm demonstrado que as exigências dos aminoácidos utilizados em maior proporção para os processos de manutenção, em especial a arginina (síntese de óxido nítrico), treonina (mucina e imunoglobulinas), glutamina (glutathione), triptofano (proteína de fase aguda) e os aminoácidos sulfurosos (glutathione, imunoglobulinas), podem ser maiores em condições de alto desafio sanitário, em função de serem constituintes fundamentais dos compostos relacionados à resposta imunológica do animal (Li Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Oblad, 2003; Melchior et al., 2004; Machado & Fontes, 2005).

Por outro lado, Hauler & Carter (2001), em sua revisão, observaram que existe uma elevada correlação entre a exigência de lisina e a densidade energética da ração, indicando que as exigências em aminoácidos quando expressados como porcentagem da ração pode aumentar com a elevação da densidade energética da ração (Cowey, 1994).

Como a concentração energética pode influenciar no consumo, na taxa de utilização/deposição protéica, na eficiência alimentar (ganho/consumo) e, conseqüentemente, na quantidade de aminoácidos ingerida por unidade de ganho (Rodehutschord et al., 1997; Moughan, 1999; Black, 2000; Bureau et al., 2000; Encarnação et al., 2004), a utilização da relação entre a concentração dos aminoácidos (e dos demais nutrientes) em função do teor energético (gramas ou porcentagem/Megacalorias), como critério para expressar as exigências dietéticas, pode minimizar a dificuldade apresentada na combinação de resultados de diferentes experimentos (Cowey, 1994; Rodehutschord et al., 1997; Bureau et al., 2000; Cho & Bureau, 2001).

De fato, pesquisas com suínos demonstraram que a taxa de deposição protéica aumenta linearmente com a elevação da quantidade de energia ingerida de uma ração nutricionalmente balanceada, até que a taxa de máxima de deposição para um determinado genótipo e peso corporal é alcançada, atingindo um platô, que não pode ser elevada (melhorada) pela ingestão adicional de energia e/ou proteína balanceada, podendo levar apenas a um aumento das taxas de crescimento (deposição de gordura), mas não a um aumento da retenção de proteína corporal (Wiesemüller, 1983; Moughan, 1999; Black, 2000; Szabó, et al., 2001; Pupa et al., 2001).

Entretanto, para que o critério de expressar as exigências dietéticas dos aminoácidos em função do teor energético da ração seja válido, torna-se necessário que

os níveis energéticos adotados nas rações experimentais atendam estritamente as exigências para a espécie em questão, principalmente em se tratando de peixes onívoros e herbívoros que, aparentemente, dentro de determinados limites, podem satisfazer suas exigências em proteína pela variação do consumo, independentemente do teor energético da dieta, conforme demonstrado por Winfree & Stickney (1984), Pereira-da-Silva et al. (2004), Bomfim et al. (2005b), Boscolo et al. (2006) e Cotan et al. (2006).

Com base nessas considerações, a forma que parece ser a mais apropriada para estimativa do perfil aminoacídico ideal dietético para peixes é através dos ensaios de dose-resposta, utilizando preferencialmente rações práticas ou semi-purificadas, com níveis de energia que atendam as exigências para máxima capacidade de deposição protéica, e a utilização de maiores frequências de alimentação diárias.

Como no conceito de proteína ideal os demais aminoácidos indispensáveis são relacionados em função da lisina (aminoácido de referência), nesses ensaios os níveis de lisina podem ser fixados em valores considerados sub-ótimos, para que seja o único aminoácido limitante, e os demais aminoácidos indispensáveis em quantidades ou relações aminoácido:lisina superiores aos valores de exigência reportados na literatura, conforme recomenda Boisen (2003).

Já para a determinação da exigência dietética de lisina, atualmente tem-se proposto o estabelecimento de um balanço ideal de aminoácidos essenciais nas rações experimentais, uma vez que a ausência de um balanço ideal nas rações pode ser também uma fonte de variação nas respostas obtidas nos experimentos. Com base nesse pressuposto, têm-se utilizado o conceito de proteína ideal na formulação de rações experimentais, ou seja, a mudança na concentração de lisina na ração deve ser acompanhada por alterações proporcionais dos demais aminoácidos ou que, pelo menos, sejam mantidas relações mínimas destes aminoácidos com a lisina, para que não limitem a possibilidade de utilização de cada nível de lisina testado para o desempenho dos animais (Fontes et al., 2000; Conhalato et al., 2002; Valério et al., 2003; Boisen, 2003; Abreu et al., 2006).

A tilápia do Nilo caracteriza-se por ser de baixo nível trófico (onívora), por ter boa aceitação no mercado consumidor, destacando-se na aquicultura mundial por apresentar crescimento rápido, rusticidade, capacidade de adaptar-se em diferentes condições climáticas, carne de ótima qualidade, e por não apresentarem espinhos na forma de "Y" no seu filé. Além disso, pesquisas têm demonstrado que esta espécie tolera altos níveis de carboidratos, o que favorece a utilização de fontes protéicas

alternativas à farinha de peixe (Furuya et al., 2004b; Boscolo et al., 2002b; Meurer et al., 2002; Furuya et al., 2006; Boscolo et al., 2006).

Poucas são as informações sobre as exigências em aminoácidos digestíveis para a tilápia do Nilo com base no conceito de proteína ideal, bem como dos efeitos redução da proteína bruta com a suplementação de aminoácidos limitantes. A redução do teor protéico normalmente se faz necessária para determinação das exigências dos aminoácidos da ração ou até para formulação de rações completas de baixo teor protéico que proporcionem menor excreção de nitrogênio ao meio (Bomfim et al., 2005a; Yamamoto et al., 2005; Furuya et al., 2005).

A determinação da exigência de lisina nas rações tem tido uma atenção em particular na nutrição de peixes. Isto porque a lisina é o aminoácido indispensável encontrado em maior concentração na carcaça desses animais, é o primeiro aminoácido limitante em algumas fontes protéicas alternativas à farinha de peixe, principalmente nos cereais (como o glúten), e também por também ser o aminoácido de referência na determinação do padrão da proteína ideal (Boisen et al., 2000; Hauler & Carter, 2001; Murillo-Gurrea et al., 2001; Rollin et al., 2003; Boisen, 2003).

Além da exigência de lisina, as determinações das exigências de metionina (metionina mais cistina) e treonina também se tornam indispensáveis em virtude de também serem aminoácidos limitantes na maioria dos ingredientes alternativos à farinha de peixe, como no farelo de soja, e, juntamente com a lisina, apresentarem disponibilidade na forma sintética, possibilitando a formulação de rações de baixo teor protéicos suplementadas com aminoácidos e economicamente viáveis. Além disso, são aminoácidos limitantes para a produção de compostos envolvidos na resposta imunológica do animal frente a um desafio sanitário, como: a mucina (treonina), sintetizada em grande quantidade pelos peixes no tubo digestivo e, principalmente, para as necessidades adicionais de recobrimento da pele; as imunoglobulinas (cistina e treonina); e a glutatona (cistina) (Ajinomoto, 2003; Li Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Obled, 2003; Machado & Fontes, 2005).

Somado a isto, as exigências dietéticas para lisina, metionina mais cistina e treonina total apresentam resultados variando de 1,42 a 1,62% (Jackson & Capper, 1982; Santiago & Lovell, 1988; Hauler & Carter, 2001; Furuya et al., 2004a; Furuya et al., 2006), 0,50 a 1,38% (Jackson & Capper, 1982; Santiago & Lovell, 1988; Polat, 1999; Furuya et al., 2001a; Furuya et al., 2001b; Furuya et al., 2004c) e 1,02 a 1,35% (Santiago & Lovell, 1988; Silva et al., 2004; Silva et al., 2006) da ração,

respectivamente, cuja variação pode estar relacionada principalmente com a linhagem e/ou categoria dos peixes utilizados, com o nível de proteína, energia ou do tipo de ração (práticas ou purificadas) empregados nos diferentes experimentos.

Assim, justifica-se a necessidade de avaliar os efeitos da redução da proteína bruta com a suplementação de aminoácidos, bem como de determinar as exigências de metionina mais cistina, treonina e lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Esta Tese foi redigida seguindo-se as normas para redação da Tese (UFV, 2000) em forma de capítulos e os capítulos elaborados com base nos critérios da Revista Brasileira de Zootecnia.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M.L.T.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; OLIVEIRA, A.L.S; SILVA, F.C.O.; MOITA, A.M.S. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.1039-1046, 2006 (supl.).
- AHMED, I.; KHAN, M.A.; JAFRI, A.K. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v.35, p.162-170, 2004.
- AJINOMOTO. Exigências de treonina para suínos - benefícios da suplementação de L-treonina. **Informativo técnico** – **10**, 2003, http://www.lisina.com.br/upload/bibliografia/IT_10_port.pdf (acesso em 23/03/2004).
- 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.
- BARROSO, J.B.; PERAGÓN, J.; GARCÍA-SALGUERO, L.; de la HIGUERA; M.; LUPIÁÑEZ, J.A. Variations in the kinetic behavior of the NADPH-production systems in different tissues of the trout when fed on an amino-acid-based diet at different frequencies. **The International Journal of biochemistry & Cell Biology** v.31, p.277-290, 1999.
- BLACK, J.L. Modeling growth and lactation in pigs. In: **Feeding systems and feed evaluation models**. Wallingford: CAB International, 2000, p.363-392.
- 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: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.157-168.

- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; QUADROS, M.; ASSIS, S.O. 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, 2005a. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\211.htm2.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; SERAFINI, M.A.; RIBEIRO, F.B.; PENA, K.S. Proteína Bruta e Energia Digestível em Dietas para Alevinos de Curimatã (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.34, n.6, p.1795-1806, 2005b.
- BORLONGAN, I.G.; COLOSO, R.M. Requirements of juvenile milkfish (*Chanos chanos*) for essential amino acids. **Journal of Nutrition** v.123, p.125-132, 1993.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, n.2, p.539-545, 2002a.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Farinha de varredura de mandioca (*Manihot esculenta*) na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, n.2, p.546-551, 2002b.
- BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; SIGNOR, A.A.; BARD, J.J.; ISHIDA, F.A. Energia digestível para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.629-633, 2006.
- BUREAU, B.P.; AZEVEDO, P.A.; TAPIA-SALAZAR, M.; CUZON, G. Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera- Cerecedo, R., (Eds.). **Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, Mexico.
- CAI, Y.; BURTLE, G.J. Methionine requirement of channel catfish fed soybean meal-corn-based diets. **Journal Animal Science** v.74, p.514-521, 1996.
- CHO, C.Y.; BUREAU, D.P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture Research** v.32, p.349-360, 2001 (Suppl. 1).
- CONHALATO, G.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; ROSTAGNO, H.S.; FONTES, D.O. Avaliação de rações contendo diferentes níveis de lisina digestível mantendo a relação aminoacídica para pintos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, n.2, p.539-545, 2002.
- COTAN, J.L.V.; BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; RIBEIRO, F.B.; SERAFINI, M.A. Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para alevinos de lambari tambuí. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.634-640, 2006.
- COWEY, C.B. Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. **Aquaculture** v.124, p.1-11, 1994.
- DABROWSKI, K. & GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E. & HARDY, R.W. (Ed.) **Fish nutrition**. 3. ed. Washington: Academic Press, 2002. p.309-365.

- DABROWSKI, K.; LEE, K.; RINCHARD, J. The smallest vertebrate, teleost fish, can utilize synthetic dipeptide-based diets. **Journal Nutrition** 133, p.4225-4229, 2003.
- DAVIES, S.J.; MORRIS, P.C.; BAKER, R.T.M. Partial substitution of fish meal and full-fat soya bean meal with gluten and influence of lysine supplementation in diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research** v.28, p.317-328, 1997.
- DAVIES, S.J.; MORRIS, P.C. Influence of multiple amino acids supplementation on the performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed soya based diets. **Aquaculture Research** v.28, p.65-74, 1997.
- 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, Uniti de Nutrition et Metabolisme Proteique, 2000. p.1-24.
- EL-HUSSEINY, O.M.; GODA, A.M.A.S.; SULOMA, A.M. Utilization of amino acids in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. 1 – Utilization efficiency of synthetic amino acid by Nile tilapia fry. **Vet. Med. J. Giza** v. 50, n.1, p. 47-59, 2002.
- ENCARNAÇÃO, P.; LANGE, C.; RODEHUSTSCORD, M.; HOEHLER, D.; BUREAU, W.; BUREAU, D.P. 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.
- EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Estimativa dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. In: WORKSHOP LATINO AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 1, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, Ajinomoto. p.77-88. 2001.
- FAGBENRO O.A. Validation of the essential amino acid requirements of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758), assessed by the ideal protein concept. In: **Proceedings of the Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture**, v.1, p.154-156, 2000. SRG, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- FONTES, D.O.; DONZELE, J.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; CONHALATO, G.S.; PEREIRA, M.A. Níveis de lisina para leitoas selecionadas geneticamente para deposição de carne magra, dos 30 aos 60 kg, mantendo constante a relação entre metionina + cistina, treonina, triptofano, isoleucina e valina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.776-783, 2000.
- FOURNIER, V.; GOUILLOU-CONSTANS, M.F.; MÉTAILLER, R.; VACHOT, C.; GUEDES, M.J.; TULLY, F.; OLIVIA-TELES, A.; TIBALDI, E.; KAUSHIK, S.J. Protein and arginine requirements for maintenance and nitrogen gain in four teleosts. **British Journal of Nutrition** v.87, p.459-469, 2002.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B et al. Exigência de proteína para machos revertidos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase juvenil. **Revista Unimar**, v.18, n.2, p.307-319, 1996.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M.S. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.26, n.6, p.1912-1917, 2000 (Suplemento 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: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 2000. 69p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 2000.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; BOTARO, B.; SILVA, L.C.; NEVES, P.R. Exigências de metionina + cistina total e digestível para alevinos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), baseadas no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum** v.23, n.4, p.885-889, 2001a.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; BOTARO, D.; SILVA, L.C.; NEVES, P.R. Exigências de metionina + cistina pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, na fase inicial. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2001b. CD-ROM.
- FURUYA, W.N.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.30, n.4, p.1143-1149, 2001d.
- FURUYA, W.M. Alimentos ambientalmente corretos para piscicultura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. CD-ROM. Palestras. Semi 35.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; NEVES, P.R.; SILVA, L.C.R.; HAYASHI, C. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na terminação. **Ciência Rural** v.34, n.5, p.1571-1577, 2004a.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, B.; NEVES, P.R.; SILVA, L.C.R.; HAYASHI, C. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research** v.35, p.1110-1116, 2004b.
- FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; NEVES, P.R.; BOTARO, D.; HAYASHI, C.; SAKAGUTI, E.S.; FURUYA, V.R.B. Exigência de metionina + cistina para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural** v.34, n.6, p.1933-1937, 2004c.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SALES, P.J.P. 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.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SAKAGUTI, E.S. 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.
- KETOLA, H.G. Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets **Comparative Biochemistry and Physiology** v.73B, n.1, p.17-24, 1982
- LANNA, E.A.T.; QUADROS, M.; BOMFIM, M.A.D.; CECON, P.R.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; FREITAS, A.S.; JÚNIOR, F.I.A. Freqüência 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, 2005. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\194.htm2.
- LI DEFA, L.; CHANGTING, X.; SHYAN, Q.; JINHUI, Z.; JOHNSON, E.W.; THACKER, P.A. 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.
- LUZZANA, U.; HARDY, R.W.; HALVER, J.E. Dietary arginine requirement of fingerling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Aquaculture** v.163, p.137-150, 1998.
- 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., Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2005. p.293-314.
- MARCOULI, P.A.; ALEXIS, M.N.; ANDRIOPOULOU, A.; ILIOPOULOU-GEORGUDAKI, J. Development of a reference diet for use in indispensable amino acid requirement studies of gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture Nutrition** v.10, p.335-343, 2004.
- 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.
- MELCHIOR, D.; SÈVE, B.; LE FLOC'H, N. Chronic lung inflammation affects plasma amino acid concentrations in pigs. **Journal of Animal Science** v.82, p.1091-1099, 2004.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M. 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.
- MIYADA, V.S. O uso do conceito de proteína ideal na alimentação e nutrição de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2001. p.195-201.
- MOUGHAN, P.J. Protein Metabolism in the growing pig. In: **A quantitative biology of the pig**. Wallingford: CAB International, 1999, p.299-332.
- MURILLO-GURREA, D.P.; COLOSO, R.M.; BORLONGAN, I.G.; SERRANO JR, A.E. Lysine and arginine requirements of juvenile Asian sea bass (*Lates calcarifer*). **Journal Applied Ichthyology** v.17, p.49-53, 2001.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish**. Washington: National Academy of Science, 1993. 105p.
- OBLED, C. Necesidades de aminoácidos en estados inflamatorios. In: CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA, 19., 2003, Madrid. **Proceedings...** Madrid: INRA, Uniti de Nutrition et Metabolisme Proteique, 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, PR. **Anais...** Maringá, SBZ. 1994. P.119-128.
- PEREIRA-DA-SILVA, E.M.; ORSOLI, D.N.; ARAÚJO, L.F.; CANTELMO O.C.; MERIGHE, G.K.F. Regulação da Ingestão Protéica na Tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **Revista Brasileira de Zootecnia** vol.33, n.6, p.1921-1927, 2004.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FRACALOSSI, D.M.; CYRINO, J.E.C. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.) **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: tecArt, 2004. p.75-169.
- POLAT, A. The effects of methionine supplementation to soybean meal (SBM)-based diets on the growth and whole body-carcass chemical composition of tilapia (*T. zillii*). **Tr. J. of Zoology**, v.23, p.173-178, 1999.
- PORTZ, L. Recentes avanços na determinação das exigências e digestibilidade da proteína e aminoácidos em peixes. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2001. CD-ROM. Palestras. Semi 36.
- 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.
- PUPA, J.M.R.; ORLANDO, U.A.D.; DONZELE, J.L. Requerimentos nutricionais de suínos nas condições brasileiras. In: **I Workshop latino Americano Ajinomoto Biolatina**. p. 143-153. 2001.
- RODEHUTSCORD, M.; BECKER, A.; PACK, M.; PFEFFER, E. 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.
- RODEHUTSCORD, M.; BORCHERT, F.; GREGUS, K., PACK, M.; PFEFFER, E. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. 1. Effect of dietary crude protein level. **Aquaculture** v.187, p.163–176, 2000.
- 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.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: 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.; DENA, L.; SILVA, T.S.C.; SANTOS, V.G. 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 - MS. **Anais...** Campo Grande, 2004. CD-ROM. Aquicultura. AQUA 037.
- SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D.; SANTOS, V.G.; SILVA T.C.; PINSETTA, P.J. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.4, p.1258-1264, 2006.
- SCHUHMACHER, A.; WAX, C.; GROPP, J.M. Plasma amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed intact protein or a crystalline amino acid diet. **Aquaculture** v.151, p.15-28, 1997.
- SMALL, B.C.; SOARES JR., J.H. Estimating of quantitative essential amino acid requirements of striped bass *Morone saxatilis*, using fillet A/E ratio. **Aquaculture Nutrition** v.4, p.225-232, 1998.
- STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; ROEM, A.J. Growth, uptake and retention of nitrogen and phosphorus, and absorption of other minerals in Atlantic salmon *Salmo salar* fed diets with fish meal and soy-protein concentrate as the main sources of protein. **Aquaculture Nutrition** vol.6, p.103-108, 2000.
- SUGIURA, S.H.; GABAUDAN, J.; DONG, F.M.; HARDY, R.W. Dietary microbial phytase supplementation and utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) fed soybean meal-based diets. **Aquaculture Research** v.32, p.583-592, 2001.
- SZABÓ, C.; JANSMAN, A.J.M.; BABINSZKY, L.; KANIS, E.; VERSTEGEN, M.W.A. Effect of dietary protein source and lysine:De ratio on growth performance, meat quality, and body composition of growing-finish pigs. **Journal of Animal Science** v.79, p.2857-2865, 2001.
- TANTIKITTI, C.; MARCH, B.E. Dynamics of plasma free amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under variety of dietary conditions. **Fish Physiology and Biochemistry** v.14, p.179-194, 1995.
- TANTIKITTI, C.; CHIMSUNG, N. Dietary lysine requirement of freshwater catfish (*Mystus nemurus* Cuv. & Val.) **Aquaculture Research** v.32, p.135-141, 2001 (Suppl. 1).
- TEIXERA, E.A.; RIBEIRO, L.P.; CREPALDI, D.V.; MELO, D.C.; SOUSA, A.B. 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 - MS. **Anais...** Campo Grande, 2004. CD-ROM. Aquicultura. AQUA 022.
- TWIBELL, R.G.; GRIFFIN, M.E.; MARTIN, B.; PRICE, J.; BROWN, P.B. Predicting dietary essential amino acid requirements for hybrid striped bass. **Aquaculture Nutrition** vol.9, p.373-381, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Normas para redação de teses.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 2p.

- VALÉRIO, S.R.; OLIVEIRA, R.F.M; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; APOLÔNIO, L.R.; RESENDE, W.O. Níveis de lisina digestível em rações, em que se manteve ou não a relação aminoacídica, para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, mantidos em estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.32, n.2, p.372-382, 2003.
- WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.427-447.
- WILSON, R.P.; POE, W.E. Relationship of whole body and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Comparative Biochemistry and Physiology** v.80B, n.2, p.385-388, 1985.
- WINFREE, R.A.; STICKNEY, R.R. Started diets for channel catfish: effects of dietary protein on growth and carcass composition. **The Progressive Fish-Culturist**, v.46, n.2, p.79-86, 1984.
- WIESEMÜLLER, W. Physiological basis of the protein requirements of pigs. Critical analysis of allowances. In: **Protein metabolism and nutrition** – International symposium. Clermont-Ferrand: INRA, 1983, p. 405-431.
- WU, Y.V.; ROSATI, R.R.; BROWN, P.B. Effect of lysine on growth of tilapia fed diets rich in corn gluten meal. **Cereal Chem.** v.75, n.6, p.771-774, 1998.
- YAMAMOTO, T.; SHIMA, T.; FURUITA, H.; SHIRAISHI, M.; SÁNCHEZ-VÁSQUEZ, F.J.; TABATA, M. Self-selection of diets with different amino acid profiles by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** v.187, p.375-386, 2000.
- YAMAMOTO, T.; SUGITA, T.; FURUITA, H. Essential amino acid supplementation to fish meal-based diets with low protein to energy ratios improves the protein utilization in juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture** v.246, n.1-4, p.379-391, 2005.
- 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.
- ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T; PAYNE, M. Effects of feeding frequency and rate of stomach evacuation on utilization of dietary free and protein-bound lysine for growth by channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture Nutrition** v.5, p.17-22, 1999.

Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia do Nilo

RESUMO - Objetivando-se avaliar o efeito da redução da proteína bruta (PB) da ração com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, 396 alevinos revertidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $0,80 \pm 0,17$ g, foram utilizados em um experimento com delineamento de blocos ao acaso, composto por seis tratamentos (32,0; 31,0; 30,0; 29,0; 28,0; e 27,0% de PB), sendo rações isoenergéticas e isolisínicas digestíveis, mantendo-se as relações mínimas dos demais aminoácidos com a lisina constantes; seis blocos por tratamento e onze peixes por unidade experimental. Os peixes foram mantidos em 36 aquários de 130 litros dotados de abastecimento de água, temperatura controlada e aeração individuais; e alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias durante 40 dias. Avaliaram-se os parâmetros de desempenho, a composição corporal, a deposição de proteína e gordura corporais e a eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. A redução do teor de PB da ração não afetou o ganho de peso, a taxa de crescimento específico, o consumo de ração, o consumo de lisina digestível, o teor de proteína corporal, as taxas de deposição de gordura e de proteína e eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. Os peixes alimentados com rações com 27,0% de PB apresentaram pior conversão alimentar, eficiência de lisina para ganho, consumo de nitrogênio e umidade corporal e maiores eficiência protéica para ganho e gordura corporal. Concluiu-se que o nível de PB da ração para alevinos de tilápia do Nilo pode ser reduzido em quatro pontos percentuais (de 32,0 para 28,0%), sem prejudicar o desempenho dos animais, desde que as rações sejam devidamente suplementadas com aminoácidos essenciais limitantes.

Palavras-chave: aminoácidos sintéticos, lisina digestível, *Oreochromis niloticus*, proteína ideal

Crude protein reduction with amino acids supplementation, based on ideal protein concept, in diets for Nile tilapia fingerlings

ABSTRACT - The current study was aimed at evaluate the effect of the reduction of crude protein (CP) of the diet with amino acids supplementation, based on the ideal protein concept. Three hundred and ninety six reverted Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), thailand line (0.80 ± 0.17 g initial weight), were allotted among the experimental randomized blocks design, with six treatments (32.0; 31.0; 30.0; 29.0; 28.0; and 27.0% of CP), all of then were isoenergetic and digestible isolysinic; six blocks by treatment and eleven fishes for experimental unit. The fishes were maintained in 36 aquariums of 130 liters supplied with single-pass flow-through water and aeration, controlled temperature and they were fed *ad libitum* six daily meals during 40 days. Performance parameters, corporal composition, corporal protein and fat deposition and the nitrogen retention efficiency of the fishes were evaluated. The level of CP reduction did not affect weight gain, specific growth rate, feed intake, digestible lysine intake, body protein, protein and fat deposition rate and nitrogen retention efficiency of fishes. However, the fishes fed 27.0% CP diet showed lower feed:gain ratio, lysine efficiency for growth, nitrogen intake and humidity body and higher proteic efficiency for growth and fat body. It was concluded that the CP level for Nile tilapia fingerlings can be reduced four percentage points (32.0 to 28.0%) with no negative effect on performance since rations are supplemented with limiting essential amino acids.

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

Introdução

Um dos grandes desafios da piscicultura é conciliar a obtenção de alta produtividade com menor descarga de resíduos no ambiente aquático, principalmente de nitrogênio e fósforo, nas criações intensivas que dependem exclusivamente de rações balanceadas (Furuya, 2001; Furuya et al., 2001; Sugiura, et al., 2001; Furuya et al., 2005; Lanna et al., 2005).

A tilápia do Nilo caracteriza-se por ser de baixo nível trófico (onívora) e por ter boa aceitação no mercado consumidor. Tem se destacado na aquicultura mundial por apresentar crescimento rápido, rusticidade, capacidade de adaptar-se em diferentes condições climáticas, carne de ótima qualidade, e por não apresentarem espinhos na forma de "Y" no seu filé. Além disso, pesquisas têm demonstrado que esta espécie tolera altos níveis de carboidratos, o que favorece a utilização de fontes protéicas alternativas à farinha de peixe (Furuya et al., 2000; Furuya et al., 2001; Boscolo et al., 2002a; Boscolo et al., 2002b; Furuya et al., 2005).

Como as rações formuladas para atender as exigências dietéticas em proteína bruta para esta espécie normalmente contêm elevados níveis de aminoácidos não limitantes (dispensáveis e indispensáveis), o teor de nitrogênio excretado no meio tem sido elevado. Diminuir a concentração de proteína da ração, concomitantemente com suplementação de aminoácidos limitantes, pode ser uma estratégia para redução do teor de nitrogênio excretado no meio ambiente sem prejuízos no desenvolvimento e desempenho dos peixes (Rollin et al., 2003; Boisen, 2003; Furuya et al., 2005; Yamamoto et al., 2005; Lanna et al., 2005).

Há evidências, contudo, de que a utilização excessiva de aminoácidos sintéticos nas rações de baixo teor protéico pode não garantir a mesma eficiência de utilização em

relação aos aminoácidos oriundos de proteína intacta (NRC, 1993; Cowey, 1994; El-Husseiny et al., 2002; Dabrowski & Guderley, 2002; Dabrowski et al., 2003).

A utilização da fração nitrogenada das rações com níveis excessivos de aminoácidos livres pode estar relacionada à maior capacidade de lixiviação no ambiente aquático, maior taxa de evacuação estomacal e rápida absorção em relação aos aminoácidos oriundos da “proteína intacta” do alimento, acarretando um desequilíbrio (desbalanço) no pool de aminoácidos e/ou em quantidades incompatíveis à capacidade/velocidade de síntese protéica nos tecidos especializados. Conseqüentemente, os valores de exigência em aminoácidos obtidos em estudos de dose-resposta que normalmente utilizam elevados níveis de aminoácidos sintéticos podem ficar superestimados, principalmente quando os animais são alimentados com menos freqüência (Schuhmacher et al., 1997; Zorate & Lovell, 1997; Barroso et al., 1999; Zorate et al., 1999; Dabrowski et al., 2003).

Por outro lado, apesar da carência de informações disponíveis, há evidências de que a inclusão de níveis moderados de aminoácidos sintéticos nas rações pode não afetar o desempenho tanto quanto a eficiência alimentar dos peixes (Yamamoto et al., 2005; Furuya et al., 2005).

Assim, verifica-se a necessidade de avaliar os efeitos da redução da proteína bruta com a suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro e dezembro de 2004, no Laboratório de Nutrição de Peixes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no município de Viçosa, Minas Gerais, com duração do período experimental estipulado em 40 dias.

Foram utilizados 396 alevinos revertidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $0,80 \pm 0,17$ g, em um experimento com delineamento em blocos ao acaso, composto por seis tratamentos, seis blocos por tratamento e onze peixes por unidade experimental. Para a formação dos blocos, levou-se em consideração o peso médio inicial dos peixes.

Os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais (32,0; 31,0; 30,0; 29,0; 28,0; e 27,0% de proteína bruta) isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas, com a mesma proporção entre as fontes protéicas. As rações foram formuladas para atender as exigências nutricionais mínimas sugeridas pelo NRC (1993), exceto para a lisina digestível. O nível de lisina digestível usado foi de 1,50%, conforme estabelecido por Jackson & Capper (1982) e para que as rações fossem isolisínicas digestíveis, a lisina sintética (L-lisina-HCl) foi adicionada às rações. Os demais aminoácidos foram suplementados às rações para que suas relações com a lisina digestível não ficassem inferiores de 63,0% para metionina mais cistina digestíveis, 74,0% para treonina digestível e 20,0% para triptofano digestível, calculadas a partir dos valores de exigência contidos no NRC (1993).

As composições percentuais e químicas das dietas experimentais encontram-se apresentadas na Tabela 1.

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

Table 1 – Percentage and chemical composition of the experimental diets (as fed)

Ingredientes (%) <i>Ingredients (%)</i>	Nível de proteína bruta (%) <i>Crude protein level (%)</i>					
	32,0	31,0	30,0	29,0	28,0	27,0
Farelo de soja (<i>Soybean meal</i>)	53,72	51,83	49,95	48,06	46,18	44,29
Milho (<i>Corn</i>)	31,06	29,97	28,87	27,78	26,68	25,59
Glúten de milho 60 (<i>Corn gluten 60</i>)	8,12	7,83	7,55	7,26	6,98	6,69
Óleo de soja (<i>Soybean oil</i>)	2,04	2,19	2,33	2,48	2,62	2,77
Amido de milho (<i>Corn starch</i>)	1,00	3,95	6,88	9,83	12,76	15,71
L-Lisina-HCl (<i>L-lysine-HCl</i>) – 78,4%	0,00	0,07	0,14	0,20	0,27	0,34
DL-Metionina (<i>DL-methionine</i>) – 99%	0,01	0,04	0,08	0,11	0,15	0,18
L-Treonina (<i>L-threonine</i>) – 98,5%	0,00	0,04	0,08	0,13	0,17	0,21
Calcário calcítico (<i>Limestone</i>)	0,08	0,06	0,05	0,03	0,02	0,00
Fosfato bicálcico (<i>Dicalcium phosphate</i>)	2,90	2,95	3,00	3,05	3,10	3,15
Vitamina C (<i>Vitamin C</i>) ³	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Suplemento vitamínico e mineral ⁴ <i>Vitaminic and mineral mix</i>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal comum (<i>Salt</i>)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
BHT (Antioxidante) (<i>Antioxidant</i>)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total (Total)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada (Calculated composition)¹						
Proteína bruta (<i>Crude protein</i>) (%)	32,00	31,00	30,00	29,00	28,00	27,00
Energia digestível (Kcal/kg) ² <i>Digestible energy (Kcal/kg)</i>	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Ácido linoléico (<i>Linoleic acid</i>) (%)	2,21	2,25	2,29	2,33	2,37	2,41
Cálcio total (<i>Total calcium</i>) (%)	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
Fósforo disponível (%) ² <i>Available phosphorus (%)</i>	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Lisina digestível (%) ² <i>Digestible lysine (%)</i>	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Met. + Cist. Digestível (%) ² <i>Digestible met. + cys. (%)</i>	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Treonina digestível (%) ² <i>Digestible threonine (%)</i>	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
Triptofano digestível (%) ² <i>Digestible tryptophan (%)</i>	0,36	0,35	0,34	0,32	0,31	0,30
Isoleucina digestível (%) ² <i>Digestible isoleucine (%)</i>	1,26	1,22	1,17	1,13	1,08	1,04

¹ Composição calculada segundo Rostagno et al. (2000) (*composition according to Rostagno et al., 2000 tables*).

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

Estimated values based on the coefficients of digestibility of ingredient amino acids, phosphorus according to Rostagno et al., (2000) tables, and energy according to Boscolo et al. (2002c), and Pezzato et al. (2002).

³ Vit. C: sal cálcico 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo (*Vitamin C: calcic salt, 2-monophosphate of ascorbic acid-42% active principle*).

⁴ Composição por quilograma do produto (*Composition per kilogram of product*): 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; ác. Fólico (*folic acid*), 1.200 mg; pantotenato de Ca (*panthotenic acid*), 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina (*biotin*), 48 mg; cloreto de colina (*cholin*), 108 g; niacina (*niacin*), 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.

Os alevinos foram mantidos em 36 aquários de polietileno, com capacidade volumétrica de 150 litros e volume útil de 130 litros, dotados de sistemas individuais de

aeração, abastecimento de água e escoamento de fundo dispostos em sistema de recirculação e renovação mínima de água de 25,0% por dia.

A água de abastecimento dos aquários foi proveniente do sistema de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa – UFV, previamente declorada 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 7:30 e 17:30 horas, com o 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, por intermédio de um potenciômetro e oxímetro.

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

As rações experimentais foram peletizadas e fornecidas diariamente, em seis refeições (8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 horas), sendo que, em cada refeição, as rações foram fornecidas em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, a fim de possibilitar a ingestão máxima, sem perdas, até a aparente saciedade, minimizando a possibilidade de lixiviações.

Foi realizada a limpeza dos aquários, duas vezes por dia, para retirada das fezes por sifonagem, e isto foi realizado após as leituras da temperatura da água.

Foram avaliados os seguintes índices zootécnicos: ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, consumo de ração, consumo de lisina digestível, consumo de nitrogênio, conversão alimentar, eficiência protéica para ganho, eficiência de lisina para ganho, deposição diária de proteína e gordura corporais, composição química corporal (teores de umidade, proteína e gordura corporais) e eficiência de retenção de nitrogênio.

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

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

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

80 peixes foram sacrificados, após terem sido anestesiados, no início do experimento e oito, de forma idêntica e com pesos mais próximos ao peso médio da respectiva unidade, ao final do experimento 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 de gordura corporais foram calculadas pela diferença da proteína ou gordura corporal final e inicial, respectivamente, em mg, dividido pelo período experimental (dias).

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

As análises estatísticas foram realizadas valendo-se do programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, desenvolvido na UFV (1997).

Os dados foram analisados por meio de análise de variância ao nível de cinco por cento de probabilidade e, no caso de diferença estatística, para a comparação das

médias obtidas pelos peixes alimentados com rações de menor teor protéico em relação aos peixes do tratamento com maior teor de PB, foi utilizado o teste de Dunnett.

Resultados e Discussão

O sistema de abastecimento de água e de aeração possibilitou o controle da temperatura e da aeração uniformes, durante o período experimental. Foram obtidos os valores de $28,0 \pm 0,83^{\circ}\text{C}$ para temperatura da água, de $6,6 \pm 0,14$ para o pH e de $6,4 \pm 0,40$ ppm para o oxigênio dissolvido. Estes valores encontram-se dentro da faixa recomendada para a criação desta espécie, segundo Kubitzka (2000).

Os resultados médios dos parâmetros de desempenho estão apresentados na Tabela 2.

A redução do teor de proteína bruta (PB) da ração não influenciou ($P>0,05$) o ganho de peso, a taxa de crescimento específico, o consumo de ração, o consumo de lisina digestível e a taxa de sobrevivência dos peixes, apesar da redução numérica observada no ganho de peso, na taxa de crescimento específico e no consumo de ração dos peixes alimentados com o nível inferior de proteína bruta (27,0%) em relação aos valores obtidos com a ração testemunha.

Uma vez que as rações foram isolisínicas e isoenergéticas, a ausência de efeito significativo no consumo de ração implicou numa diminuição no consumo de nitrogênio e numa elevação da eficiência protéica para ganho, a medida em que os níveis de PB da ração foram reduzidos. Observou-se que, a redução do teor de PB das rações para 28,0 e 27,0% proporcionou peixes com menores ($P<0,01$) consumos de nitrogênio e maiores ($P<0,01$) eficiências protéicas para ganho em relação aos alimentados com a ração

contendo 32,0% de PB, sendo que os alimentados com os níveis de 31,0; 30,0 e 29,0% de PB apresentaram valores similares à ração testemunha.

Tabela 2 – Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo em função do teor protéico da ração

Table 2 – Performance of Nile tilapia fingerlings, in function of diet crude protein level

Parâmetro <i>Parameter</i>	Nível de proteína bruta (%) <i>Crude protein level (%)</i>						CV (VC) (%)
	32,0	31,0	30,0	29,0	28,0	27,0	
Peso inicial (g) <i>Initial weight (g)</i>	0,79	0,80	0,79	0,80	0,80	0,81	1,85
Ganho de peso (g) <i>Weight gain (g)</i>	15,52	14,63	14,91	14,72	14,50	13,31	10,69
Taxa de crescimento específico (%/dia) <i>Specific growth rate (%/day)</i>	7,58	7,41	7,50	7,41	7,36	7,26	3,81
Taxa de sobrevivência (%) <i>Survival rate (%)</i>	89,39	95,46	93,94	98,49	90,91	96,97	6,41
Consumo de ração (g) <i>Feed intake (g)</i>	16,92	15,87	16,78	16,40	16,67	15,46	8,87
Consumo de lisina digestível (mg) <i>Lysine digestible intake (mg)</i>	254	238	252	246	249	232	8,87
Consumo de nitrogênio (mg) <i>Nitrogen intake (mg)</i>	866	787	805	761	745 *	668 *	8,69
Conversão alimentar (g/g) <i>Feed/gain ratio (g/g)</i>	1,09	1,09	1,13	1,12	1,16	1,18 *	3,26
Eficiência protéica para ganho (g/g) <i>Protein efficiency for growth (g/g)</i>	2,86	2,97	2,96	3,08 *	3,09 *	3,15 *	3,21
Eficiência de lisina para ganho (g/g) <i>Lysine efficiency for growth (g/g)</i>	61,08	61,37	59,11	59,48	57,69	56,75 *	3,18

CV – coeficiente de variação (VC – coefficient of variation)

* Média na mesma linha que difere ($P < 0,05$) da ração testemunha pelo teste de Dunnett.

Mean, in the same line differ ($P < 0,05$) from the control ration by Dunnett test.

A taxas de crescimento de 7,3% ao dia obtidas pelos peixes alimentados com 27,0% de PB apresentaram valores similares às aquelas de 7,8% ao dia observadas por Lanna et al. (2005) e inferiores às aquelas de 8,7% ao dia observados por Furuya et al. (2000). Porém, superiores aos valores variáveis entre 3,2 a 5,5% ao dia observados por Boscolo et al. (2002a), Hisano et al. (2003), Furuya et al. (2005), Boscolo et al. (2006) e Furuya et al. (2006) com tilápias da mesma linhagem e mesma categoria de peso.

Estes resultados demonstram que, apesar do surgimento de peixes acometidos de micoses de pele (desafio sanitário), que resultou em uma mortalidade média de 5,8%, o manejo utilizado neste 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, segundo Furuya et al. (2000), foram suficientes para potencializar o desempenho dos animais.

Efeitos similares de desempenho obtidas com rações de baixo teor protéico suplementadas com aminoácidos livres também foi demonstrado em trutas por Yamamoto et al. (2005) e em tilápias por Furuya et al. (2005) e com suínos por Ferreira et al. (2003) e por Orlando et al. (2005). Por outro lado, Li & Robinson (1998), avaliando os efeitos da redução protéica de 32,0 a 24,0% com ou sem suplementação de lisina e/ou metionina sintéticos para bagres do canal (*Ictalurus punctatus*) não observaram melhora no desempenho daqueles animais, o que, provavelmente, deve ter ocorrido em função da deficiência de outro (s) aminoácido (s) limitante (s).

As maiores eficiências protéicas para ganho com a redução do teor de PB, cujos valores foram similares àqueles obtidos por Furuya et al. (2005), porém superiores àqueles citados por Furuya et al. (2000), Boscolo et al. (2001a), Hisano et al. (2003), Boscolo et al. (2006) e Furuya et al. (2006), podem ser atribuídas à redução dos aminoácidos excedentes às exigências do animal que, provavelmente, não contribuiriam para a formação de tecido magro e seriam catabolizados.

Estes resultados corroboram a teoria de que os peixes, assim como suínos e aves, não possuem exigência em proteína, mas sim dependem de um adequado balanceamento entre aminoácidos dispensáveis e indispensáveis para seus processos de manutenção e produção (Boisen et al., 2000; Boisen, 2003; Orlando et al., 2005; Furuya et al., 2005; Yamamoto et al., 2005).

Com relação aos demais parâmetros de desempenho, observou-se que apenas os peixes alimentados com a ração contendo 27,0% de PB apresentaram pior ($P < 0,01$)

conversão alimentar e eficiência de lisina digestível para ganho em relação aos alimentados com a ração testemunha (32,0% de PB).

A piora na conversão alimentar e na eficiência de utilização de lisina para ganho de peixes alimentados com rações que tiveram seu teor protéico reduzido e suplementadas com aminoácidos sintéticos tem sido atribuídas, segundo alguns autores: a limitada eficiência na utilização de rações suplementadas com níveis excedentes de aminoácidos sintéticos; a possibilidade de ter havido lixiviação dos aminoácidos no ambiente aquático; ou o desbalanceamento do perfil aminoacídico ideal dietético (Schuhmacher et al., 1997; Zorate & Lovell, 1997; Zorate et al., 1999; Dabrowski et al., 2003; Lanna et al., 2005).

Têm-se observado que os aminoácidos sintéticos apresentam maiores velocidades de evacuação estomacal e absorção em relação aos aminoácidos oriundos da proteína “intacta”, podendo resultar numa elevação excessiva e precoce nas concentrações plasmáticas desses aminoácidos nos sítios de síntese protéica, aumentando seu catabolismo e isto pode resultar em desequilíbrio no pool de aminoácidos exigidos para a síntese protéica, com conseqüências a utilização dos demais aminoácidos (Tantikitti & March, 1995; Schuhmacher et al., 1997; Zorate & Lovell, 1997; Zorate et al., 1999; Aoki et al., 2001).

Por outro lado, estes problemas podem ser minimizados quando se utilizam níveis moderados de aminoácidos (El-Husseiny et al., 2002), intervalos mais curtos de alimentação (mínimo de quatro vezes/dia), o que pode estabilizar concentração plasmática dos aminoácidos e compatibilizar a capacidade/velocidade de síntese protéica pelos tecidos especializados, maximizando a utilização da fração nitrogenada (Tantikitti & March, 1995; Zorate et al., 1999; Barroso et al., 1999; Rodehutsord et al, 2000; Lanna, et al., 2005).

Nesta pesquisa, como o alimento foi peletizado e fornecido seis vezes ao dia, em quantidades pequenas e em repasses sucessivos para garantir a rápida e completa ingestão das rações, e não foram observadas sobras significativas durante os repasses em cada horário de alimentação, é pouco provável que tenha ocorrido lixiviação de aminoácidos sintéticos e/ou imbalances nos sítios de síntese protéica em quantidades significativas que pudessem comprometer a conversão alimentar e a eficiência de utilização de lisina dos peixes alimentados com a ração com 27,0% de PB. Além disso, apesar de não terem sido utilizados aditivos com características aglutinantes, o amido do milho pode também ter contribuído para reduzir a lixiviação dos aminoácidos, em função dele apresentar características de aglutinante (Cantelmo et al., 1999).

A redução nos valores de conversão alimentar e da eficiência de lisina para ganho pode ter sido em função da relação triptofano:lisina digestível usada, que foi de 20% (relação mínima estabelecida pelo NRC, 1993). Esta relação pode ter sido subestimada, ou a exigência de triptofano dos animais ter sido aumentada, em função da maior ativação do sistema imune frente ao desafio sanitário, acarretado pela incidência de micoses detectadas em alguns exemplares, uma vez que a relação dos demais aminoácidos na ração com 27,0% de PB foram iguais à da ração testemunha (metionina mais cistina e treonina) ou superiores à relação mínima estabelecida no NRC (1993).

Com relação ao desafio sanitário, tem-se constatado redução significativa nas concentrações plasmáticas de triptofano em suínos acometidos de diferentes doenças ou estados inflamatórios, sugerindo com isso aumento da exigência desse aminoácido para síntese de proteínas de fase aguda durante a estimulação do sistema imune (Melchior et al., 2004; Machado & Fontes, 2005). Assim, nestes casos, fica evidenciada a necessidade de uma elevação da relação triptofano:lisina para atender essa demanda e

isto pode ter sido a causa dos piores resultados obtidos pelos peixes com a ração de menor teor protéico.

Os resultados médios da composição corporal, da deposição diária de proteína e gordura corporais, e da eficiência de retenção de nitrogênio estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição corporal, deposições de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo em função do teor protéico da ração

Table 3 – Corporal composition, corporal protein and fat deposition and nitrogen retention efficiency of Nile tilapia fingerlings, in function of diet crude protein level

Parâmetro <i>Parameter</i>	Nível de proteína bruta (%) <i>Crude protein level (%)</i>							CV (VC) (%)
	Inicial <i>Initial</i>	32,0	31,0	30,0	29,0	28,0	27,0	
Umidade corporal (%) ¹ <i>Corporal humidity (%)</i>	79,09	75,92	75,20	74,83	74,96	75,02	74,52 *	0,94
Gordura corporal (%) ¹ <i>Corporal fat (%)</i>	5,60	7,94	8,67	9,18 *	9,09 *	9,08 *	9,36 *	7,90
Proteína corporal (%) ¹ <i>Corporal protein (%)</i>	11,33	12,72	12,62	12,29	12,20	12,11	12,52	3,62
Deposição de gordura corporal (mg/dia) <i>Fat deposition (mg/day)</i>	–	30,84	31,97	34,82	34,59	33,71	31,66	15,62
Deposição protéica (mg/dia) <i>Protein deposition (mg/day)</i>	–	50,10	46,34	46,22	45,13	44,15	42,11	11,59
Eficiência de retenção de nitrogênio (%) <i>Nitrogen retention efficiency (%)</i>	–	36,64	37,71	36,42	37,75	37,66	39,72	4,82

CV– coeficiente de variação (VC – coefficient of variation)

* Média na mesma linha difere (P<0,05) da ração testemunha pelo teste de Dunnett.

Mean, in the same line, differ (P<0,05) from the control ration by Dunnett test.

¹ Matéria natural (*Natural matter*)

Verificou-se que a redução do teor protéico da ração não influenciou (P>0,05) no teor de proteína corporal dos peixes, porém os peixes alimentados com rações contendo 27,0% de proteína bruta apresentaram menores (P<0,05) teores de umidade corporal em relação aos alimentados com ração contendo 32,0% de PB, sendo que, os alimentados com os demais níveis protéicos apresentaram valores similares (P>0,05) à ração testemunha.

Com relação ao teor de gordura corporal, observou-se que, com exceção dos peixes alimentados com as rações contendo 31,0% de proteína bruta, a redução do teor de PB proporcionou peixes com maiores ($P < 0,05$) teores de gordura corporal em relação aos alimentados com a ração testemunha.

O menor teor de gordura corporal dos peixes alimentados com a ração de maior nível protéico (menor relação ED:PB), em relação aos alimentados com as rações de menor teor protéico, também foi observada em trutas por Yamamoto et al. (2005), podendo, em ambos os casos, estes teores estarem relacionados à maior quantidade de aminoácidos excedentes para serem catabolizados (Dabrowski & Guderley, 2002), o que pode ter proporcionado um maior incremento calórico e resultado em menor fração excedente de energia líquida para ser depositada na forma de gordura corporal (Bureau et al., 2000; Noblet, 2001).

Com relação às deposições de gordura e de proteína corporal diária, e a eficiência de retenção de nitrogênio não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

Embora os peixes alimentados com as rações contendo níveis menores de proteína bruta tenham apresentado maior teor de gordura corporal, seus menores ganhos de peso, em valores absolutos, parecem ter influenciado no fato de não terem sido detectadas diferenças significativas na deposição de gordura corporal entre os tratamentos. Contudo, pode-se observar que os peixes alimentados com os níveis inferiores de PB apresentaram menores deposições de proteína corporal, em valores absolutos, em relação aos alimentados com níveis maiores de PB, e que a falta de uma diferença estatística para essa variável pode ter sido em função do elevado coeficiente de variação.

Com relação à eficiência de retenção de nitrogênio, esperava-se que houvesse uma melhora dessa variável nos peixes alimentados com as rações de inferiores níveis protéicos, similar ao obtido em outras pesquisas com tilápias (Furuya et al., 2005) e trutas arco-íris (Yamamoto et al., 2005). Entretanto, como no cálculo desta variável também leva em consideração o consumo de ração, a pior conversão alimentar obtida por estes peixes pode justificar o fato de não terem sido detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Há de se destacar que a redução do teor de PB com suplementação aminoacídica, desde que não excessiva, constitui uma estratégia alimentar eficaz na redução da excreção de nitrogênio para o ambiente sem afetar significativamente o ganho de peso (Ferreira et al., 2003; Orlando et al., 2005; Furuya et al., 2005; Yamamoto et al., 2005), uma vez que aumenta a utilização protéica para ganho de peso por reduzir os níveis excedentes dos aminoácidos não limitantes das rações.

Conclusões

O nível de proteína bruta da ração para alevinos de tilápia do Nilo pode ser reduzido em quatro pontos percentuais (de 32 para 28%), sem prejudicar o desempenho dos animais, desde que as rações sejam devidamente suplementadas com aminoácidos essenciais limitantes.

Literatura Citada

- AOKI, H.; AKIMOTO, A.; WATANABE, T. Periodical changes of plasma free amino acid levels and feed digesta in yellowtail after feeding non-fish meal diets with or without supplemental crystalline amino acids. **Fisheries Science** v.67, p.614–618, 2001.
- BARROSO, J.B.; PERAGÓN, J.; GARCÍA-SALGUERO, L.; de la HIGUERA, M.; LUPIÁÑEZ, J.A. Variations in the kinetic behavior of the NADPH-production systems in different tissues of the trout when fed on an amino-acid-based diet at different frequencies. **The International Journal of biochemistry & Cell Biology** v.31, p.277-290, 1999.
- 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: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.157-168.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e crescimento **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, n.2, p.539-545, 2002a.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Farinha de varredura de mandioca (*Manihot esculenta*) na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, n.2, p.546-551, 2002b.
- 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, 2002c.
- BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; SIGNOR, A.A.; BARD, J.J.; ISHIDA, F.A. Energia digestível para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.629-633, 2006.
- BUREAU, B.P.; AZEVEDO, P.A.; TAPIA-SALAZAR, M.; CUZON, G. Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera- Cerecedo, R., (Eds.). **Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, Mexico.
- CANTELMO, O.A.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; RIBEIRO, M.A.R. Influência de diferentes aglutinantes na digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína, no pacu (*Piaractus mesopotamicus*) arraçoado com rações elaboradas sem ou com vapor. **Acta Scientiarum** v.21, n.2, p.277-282, 1999.
- COWEY, C.B. Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. **Aquaculture** v.124, p.1-11, 1994.

- DABROWSKI, K. & GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E. & HARDY, R.W. (Ed.) **Fish nutrition**. 3. ed. Washington: Academic Press, 2002. p.309-365.
- DABROWSKI, K.; LEE, K.; RINCHARD, J. The smallest vertebrate, teleost fish, can utilize synthetic dipeptide-based diets. **Journal Nutrition** 133, p.4225-4229, 2003.
- EL-HUSSEINY, O.M.; GODA, A.M.A.S.; SULOMA, A.M. Utilization of amino acids in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. 1 – Utilization efficiency of synthetic amino acid by Nile tilapia fry. **Vet. Med. J. Giza** v. 50, n.1, p. 47-59, 2002.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; LOPES, D.C.; ORLANDO, U.A.D.; RESENDE, W.O.; VAZ, R.G.M.V. Redução da proteína bruta da ração para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1639-1646, 2003.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M.S. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.26, n.6, p.1912-1917, 2000 (Suplemento 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: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 2000. 69p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 2000.
- FURUYA, W.M. Alimentos ambientalmente corretos para piscicultura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. CD-ROM. Palestras. Semi 35.
- FURUYA, W.N.; GONÇALVES, S.G.; FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C. Fitase na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.30, n.3, p.924-929, 2001 (Suplemento 1).
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G.; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SALES, P.J.P. 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.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SAKAGUTI, E.S. Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.937-942, 2006 (supl.).
- HISANO, H.; GONÇALVES, G.S.; ZUANON, J.A.S.; FREIRE, E.S.; FERRARI, J.E.C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do glúten de milho em rações para alevinos de tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum** v.22, n.2 p.255-260, 2003.
- 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.; CECON, P.R.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; FREITAS, A.S.; JÚNIOR, F.I.A. Freqüência 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, 2005. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\194.htm2.
- LI, M.H; ROBINSON, E.H. Effects of supplemental lysine and methionine in low protein diets on weight gain and body composition of young channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture** v.163, p.297–307, 1998.
- 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., Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2005. p.293-314.
- MELCHIOR, D.; SÈVE, B.; LE FLOC'H, N. Chronic lung inflammation affects plasma amino acid concentrations in pigs. **Journal of Animal Science** v.82, p.1091-1099, 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish**. Washington: 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-PR **Anais...** Foz do Iguaçu: 2001. p.2-17.
- ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; SILVA, F.C.O.; GENEROSO, R.A.R.; VAZ, R.G.M.V.; SIQUEIRA, J.C. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitões mantidas em ambiente de conforto térmico dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.134-141, 2005.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.K.; FURUYA, W.N.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** vol..31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- RODEHUTSCORD, M.; BORCHERT, F.; GREGUS, K., PACK, M.; PFEFFER, E. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. 1. Effect of dietary crude protein level. **Aquaculture** v.187, p.163–176, 2000.
- 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**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141p.
- SCHUHMACHER, A.; WAX, C.; GROPP, J.M. Plasma amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed intact protein or a crystalline amino acid diet. **Aquaculture** v.151, p.15-28, 1997.
- SILVA, D.J; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

- SUGIURA, S.H.; GABAUDAN, J.; DONG, F.M.; HARDY, R.W. Dietary microbial phytase supplementation and utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) fed soybean meal-based diets. **Aquaculture Research** v.32, p.583-592, 2001.
- TANTIKITTI, C.; MARCH, B.E. Dynamics of plasma free amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under variety of dietary conditions. **Fish. Physiol. Biochem.** v.14, p.179-194, 1995.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG** . Viçosa, MG: 1997 (Versão 8.0).
- YAMAMOTO, T.; SUGITA, T.; FURUITA, H. Essential amino acid supplementation to fish meal-based diets with low protein to energy ratios improves the protein utilization in juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture** v.246, n.1-4, p.379-391, 2005.
- 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.
- ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T; PAYNE, M. Effects of feeding frequency and rate of stomach evacuation on utilization of dietary free and protein-bound lysine for growth by channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture Nutrition** v.5, p.17-22, 1999.

Exigência de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia do Nilo

RESUMO - Objetivando-se avaliar o efeito dos níveis de metionina mais cistina digestível, com base no conceito de proteína ideal, em dietas contendo níveis sub-ótimos de lisina digestível (1,40%), foram utilizados 396 alevinos revertidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $0,86 \pm 0,02$ g, em delineamento inteiramente ao acaso, composto por seis tratamentos, seis repetições por tratamento e onze peixes por unidade experimental. Os tratamentos constaram de cinco dietas de diferentes relações met. + cis.:lisina digestível (59,5; 63,5; 67,5; 71,5 e 75,5%) e relação treonina: lisina digestível de 80,0%; e uma dieta contendo uma relação met. + cis.:lisina digestível de 75,5% e treonina:lisina digestível de 85,0%, todas isoenergéticas e isoprotéicas. Os peixes foram mantidos em 36 aquários de 130 litros dotados de abastecimento de água, temperatura controlada e aeração individuais; e alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias durante 40 dias. Avaliou-se os parâmetros de desempenho, a composição corporal, a deposição de proteína e gordura corporais e a eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. A elevação da relação metionina mais cistina:lisina da dieta não influenciou nas variáveis avaliadas, com exceção dos teores de gordura e umidade corporais, cujos efeitos foram quadráticos aumentando e diminuindo até a relação estimada de 67,0 e 66,7%, respectivamente. Contudo, a elevação da relação treonina:lisina digestível nas dietas com relações metionina mais cistina:lisina digestível de 75,5% proporcionou peixes com melhores conversão alimentar, eficiência de retenção de nitrogênio e eficiência de proteína e lisina para ganho. Concluiu-se que o nível de aminoácidos sulfurados total ou digestível de 0,91 e 0,86%, que correspondem a uma relação metionina mais cistina:lisina total e digestível de 57,2 e 59,5%, respectivamente, foi o que proporcionou os melhores resultados de desempenho e características de carcaça de alevinos de tilápia do Nilo.

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

Methionine plus cystine requirement, based on ideal protein concept, in diets for Nile tilapia fingerlings

ABSTRACT - The current study was aimed at investigating the effect of methionine plus cystine:lysine levels, based on the ideal protein concept, in diets with deficient levels of digestible lysine (1.40%). Three hundred and ninety six reverted Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), thailand line, with a average initial weight $0,86 \pm 0,02$ g, were allotted at a completely randomized design, with six treatments, six replications by treatment and eleven fishes for experimental unit. The treatments had consisted of five diets with different ratios of digestible methionine + cystine:lysine (59.5; 63.5; 67.5; 71.5 and 75.5%) and digestible threonine:lysine ratio of 80.0%; and one diet with the digestible methionine plus cystine:lysine ratio of 75,5% and threonine: digestible lysine ratio of 85.0%, all of then were isoenergetic and isoproteic. The fishes were maintained in 36 aquariums of 130 liters with individual water supply, controlled temperature and aeration; and fed *ad libitum* six daily meals during 40 days. Performance parameters, corporal composition, corporal protein and fat deposition and nitrogen retention efficiency were evaluated. The increase of the dietary digestible methionine plus cystine:lysine ratio did not affect the studied parameters, except the body fat and humidity content, of which the effect was quadratic, with quadratic maximal and minimum at 67.0 and 66.7%, respectively. However, the increase of the dietary digestible threonine:lysine ratio in diets with digestible methionine + cystine:lysine ratio of 75.5% improved the feed conversation ratio, the nitrogen retention efficiency and protein and lysine efficiency for growth. It was concluded that the total or digestible dietary sulfur amino acid level of 0.91 and 0.86%, that correspond to a total and digestible methionine plus cystine:lysine ratio of 57.2 and 59.5%, respectively, provided the best results of performance and carcass characteristics of Nile tilapia fingerlings.

Key Words: synthetic amino acids, digestible amino acid, digestible methionine plus cystine:lysine ratio, initial phase, proteic nutrition, *Oreochromis niloticus*

Introdução

As exigências protéicas para tilápia do Nilo têm sido pesquisadas com rações formuladas com base em proteína bruta (El-Sayed & Teshima, 1992; Siddiqui et al., 1988; El-Dahhar & Lovell, 1995; Furuya et al., 1996; Furuya et al., 2000), entretanto os valores encontrados podem não estar atendendo as necessidades nutricionais dos peixes em relação aos aminoácidos, uma vez que os peixes, assim como suínos e aves, não possuem exigência de proteína, mas sim têm necessidade de aminoácidos dispensáveis e indispensáveis (Boisen et al., 2000; Rollin et al., 2003; Wilson, 2003; Pezzato et al., 2004; Bomfim, et al., 2005).

O conceito de proteína ideal tem sido aplicado em estudos visando-se a determinação da exigência de aminoácidos em rações para peixes (Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Pezzato et al., 2004; Bomfim et al., 2005; Furuya et al., 2005). O conceito de proteína ideal é aquele em que se estabelece que os aminoácidos indispensáveis sejam expressos em relação a um aminoácido de referência (a lisina). O princípio do conceito é o de que, embora as exigências quantitativas dos aminoácidos possam ser influenciadas por diversos fatores, as proporções entre eles permanecem constantes (Parsons & Baker, 1994; Boisen et al., 2000; Green & Hardy, 2002; Boisen, 2003; Pezzato et al., 2004).

Uma forma que tem sido usada para determinação do perfil protéico ideal em rações para peixes é o padrão aminoacídico corporal, também chamada de relação A/E corporal, definido como sendo o conteúdo do aminoácido indispensável pelo conteúdo total dos aminoácidos indispensáveis, incluindo cistina e tirosina (Akiyama, et al., 1997; Wilson, 2003, Twibell et al., 2003; Portz & Cyrino, 2003; Rollin et al., 2003). Entretanto, em pesquisas recentes realizadas com trutas arco-íris (Rudehutschord et al.,

1997; Green & Hardy, 2002) e com salmão do Atlântico (Rollin et al., 2003) ficou demonstrado que, de forma semelhante ao observado com aves e suínos (Boisen et al., 2000; Boisen, 2003; Rostagno et al., 2005), o uso do padrão aminoacídico corporal como base para o padrão aminoacídico dietético pode não ser o indicativo do padrão ideal protéico, uma vez que a proporção dos aminoácidos utilizada para os processos de crescimento difere da proporção utilizada para os processos de manutenção.

Em função disto, outros pesquisadores como Rudehutsord et al. (1997), Hauler & Carter (2001), Fournier et al. (2002), Green & Hardy (2002), Rollin et al. (2003) e Boisen (2003) recomendaram que a estimativa do perfil aminoacídico dietético ideal para peixes e outros monogástricos seja realizada através dos ensaios de dose-resposta, em que os níveis de lisina podem ser fixados em valores considerados sub-ótimos (Boisen, 2003) a fim de se determinar com precisão a relação aminoácido:lisina.

A importância da determinação da exigência dietética de aminoácidos sulfurados se deve em função da metionina ser o primeiro aminoácido limitando em rações para peixes à base de milho e farelo de soja (principal fonte protéica alternativa à farinha de peixe) e apresentar disponibilidade na forma sintética, possibilitando a formulação de rações baixos teores protéicos nutricionalmente completas (Polat, 1999; Furuya, 2001; Furuya et al., 2001a; Furuya et al., 2001b; Goff & Gatlin III, 2004).

As informações sobre as exigências dietéticas de metionina mais cistina para tilápia do Nilo tem sido expressas em valores totais e não levam em consideração o conceito de proteína ideal (relação metionina mais cistina:lisina) (Jackson & Capper, 1982; Santiago & Lovell, 1988; Furuya et al., 2001b; Furuya et al., 2004), com exceção da pesquisa desenvolvida por Furuya et al. (2001a).

Além disso, a possibilidade do nível de lisina digestível estar acima das exigências dietéticas (Furuya et al., 2001a; Furuya et al., 2006) e da utilização de

valores de exigência dietética de lisina e metionina mais cistina obtidos em experimentos distintos (Santiago e Lovell, 1988; NRC, 1993), pode resultar em imprecisões na estimativa da relação metionina mais cistina:lisina, em função da possibilidade de outro aminoácido, que não a lisina, estar limitante e/ou das diferentes taxas de crescimento e eficiência alimentar dos peixes obtidos nos diferentes experimentos (Dabrowski & Guderley, 2002; Boisen, 2003).

Assim, justifica-se a necessidade de determinar as exigências de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de março e abril de 2005, no Laboratório de Nutrição de Peixes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no município de Viçosa, Minas Gerais, com duração do período experimental estipulado em 40 dias.

Foram utilizados 396 alevinos revertidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $0,86 \pm 0,02$ g, em um experimento com delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, seis repetições por tratamento e onze peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de uma ração basal suplementada com cinco níveis de DL-metionina - 99%, resultando em cinco rações experimentais contendo diferentes relações metionina mais cistina: lisina digestível (59,5; 63,5; 67,5; 71,5 e 75,5%). O teor de lisina digestível utilizado nas rações foi fixado em 1,40%, abaixo do

preconizado pelo NRC (1993); e a relação treonina:lisina digestível em 80,0%. A relação dos demais aminoácidos:lisina foram mantidas no mínimo seis pontos acima daquelas estimadas a partir dos valores de exigência contidos no NRC (1993).

Adicionalmente, foi utilizado um tratamento constituído de uma ração contendo a maior relação metionina mais cistina:lisina digestível testada (75,5%), porém com uma relação treonina:lisina digestível de 85,0%. 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 efetuadas às custas do ácido glutâmico, amido e óleo.

As composições percentuais e químicas das dietas experimentais encontram-se apresentadas na Tabela 1.

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

A água de abastecimento dos aquários foi proveniente do sistema de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa – UFV, previamente declorada 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 7:30 e 17:30 horas, com o 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, por intermédio de um potenciômetro e oxímetro.

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

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

Table 1 – Percentage and chemical composition of the experimental diets (as fed)

Ingredientes (%) <i>Ingredients (%)</i>	Relação metionina mais cistina:lisina digestível (%) <i>Digestible methionine plus cystine:lysine ratio (%)</i>					
	59,5	63,5	67,5	71,5	75,5	75,5
Farelo de soja (<i>Soybean meal</i>)	51,262	51,262	51,262	51,262	51,262	51,262
Milho (<i>Corn meal</i>)	31,042	31,042	31,042	31,042	31,042	31,042
Glúten de milho 60 (<i>Corn gluten 60</i>)	4,782	4,782	4,782	4,782	4,782	4,782
Óleo de soja (<i>Soybean oil</i>)	2,782	2,763	2,743	2,724	2,704	2,703
Amido de milho (<i>Corn starch</i>)	5,461	5,479	5,497	5,516	5,535	5,554
L-Treonina (<i>L-threonine</i>) – 98,5%	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,205
DL-Metionina (<i>DL-methionine</i>) – 99%	0,000	0,057	0,115	0,172	0,229	0,229
L-Triptofano (<i>L-tryptophan</i>) – 99%	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039
Ác. Glutâmico (<i>Glutamic acid</i>) – 99%	0,320	0,264	0,208	0,151	0,095	0,000
Fosfato bicálcico (<i>Dicalcium phosphate</i>)	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114
Vitamina C (<i>Vitamin C</i>) ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico e mineral ⁵ <i>Vitaminic and mineral mix</i>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal comum (<i>Salt</i>)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
BHT (<i>Antioxidante</i>) (<i>Antioxidant</i>)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Total (Total)	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada (Calculated composition)¹						
Proteína bruta (<i>Crude protein</i>) (%)	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00
Energia digestível (Kcal/kg) ² <i>Digestible energy (Kcal/kg)</i>	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Ácido linoléico (<i>Linoleic acid</i>) (%)	2,50	2,49	2,48	2,47	2,46	2,46
Cálcio total (<i>Total calcium</i>) (%)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Fósforo disponível (%) ² <i>Available phosphorus (%)</i>	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Lisina total (<i>total lysine</i>) (%)	1,541	1,541	1,541	1,541	1,541	1,541
Lisina digestível (%) ² <i>Digestible lysine (%)</i>	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
Met. + Cist. total (%) <i>Total met. + cys.(%)</i>	0,881	0,938	0,994	1,051	1,107	1,107
Met. + Cist. digestível (%) ² <i>Digestible met. + cys. (%)</i>	0,833	0,889	0,945	1,001	1,057	1,057
Treonina digestível (%) ² <i>Digestible threonine (%)</i>	1,120	1,120	1,120	1,120	1,120	1,190
Triptofano digestível (%) ² <i>Digestible tryptophan (%)</i>	0,364	0,364	0,364	0,364	0,364	0,364
Isoleucina digestível (%) ² <i>Digestible isoleucine (%)</i>	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131
Relação met.+ cist.:lisina dig.(%) <i>Digestible met. + cys.:lysine ratio (%)</i>	59,5	63,5	67,5	71,5	75,5	75,5
Relação treonina:lisina dig. (%) <i>Digestible threonine:lysine ratio (%)</i>	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	85,0

¹ Composição calculada segundo Rostagno et al. (2005) (*composition according to Rostagno et al., 2005 tables*).

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).

Estimated values based on the coefficients of digestibility of ingredient amino acids, phosphorus according to Rostagno et al., (2005) tables, and energy according to Boscolo et al. (2002), and Pezzato et al. (2002).

³ Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo (*Vitamin C: calcic salt, 2-monophosphate of ascorbic acid-42% active principle*).

⁴ Composição por quilograma do produto (*Composition per kilogram of product*): 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; ác. Fólico (*folic acid*), 1.200 mg; pantotenato de Ca (*panthotenic acid*), 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina (*biotin*), 48 mg; cloreto de colina (*cholin*), 108 g; niacina (*niacin*), 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.

As rações experimentais foram peletizadas e fornecidas diariamente, em seis refeições (8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 horas), sendo que, em cada refeição, as rações foram fornecidas em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, a fim de possibilitar a ingestão máxima, sem perdas, até a aparente saciedade, minimizando a possibilidade de lixiviações.

Foi realizada a limpeza dos aquários, duas vezes por dia, para retirada das fezes por sifonagem, e isto foi realizado após as leituras da temperatura da água.

Foram avaliados os seguintes índices zootécnicos: ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, consumo de ração, conversão alimentar, eficiência protéica para ganho, eficiência de lisina para ganho, taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais, composição química corporal (teores de umidade, proteína e gordura corporais) e eficiência de retenção de nitrogênio.

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

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

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

80 peixes foram sacrificados, após terem sido anestesiados, no início do experimento e oito, de forma idêntica e com pesos mais próximos ao peso médio da respectiva unidade, ao final do experimento 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 da proteína ou gordura corporal final e inicial, respectivamente, em mg, dividido pelo período experimental (dias).

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

As análises estatísticas foram realizadas valendo-se do programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, desenvolvido na UFV (1997).

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância ao nível de cinco por cento de probabilidade. Os efeitos das relações de treonina:lisina foram comparados usando o teste F. Os efeitos das relações de metionina mais cistina:lisina foram analisados mediante o uso dos 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 de aeração possibilitou o controle da temperatura e da aeração uniformes, durante o período experimental. Foram obtidos os valores de $28,7 \pm 0,86^{\circ}\text{C}$ para temperatura da água, de $6,7 \pm 0,15$ para o pH e de $6,2 \pm$

0,40 ppm para o oxigênio dissolvido. Estes valores encontram-se dentro da faixa recomendada para a criação desta espécie, segundo Furuya (2000) e Kubitzka (2000).

Os resultados médios dos parâmetros de desempenho estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo em função da relação metionina mais cistina:lisina digestível da ração

Table 2 – Performance of Nile tilapia fingerlings in function of diet digestible methionine plus cystine:lysine ratio

Parâmetro <i>Parameter</i>	Relação metionina mais cistina:lisina digestível (%) <i>Digestible methionine plus cystine:lysine ratio (%)</i>						CV (VC) (%)
	59,5	63,5	67,5	71,5	75,5	75,5 ¹	
Peso inicial (g) <i>Initial weight (g)</i>	0,86	0,85	0,87	0,86	0,85	0,87	2,49
Ganho de peso (g) <i>Weight gain (g)</i>	14,57	13,49	14,36	13,59	12,63	15,93	19,80
Taxa de crescimento específico (%/dia) <i>Specific growth rate (%/day)</i>	7,20	7,05	7,11	7,01	6,88	7,36	6,39
Taxa de sobrevivência (%) <i>Survival rate (%)</i>	90,91	83,33	78,79	84,85	89,39	90,91	13,63
Consumo de ração (g) <i>Feed intake (g)</i>	16,85	16,23	16,91	16,45	15,51	18,05	16,34
Conversão alimentar (g/g) <i>Feed/gain ratio (g/g)</i>	1,16	1,21	1,18	1,23	1,23 ^a	1,14 ^b	6,53
Eficiência protéica para ganho (g/g) <i>Protein efficiency for growth (g/g)</i>	2,97	2,86	2,92	2,82	2,80 ^b	3,04 ^a	6,32
Eficiência de lisina para ganho (g/g) <i>Lysine efficiency for growth (g/g)</i>	61,45	59,26	60,49	58,39	58,09 ^b	63,04 ^a	6,32

CV – coeficiente de variação (VC – coefficient of variation)

¹ Relação treonina:lisina digestível de 85% (*digestible threonine:lysine ratio of 85%*)

Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem (P<0,05) pelo teste F.

Means, in the same line, followed by different letters differ (P<0,05), by F test.

A elevação da relação metionina mais cistina:lisina da ração não influenciou os parâmetros de desempenho e eficiência alimentar (P>0,05) dos peixes. Contudo, observou-se uma redução, em valores absolutos, da maioria das variáveis para os peixes alimentados com a ração contendo a maior relação metionina mais cistina:lisina testada (75,5%), indicando que a partir da relação 71,5%, os níveis excedentes de aminoácidos sulfurados podem ser prejudiciais ao desempenho dos peixes.

As taxas de crescimento de 6,9% ao dia obtidas pelos peixes alimentados com a ração contendo a relação metionina mais cistina de 75,5% foram inferiores àquelas de

8,7 e 7,8% ao dia observadas por Furuya et al. (2000) e por Lanna et al. (2005), respectivamente, porém superiores aos valores variáveis entre 1,7 a 5,5% ao dia observados em estudos similares a esse por Jackson & Capper (1982), Santiago & Lovell, (1988), Polat (1999), Kasper et al. (2000), Furuya et al (2001a), Furuya et al (2001b) e Furuya et al. (2004) com tilápias da mesma categoria de peso (dados calculados).

As taxas de crescimento obtidas pelos peixes indicam que o manejo utilizado neste 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, segundo Furuya et al. (2000), foram suficientes para potencializar o desempenho dos animais.

Apesar do aumento nos valores de conversão alimentar obtida pelos peixes alimentados com a ração de maior relação metionina mais cistina:lisina digestível, o melhor balanceamento aminoacídico ocasionado pela redução dos aminoácidos em níveis excedentes às exigências do animal que, provavelmente, não contribuiriam para a formação de tecido magro e seriam catabolizados, podem ter refletido nas maiores eficiências protéicas para ganho em relação aos valores obtidos pela maioria dos trabalhos de referência (Jackson & Capper, 1982; Santiago & Lovell, 1988; Furuya et al., 2000; Furuya et al., 2001a; Furuya et al., 2001b; Furuya et al., 2004).

Efeitos similares de desempenho e de eficiência de utilização protéica para ganho obtidas com rações de baixo teor protéico suplementadas com aminoácidos livres também foi demonstrado em tilápias por Lanna et al (2005), Furuya et al. (2005) e por Bomfim et al. (2005).

Com base nesses resultados, a relação aminoácidos sulfurosos:lisina digestível de 59,5%, que corresponde a respectivos níveis de metionina mais cistina total e digestível

corrigidos de 0,91 e 0,86%, considerando uma exigência de lisina total e digestível de 1,59 e 1,44% (NRC, 1993; Furuya et al., 2006) e o coeficiente de digestibilidade médio de 92,2 e 94,6% para a lisina e metionina mais cistina, respectivamente, das fontes protéicas (Furuya, 2000), parecem suprir as exigências dietéticas desses aminoácidos.

Esse valor, em aminoácido total, foi superior àquele de 0,50% obtidos por Kasper et al. (2000), similar àqueles de 0,90 e 0,85% obtidos por Santiago & Lovell (1988) e Furuya et al. (2001b), respectivamente, contudo inferiores àqueles de 1,27% obtido por Jackson & Capper (1982), de 1,38% obtido por Polat (1999), de 1,10% obtido por Furuya et al. (2001a) e de 1,22% obtido por Furuya et al. (2004).

A comparação dos resultados com base em aminoácidos totais se deve ao fato de que em praticamente todos os trabalhos de referência cujo objetivo foi determinar a exigência dietética dos aminoácidos sulfurados foi utilizada essa unidade de expressão, com exceção da pesquisa conduzida por Furuya et al. (2001a).

Contudo, deve-se levar em consideração que a comparação de valores de exigência similares de determinado aminoácido na ração oriundos de experimentos distintos e/ou a determinação de relações aminoácido:lisina cujos experimentos não levem em consideração o conceito de proteína ideal, podem, em ambos os casos, resultar em confundimento na comparação dos resultados aparentemente similares.

Isto se deve em função das diferentes taxas de crescimento, eficiência alimentar e regime alimentar (alimentação à vontade ou restrita) dos peixes nos diferentes experimentos, dos teores protéico e energético das rações experimentais, da possibilidade de outro aminoácido, que não a lisina, estar limitante, e da grande variação dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos entre as diferentes fontes protéicas e também entre os aminoácidos para uma mesma fonte protéica (Cowey, 1994; Luzzana et al., 1998; Hauler & Carter, 2001; Dabrowski & Guderley, 2002; Rollin et al., 2003).

Por exemplo, se levarmos como base o valor da relação metionina mais cistina:lisina digestível obtido no estudo conduzido Furuya et al. (2001a), de 61,0%, poder-se-ia inferir que esse resultado seria similar ao obtido neste estudo (59,5%). Todavia, há a possibilidade do nível de lisina digestível utilizado nas rações experimentais (1,64%) estar acima das exigências dietéticas para a espécie estimadas recentemente por Furuya et al. (2006), de 1,44%, cuja relação ficaria estimada em 69,5% (dados calculados).

Quando a relação treonina:lisina foi elevada de 80,0% para 85,0%, nas rações contendo a relação metionina mais cistina:lisina de 75,5%, houve uma melhora ($P < 0,05$) na conversão alimentar e nas eficiências de utilização protéica e de lisina para ganho. Com relação às demais variáveis, apesar do maior valor numérico obtido para o ganho de peso, taxa de crescimento específico e consumo de ração dos peixes alimentados com a relação treonina:lisina de 85,0%, não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças estatísticas entre os tratamentos, provavelmente em função do coeficiente de variação obtido nessas variáveis.

Estes resultados indicam que, provavelmente, o nível de treonina digestível, de 1,12%, utilizado para determinação das relações metionina mais cistina:lisina, pode estar abaixo da exigência dietética da espécie, uma vez que a suplementação adicional de treonina digestível para o nível de 1,19% minimizou os efeitos negativos dos níveis excedentes de metionina mais cistina, melhorando o balanceamento da ração, podendo em parte explicar, o melhor desempenho dos peixes obtidos com essa ração.

Estes resultados corroboram as observações de Silva et al. (2006) que verificaram uma melhora linear no desempenho de tilápias do Nilo alimentadas com rações isolosínicas (1,40%) que continham níveis de crescentes de treonina total, cujo valor

mínimo estimado da relação treonina:lisina ficou em 96,0%, superior à relação utilizada neste estudo e à preconizada pelo NRC (1993).

Um fator que também pode ter contribuído para essa melhora se deve ao fato de que alguns peixes foram acometidos de micoses de pele, que resultou em uma mortalidade média de 13,64%. Como nessas situações há um aumento da produção de muco (mucina), para repor as perdas excessivas em função do desafio sanitário, e a treonina é o primeiro aminoácido limitante para a produção de mucina e imunoglobulinas, fica evidenciado que suas exigências dietéticas para uma resposta imune máxima podem ser maiores do que para obtenção de um crescimento otimizado, indicando que as condições sanitárias também podem influenciar as exigências nutricionais deste aminoácido (Li Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Obled, 2003; Ajinomoto, 2003; Machado & Fontes, 2005).

Os resultados médios da composição corporal, da deposição diária de proteína e de gordura corporais e da eficiência de retenção de nitrogênio estão apresentados na Tabela 3.

A variação da relação metionina mais cistina:lisina não influenciou ($P < 0,05$) no teor de proteína corporal, nas deposições de gordura e proteína corporais, e na eficiência de retenção de nitrogênio. Contudo, a elevação da relação metionina mais cistina:lisina digestível na ração influenciou ($P < 0,05$) de forma quadrática os teores de umidade e gordura corporais, que reduziu e elevou até o nível estimado de 66,74 e 66,95%, respectivamente, correspondendo a uma exigência estimada de aminoácido sulfurosos total e digestível de 1,02 e 0,96% (valores corrigidos).

Com relação às deposições diárias de gordura e de proteína corporais, e a eficiência de retenção de nitrogênio, não foi verificado efeito ($P > 0,05$) da elevação da relação metionina mais cistina:lisina da ração sobre essas variáveis.

Tabela 3 – Composição corporal, deposições de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo em função relação metionina mais cistina:lisina digestível da ração

Table 3 – Corporal composition, corporal protein and fat deposition and nitrogen retention efficiency of Nile tilapia fingerlings in function of diet digestible methionine plus cystine:lysine ratio

Parâmetro Parameter	Relação metionina mais cistina:lisina digestível <i>Digestible methionine plus cystine:lysine ratio</i> (%)							CV (VC) (%)
	Inicial Initial	59,5	63,5	67,5	71,5	75,5	75,5 ¹	
Umidade corporal (%) ^{2,3} <i>Corporal humidity (%)</i>	79,37	76,13	75,62	75,76	75,55	76,54	75,83	1,10
Gordura corporal (%) ^{2,4} <i>Corporal fat (%)</i>	6,16	6,41	6,95	6,93	6,81	6,29	6,68	9,49
Proteína corporal (%) ² <i>Corporal protein (%)</i>	10,52	12,64	12,84	12,70	13,01	12,86	12,62	3,62
Deposição de gordura corporal (mg/dia) <i>Corporal fat deposition (mg/day)</i>	–	23,49	23,72	25,46	23,12	19,85	26,89	25,03
Deposição protéica corporal (mg/dia) <i>Corporal protein deposition (mg/day)</i>	–	46,62	43,82	46,12	44,58	41,13	50,77	20,50
Eficiência de retenção de nitrogênio (%) <i>Nitrogen retention efficiency (%)</i>	–	37,89	37,15	37,47	37,06	36,48 ^b	38,66 ^a	5,59

CV – coeficiente de variação (VC – coefficient of variation)

¹ Relação treonina:lisina digestível de 85% (*digestible threonine:lysine ratio of 85%*)

² Matéria natural (*Natural matter*)

³ Efeito quadrático (*Quadratic effect*) ($P < 0,05$): $\hat{Y} = 128,30 - 1,5817X + 0,01185X^2$ ($R^2 = 0,82$);

⁴ Efeito quadrático (*Quadratic effect*) ($P < 0,05$): $\hat{Y} = -37,4255 + 1,3257X - 0,0099X^2$ ($R^2 = 0,97$);

Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem ($P < 0,05$) pelo teste F.

Means, in the same line, followed by different letters differ ($P < 0,05$), by F test.

Apesar da não variação estatística, a deposição de gordura corporal dos peixes alimentados com a ração contendo a relação metionina mais cistina:lisina de 67,5%, que corresponde a uma exigência dietética estimada de aminoácido sulfurosos total e digestível de 1,03 e 0,97% (valores corrigidos), foi 8,39% superior em relação aos alimentados com a ração contendo a relação 59,5%, demonstrando que pode ter ocorrido uma melhora na eficiência de retenção energética pelos peixes nesse nível de suplementação dietética, uma vez que não há diferenças numéricas relevantes que demonstrem uma redução compensatória na deposição protéica corporal (Bureau et al., 2000; Noblet, 2001).

Da mesma forma do ocorrido com os parâmetros de desempenho e eficiência alimentar, a elevação da relação treonina:lisina digestível de 80,0 para 85,0% nas rações contendo a relação metionina mais cistina:lisina digestível de 75,5% melhorou ($P < 0,05$)

a eficiência de retenção de nitrogênio, acompanhado também de melhora numérica, mas não significativa ($P>0,05$), na deposição de gordura e de proteína corporais, apesar de não ter influenciado ($P>0,05$) a composição corporal dos peixes.

Estes resultados reforçam as hipóteses de que o nível de treonina utilizado para determinação da relação aminoácidos sulfurosos:lisina pode estar limitando a utilização protéica, sendo que a suplementação adicional de treonina melhorou o balanceamento dietético, minimizando os níveis excedentes de metionina mais cistina e aumentando a eficiência de retenção de nitrogênio, refletindo, em geral, no melhor desempenho e eficiência alimentar dos peixes.

Considerando os resultados obtidos, a relação mais adequada para satisfazer as exigências dos aminoácidos sulfurosos em rações para a tilápia do Nilo é a de 59,5%, uma vez que não comprometeu o desempenho dos peixes e a deposição de proteína corporal.

Quando comparamos a relação obtida neste estudo (59,5%) com as estimadas com base no perfil aminoacídico corporal, verifica-se que foram superiores àquelas de 44,7% obtidas por Furuya (2000), de 45% obtidas por Portz & Cyrino (2003) e de 52,5% obtidas por Teixeira et al. (2004), porém inferior àquela de 67,9% obtida por Fagbenro (2000), demonstrando que, em geral, a utilização do perfil aminoacídico para determinação do padrão aminoacídico dietético pode subestimar as exigências dos aminoácidos sulfurosos, em função de serem aminoácidos utilizados em maior proporção para os processos de manutenção em relação à lisina (Rudehutsord et al., 1997; Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Boisen, 2003).

Torna-se necessário, todavia, a realização de mais estudos utilizando uma maior amplitude de níveis de metionina mais cistina, em rações com níveis de treonina que atendam as exigências nutricionais mínimas para a espécie, a fim de se estabelecer com

maior precisão a relação ideal aminoácidos sulfurosos:lisina em rações para esta espécie.

Conclusões

O nível de aminoácidos sulfurados total ou digestível de 0,91 e 0,86%, que correspondem a uma relação metionina mais cistina:lisina total e digestível de 57,2 e 59,5%, respectivamente, foi o que proporcionou os melhores resultados de desempenho e características de carcaça de alevinos de tilápia do Nilo.

Literatura Citada

- AJINOMOTO. Exigências de treonina para suínos - benefícios da suplementação de L-treonina. **Informativo técnico** – **10**, 2003, http://www.lisina.com.br/upload/bibliografia/IT_10_port.pdf (acesso em 23/03/2004).
- 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: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.157-168.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; QUADROS, M.; ASSIS, S.O. 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, 2005a. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\211.htm2.
- 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.; CUZON, G. Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera- Cerecedo, R., (Eds.). **Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, Mexico.
- COWEY, C.B. Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. **Aquaculture** v.124, p.1-11, 1994.
- DABROWSKI, K. & GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E. & HARDY, R.W. (Ed.) **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, Uniti de Nutrition et Metabolisme Proteique, 2000. p.1-24.
- EL-DAHAR, A.A.; LOVELL, R.T. Effect of protein to energy ratio in purified diets on growth performance, feed utilization and body composition of mossambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture Research**, v.26, p.451-457, 1995.

- EL-SAYED, A.M.; TESHIMA, S. Protein and energy of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. **Aquaculture**, v.103, p.55-63, 1992.
- FAGBENRO O.A. Validation of the essential amino acid requirements of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758), assessed by the ideal protein concept. In: **Proceedings of the Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture**, v.1, p.154-156, 2000. SRG, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B et al. Exigência de proteína para machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase juvenil. **Revista Unimar** v.18, n.2, p.307-319, 1996.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M.S. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.26, n.6, p.1912-1917, 2000 (Suplemento 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: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 2000. 69p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 2000.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; BOTARO, B.; SILVA, L.C.; NEVES, P.R. Exigências de metionina + cistina total e digestível para alevinos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), baseadas no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum** v.23, n.4, p.885-889, 2001a.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; BOTARO, D.; SILVA, L.C.; NEVES, P.R. Exigências de metionina + cistina pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, na fase inicial. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2001b. CD-ROM.
- FURUYA, W.M. Alimentos ambientalmente corretos para piscicultura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. CD-ROM. Palestras. Semi 35.
- FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; NEVES, P.R.; BOTARO, D.; HAYASHI, C.; SAKAGUTI, E.S.; FURUYA, V.R.B. Exigência de metionina + cistina para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural** v.34, n.6, p.1933-1937, 2004.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SALES, P.J.P. 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.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SAKAGUTI, E.S. Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.937-942, 2006 (supl.).
- FOURNIER, V.; GOUILLOU-CONSTANS, M.F.; MÉTAILLER, R.; VACHOT, C.; GUEDES, M.J.; TULLY, F.; OLIVIA-TELES, A.; TIBALDI, E.; KAUSHIK, S.J. Protein and arginine requirements for maintenance and nitrogen gain in four teleosts. **British Journal of Nutrition** v.87, p.459-469, 2002.

- GOFF, J.B.; GATLIN III, D.M. Evaluation of different sulfur amino acid compounds in the diet of red drum, *Sciaenops ocellatus*, and sparing value of cystine for methionine. **Aquaculture**, v.241, p.465-477, 2004.
- 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.
- KASPER, C.S.; WHITE, M.R.; BROWN, P.B. Choline is required by tilapia when methionine is not in excess. **Journal Nutrition** v.130, p.238-242, 2000.
- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285p.
- LANNA, E.A.T.; QUADROS, M.; BOMFIM, M.A.D.; CECON, P.R.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; FREITAS, A.S.; JÚNIOR, F.I.A. 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, 2005. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\194.htm2.
- Li DEFA, L.; CHANGTING, X.; SHYAN, Q.; JINHUI, Z.; JOHNSON, E.W.; THACKER, P.A. 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.
- LUZZANA, U.; HARDY, R.W.; HALVER, J.E. Dietary arginine requirement of fingerling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Aquaculture** v.163, p.137-150, 1998.
- 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., Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2005. p.293-314.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish**. Washington: 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-PR **Anais...** Foz do Iguaçu: 2001. p.2-17.
- OBLED, C. Necesidades de aminoácidos en 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, PR. **Anais...** Maringá, SBZ. 1994. P.119-128.

- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.K.; FURUYA, W.N.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** vol.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.C. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.) **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: tecArt, 2004. p.75-169.
- POLAT, A. The effects of methionine supplementation to soybean meal (SBM)-based diets on the growth and whole body-carcass chemical composition of tilapia (*T. zillii*). **Tr. J. of Zoology**, v.23, p.173-178, 1999.
- 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.
- RODEHUTSCORD, M.; BECKER, A.; PACK, M.; PFEFFER, E. 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.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: 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.
- SIDDIQUI, A.Q.; HOWLADER, M.S.; ADAM, A.A. Effects of dietary protein levels and protein utilization in fry and young Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.70, p.63-73, 1988.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D.; SANTOS, V.G.; SILVA T.C.; PINSETTA, P.J. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.4, p.1258-1264, 2006.
- TEIXERA, E.A.; RIBEIRO, L.P.; CREPALDI, D.V.; MELO, D.C.; SOUSA, A.B. 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 - MS. **Anais...** Campo Grande, 2004. CD-ROM. Aquicultura. AQUA 022.
- TWIBELL, R.G.; GRIFFIN, M.E.; MARTIN, B.; PRICE, J.; BROWN, P.B. Predicting dietary essential amino acid requirements for hybrid striped bass. **Aquaculture Nutrition** vol.9, p.373-381, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG** . Viçosa, MG: 1997 (Versão 8.0).

WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.427-447.

Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia do Nilo

RESUMO - Objetivando-se avaliar o efeito dos níveis de treonina digestível, com base no conceito de proteína ideal, em rações contendo níveis sub-ótimos de lisina digestível (1,35%), foram utilizados 432 alevinos revertidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $1,64 \pm 0,03$ g, em delineamento inteiramente ao acaso, composto por seis tratamentos, seis repetições por tratamento e onze peixes por unidade experimental. Os tratamentos constaram de cinco rações de diferentes relações treonina:lisina digestível (69,0; 74,0; 79,0; 84,0; e 89,0%) e relação metionina mais cistina: lisina digestível de 70,0%; e uma ração contendo uma relação treonina:lisina digestível de 84,0% e metionina mais cistina:lisina digestível de 75,0%, todas isoenergéticas e isoprotéicas. Os peixes foram mantidos em 36 aquários de 130 litros dotados de abastecimento de água, temperatura controlada e aeração individuais; e alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias durante 30 dias. Avaliou-se os parâmetros de desempenho, a composição corporal, a deposição de proteína e gordura corporais e a eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. A elevação da relação treonina:lisina na ração influenciou apenas no consumo de ração, teor de proteína corporal e na deposição de proteína corporal, elevando-os de forma linear. Contudo, a elevação da relação metionina mais cistina:lisina da dieta não influenciou nas variáveis avaliadas. Concluiu-se que o nível de treonina total ou digestível que proporcionou as melhores respostas em alevinos de tilápia do Nilo para os parâmetros de desempenho é de 1,11 e 0,99% e, para deposição de proteína corporal é de 1,43 e 1,28%, que correspondem a uma relação treonina:lisina total e digestível de 71,0 e 69,0% e de 90,0 e 89,0%, respectivamente.

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

Threonine requirement, based on ideal protein concept, in diets for Nile tilapia fingerlings

ABSTRACT - The current study was aimed at investigating the effect of digestible threonine levels, based on the ideal protein concept, in diets with deficient levels of digestible lysine (1.35%). Four hundred thirty two reverted Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), thailand line, with a average initial weight 1.64 ± 0.03 g, were allotted at a completely randomized design, with six treatments, six replications by treatment and eleven fishes for experimental unit. The treatments had consisted of five diets with different ratios of digestible threonine:lysine (69.0, 74.0, 79.0, 84.0 and 89.0%) and digestible methionine plus cystine:lysine ratio of 70.0%; and one diet with the digestible threonine:lysine ratio of 84.0% and digestible methionine plus cystine:lysine ratio of 75.0%, all of them were isoenergetic, isoproteic and digestible isolysinic (1.35%). The fishes were maintained in 36 aquariums of 130 liters supplied with single-pass flow-through water and aeration, controlled temperature and they were fed *ad libitum* six daily meals during 30 days. Performance, corporal composition, corporal protein and fat deposition and nitrogen retention efficiency of the fishes were evaluated. The increase of the dietary digestible threonine:lysine ratio affected just the feed intake, the body protein level and the daily protein deposition rates, that have increased linearly. However, the increase of the dietary digestible methionine plus cystine:lysine ratio did not affect the studied parameters. It was concluded that the dietary level of total or digestible threonine for the best results in Nile tilapia fingerlings for performance parameters is of 1.11 e 0.99% and, for corporal protein deposition is 1.43 and 1.28%, which correspond to a total and digestible threonine:lysine ratio of 71.0 and 69.0% and of 90.0 and 89.0%, respectively.

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

Introdução

A tilápia do Nilo caracteriza-se por ser de baixo nível trófico (onívora), por ter boa aceitação no mercado consumidor. Tem se destacado na aquicultura mundial por apresentar crescimento rápido, rusticidade, capacidade de adaptar-se em diferentes condições climáticas, carne de ótima qualidade, e por não apresentarem espinhos na forma de "Y" no seu filé. Além disso, pesquisas têm demonstrado que esta espécie tolera altos níveis de carboidratos, o que favorece a utilização de fontes protéicas alternativas à farinha de peixe (Boscolo et al., 2002a; Bomfim et al., 2005; Furuya et al., 2005; Silva et al., 2006; Furuya et al., 2006).

As exigências protéicas para esta espécie têm sido pesquisadas com rações formuladas com base em proteína bruta (El-Sayed & Teshima, 1992; Siddiqui et al., 1988; El-Dahhar & Lovell, 1995; Furuya et al., 1996; Furuya et al., 2000), entretanto os valores encontrados podem não estar atendendo as necessidades nutricionais dos peixes em relação aos aminoácidos, uma vez que os peixes, assim como suínos e aves, não possuem exigência de proteína, mas sim têm necessidade de aminoácidos dispensáveis e indispensáveis (Boisen et al., 2000; Rollin et al., 2003; Wilson, 2003; Pezzato et al., 2004; Bomfim, et al., 2005).

O conceito de proteína ideal tem sido aplicado em estudos visando-se a determinação da exigência de aminoácidos em rações para peixes (Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Pezzato et al., 2004; Bomfim et al., 2005; Furuya et al., 2005). Neste conceito é estabelecido que os aminoácidos indispensáveis sejam expressos em relação a um aminoácido de referência (a lisina), sendo baseado na hipótese de que embora as exigências quantitativas dos aminoácidos possam ser influenciadas por diversos fatores, as proporções entre eles permanecem 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 chamada de relação A/E corporal (conteúdo do aminoácido indispensável pelo conteúdo total dos aminoácidos indispensáveis, 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 realizadas com trutas arco-íris (Rudehutsord et al., 1997; Green & Hardy, 2002) e com salmão do Atlântico (Rollin et al., 2003) ficou demonstrado que o uso do padrão aminoacídico corporal pode não ser o indicativo do padrão ideal protéico, uma vez que a proporção dos aminoácidos utilizada para os processos de crescimento difere da proporção utilizada para os processos de manutenção.

Em função disto, a realização dos ensaios de dose-resposta têm sido recomendada por outros pesquisadores para estimativa do perfil aminoacídico ideal das rações para peixes e outros monogástricos (Rudehutsord et al., 1997; Hauler & Carter, 2001; Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Boisen, 2003), em que os níveis de lisina podem ser fixados em valores considerados sub-ótimos (Boisen, 2003) a fim de se determinar com precisão a relação aminoácido:lisina.

Além dos aminoácidos sulfurosos e a lisina, a treonina é usualmente um dos aminoácidos mais limitante em rações práticas para peixes. Adicionalmente, 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; Obled, 2003; Silva et al., 2006).

As informações sobre as exigências dietéticas de treonina para tilápia do Nilo, além da grande variabilidade, têm sido expressas em valores totais e não levam em consideração o conceito de proteína ideal (relação treonina:lisina) (Santiago & Lovell, 1988; Silva et al., 2004; Silva et al., 2006).

Além disso, a possibilidade da utilização de valores de exigência dietética de lisina e treonina obtidos em experimentos distintos (Santiago e Lovell, 1988; NRC, 1993) pode resultar em imprecisões na estimativa da relação treonina:lisina, em função da possibilidade de outro aminoácido, que não a lisina, estar limitante e/ou das diferentes taxas de crescimento e eficiência alimentar dos peixes obtidos nos diferentes experimentos (Dabrowski & Guderley, 2002; Boisen, 2003).

Assim, justifica-se a necessidade de determinar as exigências de treonina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de maio e junho de 2005, no Laboratório de Nutrição de Peixes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no município de Viçosa, Minas Gerais, com duração do período experimental estipulado em 30 dias.

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

Os tratamentos foram constituídos de uma ração basal suplementada com cinco níveis de L-Treonina 98,5%, resultando em cinco rações experimentais contendo diferentes 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 mais cistina:lisina digestível em 70%. A relação dos demais aminoácidos:lisina foram mantidas no mínimo seis pontos acima daquelas estimadas a partir dos valores de exigência contidos no NRC (1993).

Adicionalmente, foi utilizado um tratamento constituído de uma ração contendo a relação treonina:lisina digestível de 84%, porém com uma relação metionina mais 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 efetuadas às custas do ácido glutâmico, amido e óleo.

As composições percentuais e químicas das dietas experimentais encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Os alevinos foram mantidos em 36 aquários de polietileno, com capacidade volumétrica de 150 litros e volume útil de 130 litros, 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 foi proveniente do sistema de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa – UFV, previamente declorada e aquecida por resistências elétricas, com temperatura controlada por termostato.

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

Table 1 – Percentage and chemical composition of the experimental diets (as fed)

Ingredientes (%) <i>Ingredients (%)</i>	Relação treonina:lisina digestível (%) <i>Digestible threonine:lysine ratio (%)</i>					
	69,0	74,0	79,0	84,0	89,0	84,0
Farelo de soja (<i>Soybean meal</i>)	36,274	36,274	36,274	36,274	36,274	36,274
Milho (<i>Corn meal</i>)	41,662	41,662	41,662	41,662	41,662	41,662
Glúten de milho (<i>Corn gluten</i>)	12,457	12,457	12,457	12,457	12,457	12,457
Óleo de soja (<i>Soybean oil</i>)	1,447	1,448	1,448	1,449	1,449	1,447
Amido de milho (<i>Corn starch</i>)	3,054	3,075	3,096	3,118	3,140	3,119
L-Lisina HCl (<i>L-Lysine-HCl</i>) – 78,4%	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
L-Treonina (<i>L - threonine</i>) – 98,5%	0,000	0,070	0,140	0,209	0,279	0,210
DL-Metionina (<i>DL-methionine</i>) – 99%	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	0,162
L-Triptofano (<i>L-tryptophan</i>) – 99%	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
Ác. Glutâmico (<i>Glutamic acid</i>) – 99%	0,367	0,275	0,184	0,092	0,000	0,023
Fosfato bicálcico (<i>Dicalcium phosphate</i>)	3,193	3,193	3,193	3,193	3,193	3,193
Vitamina C (<i>Vitamin C</i>) ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico e mineral ⁴ <i>Vitaminic and mineral mix</i>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal comum (<i>Salt</i>)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
BHT (<i>Antioxidante</i>) (<i>Antioxidant</i>)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Total (<i>Total</i>)	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada (<i>Calculated composition</i>)¹						
Proteína bruta (<i>Crude protein</i>) (%)	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
Energia digestível (Kcal/kg) ² <i>Digestible energy (Kcal/kg)</i>	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Ácido linoléico (<i>Linoleic acid</i>) (%)	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	1,99
Cálcio total (<i>Total calcium</i>) (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Fósforo disponível (%) ² <i>Available phosphorus (%)</i>	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Lisina total (<i>Total lysine</i>) (%)	1,465	1,465	1,465	1,465	1,465	1,465
Lisina digestível (%) ² <i>Digestible lysine (%)</i>	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350
Treonina total (<i>Total threonine</i>) (%)	1,041	1,110	1,179	1,247	1,316	1,247
Treonina digestível (%) ² <i>Digestible threonine (%)</i>	0,931	0,999	1,066	1,134	1,201	1,134
Met. + Cist. digestível (%) ² <i>Digestible met. + cys. (%)</i>	0,945	0,945	0,945	0,945	0,945	1,012
Triptofano digestível (%) ² <i>Digestible tryptophan (%)</i>	0,351	0,351	0,351	0,351	0,351	0,351
Isoleucina digestível (%) ² <i>Digestible isoleucine (%)</i>	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020
Relação met.+ cist.:Lisina dig.(%) <i>Digestible met. + cys.:Lysine ratio (%)</i>	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	75,0
Relação treonina:Lisina dig. (%) <i>Digestible threonine:lysine ratio (%)</i>	69,0	74,0	79,0	84,0	89,0	84,0

¹ Composição calculada segundo Rostagno et al. (2005) (*composition according to Rostagno et al., 2005 tables*).

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. (2002b) e Pezzato et al. (2002).

Estimated values based on the coefficients of digestibility of ingredient amino acids, phosphorus according to Rostagno et al., (2005) tables, and energy according to Boscolo et al. (2002b), and Pezzato et al. (2002).

³ Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo (*Vitamin C: calcic salt, 2-monophosphate of ascorbic acid-42% active principle*).

⁴ Composição por quilograma do produto (*Composition per kilogram of product*): 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; ác. Fólico (*folic acid*), 1.200 mg; pantotenato de Ca (*panthotenic acid*), 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina (*biotin*), 48 mg; cloreto de colina (*cholin*), 108 g; niacina (*niacin*), 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.

A temperatura da água foi mantida em torno de 28°C e aferida diariamente, às 7:30 e 17:30 horas, com o 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, por intermédio de um potenciômetro e oxímetro.

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

As rações experimentais foram peletizadas e fornecidas diariamente, em seis refeições (8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 horas), sendo que, em cada refeição, as rações foram fornecidas em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, afim de possibilitar a ingestão máxima, sem perdas, até a aparente saciedade, minimizando a possibilidade de lixiviações.

Foi realizada a limpeza dos aquários, duas vezes por dia, para retirada das fezes por sifonagem, e isto foi realizado após as leituras da temperatura da água,.

Foram avaliados os seguintes índices zootécnicos: ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, consumo de ração, conversão alimentar, eficiência protéica para ganho, eficiência de lisina para ganho, taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais, composição química corporal (teores de umidade, proteína e gordura corporais) e eficiência de retenção de nitrogênio.

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

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

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.

80 peixes foram sacrificados, após terem sido anestesiados, no início do experimento e oito, de forma idêntica e com pesos mais próximos ao peso médio da respectiva unidade, ao final do experimento 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 da proteína ou de gordura corporal final e inicial, respectivamente, em mg, dividido pelo período experimental (dias).

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

As análises estatísticas foram realizadas valendo-se do programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, desenvolvido na UFV (1997).

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância ao nível de cinco por cento de probabilidade. Os efeitos das relações de metionina mais cistina:lisina foram comparados usando o teste F. Os efeitos das relações de treonina:lisina foram analisados mediante o uso dos 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 de aeração possibilitou o controle da temperatura e da aeração uniformes, 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 $6,54 \pm 0,28$ ppm para o oxigênio dissolvido. Estes valores encontram-se dentro da faixa recomendada para a criação desta espécie, segundo Furuya (2000) e Kubitza (2000).

Os resultados médios dos parâmetros de desempenho estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo em função da relação treonina:lisina digestível da ração

Table 2 – Performance of Nile tilapia fingerlings in function of digestible threonine:lysine ratio

Parâmetro <i>Parameter</i>	Relação treonina:lisina digestível (%) <i>Digestible threonine:lysine ratio (%)</i>						CV (VC) (%)
	69,0	74,0	79,0	84,0	89,0	84,0 ¹	
Peso inicial (g) <i>Initial weight (g)</i>	1,64	1,64	1,64	1,63	1,66	1,63	1,50
Ganho de peso (g) <i>Weight gain (g)</i>	18,94	19,16	18,82	19,07	19,93	18,18	4,15
Taxa de crescimento específico (%/dia) <i>Specific growth rate (%/day)</i>	8,44	8,47	8,41	8,47	8,54	8,33	1,53
Taxa de sobrevivência (%) <i>Survival rate (%)</i>	98,61	100,00	100,00	98,61	100,00	100,00	1,97
Consumo de ração (g) ² <i>Feed intake (g)</i>	23,32	23,34	23,17	24,17	24,17	23,48	3,94
Conversão alimentar (g/g) <i>Feed/gain ratio (g/g)</i>	1,23	1,22	1,23	1,27	1,21	1,29	4,29
Eficiência protéica para ganho (g/g) <i>Protein efficiency for growth (g/g)</i>	2,91	2,94	2,90	2,82	2,95	2,77	4,41
Eficiência de lisina para ganho (g/g) <i>Lysine efficiency for growth (g/g)</i>	60,27	60,91	60,19	58,49	61,11	57,34	4,41

CV – coeficiente de variação (VC – coefficient of variation)

¹ Relação met + cis :lisina digestível de 75% (digestible met + cys:lysine ratio of 75%)

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

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) da elevação da relação treonina:lisina da ração sobre os parâmetros de desempenho e eficiência alimentar dos peixes, com exceção do consumo de ração, que aumentou ($P < 0,05$) de forma linear. Além disso, nenhuma dessas variáveis foi afetada ($P < 0,05$) com a elevação da relação metionina mais cistina:lisina de 70,0% para 75,0% nas rações contendo a relação treonina:lisina de 84,0%, indicando que a relação aminoácidos sulfurosos:lisina de 70,0% não proporcionou níveis limitantes desses aminoácidos nas rações experimentais.

A taxa média de crescimento de 8,5% ao dia, obtida pelos peixes, assemelha-se àquela de 8,7% ao dia observadas por Furuya et al. (2000), foram superiores àquelas de 7,8 e 7,5% ao dia observadas por Lanna et al. (2005) e Bomfim et al. (2005) nas mesmas condições experimentais, e àquela de 5,7% ao dia obtidos por Santiago & Lovell (1988), com animais de mesma categoria e peso, e àquelas de 3,1 e 2,0% ao dia obtidos por Silva et al. (2004) e Silva et al. (2006), respectivamente, ambos com animais na fase de crescimento.

As taxas de crescimento obtidas pelos peixes indicam que as condições sanitárias, o manejo utilizado neste 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, segundo Furuya et al. (2000), foram suficientes para potencializar o desempenho dos animais.

Além disso, o melhor balanceamento aminoacídico ocasionado pela redução dos aminoácidos em níveis excedentes às exigências do animal nas rações que, provavelmente, não contribuiriam para a formação de tecido magro e seriam catabolizados, podem ter refletido nos maiores valores obtidos para a eficiência protéica para ganho em relação aos obtidos por Furuya et al. (2000), Silva et al. (2004), Silva et al. (2006).

Efeitos similares de desempenho e de eficiência de utilização protéica para ganho obtidas com rações de baixo teor protéico suplementadas com aminoácidos livres também foi demonstrado em tilápias por Lanna et al (2005), Furuya et al. (2005) e por Bomfim et al. (2005).

Com base nesses resultados, a relação treonina:lisina de 69,0%, que corresponde a respectivos níveis de treonina total e digestível de 1,11 e 0,99%, considerando uma exigência de lisina total e digestível de 1,59 e 1,44% (NRC, 1993; Furuya et al., 2006) e o coeficiente de digestibilidade médio de 92,2 e 89,4% para a lisina e treonina, respectivamente, das fontes protéicas (Furuya, 2000), parecem 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 àquele 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.

A comparação dos resultados com base em aminoácidos totais se deve ao fato de que nos trabalhos de referência cujo objetivo foi de determinar a exigência dietética de treonina foi utilizada essa unidade de expressão (Santiago e Lovell, 1988; Silva et al., 2004; Silva et al., 2006).

Um fator que pode ter contribuído para a similaridade observada para a maioria dos parâmetros de desempenho e eficiência alimentar obtidos pelos peixes seria a falta de um desafio sanitário e/ou condições estressantes, cujas condições implicariam em uma elevação das exigências de treonina. Como nessas situações há uma perda excessiva de muco (mucina) pelos peixes, acarretando num aumento da sua produção, e a treonina é o primeiro aminoácido limitante para a produção de mucina como também de imunoglobulinas, suas exigências dietéticas para uma resposta imune máxima podem

ser maiores do que para obtenção de um crescimento otimizado (Li Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Obled, 2003; Ajinomoto, 2003; Machado & Fontes, 2005).

Os resultados médios da composição corporal, das deposições diárias de proteína e de gordura corporais e da eficiência de retenção de nitrogênio estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição corporal, deposições diárias de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo em função relação treonina:lisina digestível da ração

Table 3 – Corporal composition, corporal protein and fat deposition and nitrogen retention efficiency of Nile tilapia fingerlings in function of digestible threonine:lysine ratio

Parâmetro <i>Parameter</i>	Relação treonina:lisina digestível (%) <i>Digestible threonine:lysine ratio (%)</i>							CV (VC) (%)
	Inicial <i>Initial</i>	69,0	74,0	79,0	84,0	89,0	84,0 ¹	
Umidade corporal (%) ² <i>Corporal humidity (%)</i>	81,68	76,23	76,46	76,21	76,28	76,91	76,87	1,12
Gordura corporal (%) ² <i>Corporal fat (%)</i>	5,46	5,98	5,91	5,33	6,04	5,68	5,66	10,50
Proteína corporal (%) ^{2,3} <i>Corporal protein (%)</i>	12,49	13,54	13,62	13,99	13,91	14,20	14,01	2,42
Deposição de gordura corporal (mg/dia) <i>Corporal fat deposition (mg/day)</i>	–	38,11	37,89	33,29	38,68	37,83	34,44	11,59
Deposição de proteína corporal (mg/dia) ⁴ <i>Corporal protein deposition (mg/day)</i>	–	86,03	87,64	88,56	89,17	95,32	85,75	4,84
Eficiência de retenção de nitrogênio (%) <i>Nitrogen retention efficiency (%)</i>	–	39,58	40,26	40,98	39,56	42,26	39,13	4,56

CV – coeficiente de variação (VC – coefficient of variation)

¹ Relação met + cis :lisina digestível de 75% (*digestible met + cys:lysine ratio of 75%*)

² Matéria natural (*Natural matter*)

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

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

Observou-se que 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), sem, contudo, influenciar nos resultados obtidos para as demais variáveis (P>0,05). A representação gráfica do efeito da relação treonina:lisina digestível sobre a deposição protéica corporal pode ser visualizada nas Figura 1.

Por outro lado, a elevação da relação metionina mais 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 referidas variáveis, corroborando a hipótese de que os níveis de aminoácidos sulfurosos não estavam limitantes nas rações experimentais.

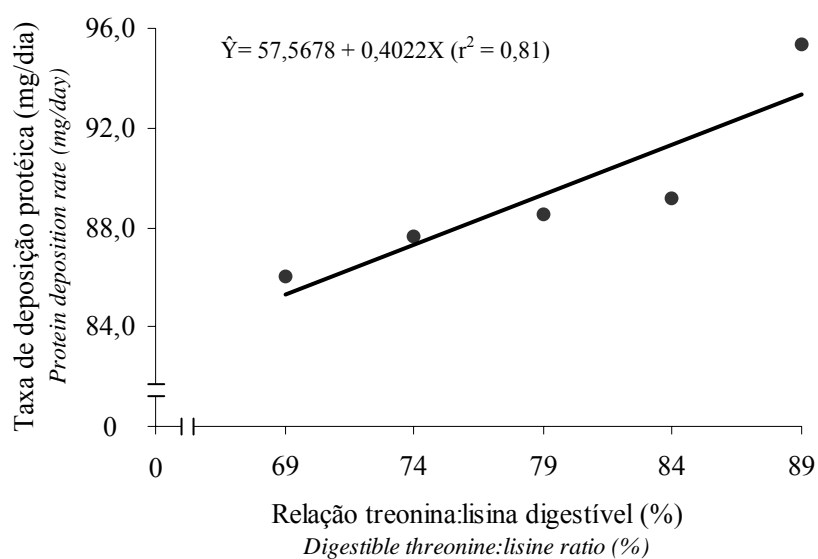


Figura 1 – Representação gráfica da deposição protéica corporal de alevinos de tilápia do Nilo, em função da relação treonina:lisina digestível da ração.

Figure 1 – Graphic representation of Nile tilapia fingerlings corporal protein deposition in function the diet digestible threonine:lisine ratio.

A falta de diferença estatística para o teor de gordura corporal, na deposição de gordura corporal e na eficiência de retenção de nitrogênio não seria esperada quando da associação desta variável aos resultados de deposição protéica corporal. Considerando-se que a máxima eficiência alimentar é alcançada no ponto em que o animal atinge seu potencial para deposição de proteína, seria esperado que menor quantidade de energia

estivesse disponível para deposição de gordura corporal e que houvesse uma maior eficiência de retenção de nitrogênio (Bureau et al., 2000; Noblet, 2001).

Contudo, o aumento do consumo de ração e, conseqüentemente, de energia e nitrogênio, podem ter compensado o maior gasto energético e eficiência de utilização dos aminoácidos (nitrogênio) para a 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 entre os tratamentos, podendo, também, justificar o fato de não terem sido detectadas diferenças para a conversão alimentar entre os tratamentos.

Com base nesses resultados, a relação mais adequada para proporcionar peixes com maiores deposições de proteína corporal é a de 89,0%, que corresponde aos respectivos níveis estimados de treonina total e digestível de 1,43 e 1,28%, considerando uma exigência de lisina total e digestível de 1,59 e 1,44% (NRC, 1993; Furuya et al., 2006) e o coeficiente de digestibilidade médio de 92,2 e 89,4% para a lisina e treonina, respectivamente, das fontes protéicas (Furuya, 2000).

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 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, há de se considerar que esta variável não representa apenas a deposição protéica, mas inclui também a deposição de gordura, ou seja, peixes com ganhos de peso similares podem apresentar composição de ganho distintos. Em função disto, a eficiência de retenção de proteína ou de nitrogênio ou a deposição protéica corporal têm sido recomendada por outros

pesquisadores como principais critérios de resposta a serem utilizados na determinação das exigências dietéticas em aminoácidos (Rudehutsord et al., 1997; Tibaldi & Tulli, 1999; Marcouli et al., 2006).

Quando comparamos a relação mínima obtida neste estudo (69,0%) com as estimadas com base no perfil aminoacídico corporal, verifica-se que são superiores às aquelas 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 àquela de 69,0% obtida por Teixeira et al. (2004), demonstrando que, em geral, a utilização do perfil aminoacídico para determinação do padrão aminoacídico dietético pode subestimar as exigências de treonina, em função de ser um aminoácido utilizado em maior proporção para os processos de manutenção em relação à lisina (Rudehutsord et al., 1997; Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Boisen, 2003).

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

Conclusões

O nível de treonina total ou digestível que proporcionou as melhores respostas em alevinos de tilápia do Nilo para os parâmetros de desempenho é de 1,11 e 0,99% e, para deposição de proteína corporal é de 1,43 e 1,28%, que correspondem a uma relação treonina:lisina total e digestível de 71,0 e 69,0% e de 90,0 e 89,0%, respectivamente.

Literatura Citada

- AJINOMOTO. Exigências de treonina para suínos - benefícios da suplementação de L-treonina. **Informativo técnico** – **10**, 2003, http://www.lisina.com.br/upload/bibliografia/IT_10_port.pdf (acesso em 23/03/2004).
- 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: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.157-168.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; QUADROS, M.; ASSIS, S.O. 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, 2005a. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\211.htm2.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e crescimento **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, n.2, p.539-545, 2002a.
- 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, 2002b.
- BUREAU, B.P., AZEVEDO, P.A., TAPIA-SALAZAR, M., CUZON, G.. Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera- Cerecedo, R., (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. **Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, Mexico.
- DABROWSKI, K. & GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E. & HARDY, R.W. (Ed.) **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.

- EL-DAHAR, A.A.; LOVELL, R.T. Effect of protein to energy ratio in purified diets on growth performance, feed utilization and body composition of mossambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture Research**, v.26, p.451-457, 1995.
- EL-SAYED, A.M.; TESHIMA, S. Protein and energy of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. **Aquaculture**, v.103, p.55-63, 1992.
- ENCARNAÇÃO, P.; LANGE, C.; RODEHUSTSCORD, M.; HOEHLER, D.; BUREAU, W.; BUREAU, D.P. 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: **Proceedings of the Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture**, v.1, p.154-156, 2000. SRG, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B et al. Exigência de proteína para machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase juvenil. **Revista UNIMAR**, v.18, n.2, p.307-319, 1996.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M.S. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.26, n.6, p.1912-1917, 2000 (Suplemento 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: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 2000. 69p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 2000.
- FURUYA, W.M. Alimentos ambientalmente corretos para piscicultura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. CD-ROM. Palestras. Semi 35.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SALES, P.J.P. 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.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SAKAGUTI, E.S. 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**. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285p.
- LANNA, E.A.T.; QUADROS, M.; BOMFIM, M.A.D.; CECON, P.R.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; FREITAS, A.S.; JÚNIOR, F.I.A. 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, 2005. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\194.htm2.
- Li DEFA, L.; CHANGTING, X.; SHYAN, Q.; JINHUI, Z.; JOHNSON, E.W.; THACKER, P.A. 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., Viçosa. **Anais...** 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.; SOARES, C.M. 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: 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-PR **Anais...** Foz do Iguaçu: 2001. p.2-17.
- OBLED, C. Necesidades de aminoácidos en 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, PR. **Anais...** Maringá, SBZ. 1994. P.119-128.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.K.; FURUYA, W.N.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** vol.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.C. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.) **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.
- RODEHUTSCORD, M.; BECKER, A.; PACK, M.; PFEFFER, E. 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.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: 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.
- SIDDIQUI, A.Q.; HOWLADER, M.S.; ADAM, A.A. Effects of dietary protein levels and protein utilization in fry and young Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.70, p.63-73, 1988.
- SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; DENA, L.; SILVA, T.S.C.; SANTOS, V.G. 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 - MS. **Anais...** Campo Grande, 2004. CD-ROM. Aquicultura. AQUA 037.
- SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D.; SANTOS, V.G.; SILVA T.C.; PINSETTA, P.J. 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: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- TEIXERA, E.A.; RIBEIRO, L.P.; CREPALDI, D.V.; MELO, D.C.; SOUSA, A.B. 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 - MS. **Anais...** Campo Grande, 2004. CD-ROM. Aquicultura. AQUA 022.
- 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.; PRICE, J.; BROWN, P.B. Predicting dietary essential amino acid requirements for hybrid striped bass. **Aquaculture Nutrition** vol.9, p.373-381, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG** . Viçosa, MG: 1997 (Versão 8.0).
- WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.427-447.

Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia do Nilo

RESUMO - Objetivando-se determinar a exigência de lisina digestível da ração, com base no conceito de proteína ideal, foram utilizados 432 alevinos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $1,12 \pm 0,02$ g em delineamento inteiramente ao acaso, composto por seis tratamentos, seis repetições e doze peixes por unidade experimental. Os tratamentos corresponderam a uma ração basal com 29,12% de proteína bruta e 3.000 kcal de energia digestível/kg, suplementada com aminoácidos sintéticos, resultando em rações com 0,95; 1,10; 1,25; 1,40; 1,55 e 1,70% de lisina digestível e relações mínimas entre metionina + cistina, treonina, triptofano, isoleucina e arginina com a lisina (66, 77, 23, 64 e 85%, respectivamente), com base em valores digestíveis. Os peixes foram mantidos em aquários de 130 litros dotados de abastecimento de água, temperatura controlada e aeração individuais; e alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias durante 30 dias. Avaliou-se os parâmetros de desempenho, a composição corporal, a deposição de proteína e gordura corporais e a eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. A elevação do teor de lisina digestível na ração não influenciou na taxa de sobrevivência e no teor de gordura corporal dos peixes. Contudo, houve uma melhora linear em todos os demais parâmetros avaliados, com exceção da eficiência de utilização de lisina e umidade corporal, que pioraram de forma quadrática e linear, respectivamente. Concluiu-se que o nível de lisina total ou digestível de 1,80% (0,600% Mcal de ED) e 1,70% (0,567% Mcal de ED), respectivamente, foi o que proporcionou os melhores resultados de desempenho e características de carcaça de alevinos de tilápia do Nilo, quando se utilizou o conceito de proteína ideal na formulação das rações experimentais.

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

Lysine levels, based on ideal protein concept, in diets for Nile tilapia fingerlings

ABSTRACT – The current study was aimed at investigating the requirements of digestible lysine, based on ideal protein concept. Four hundred and thirty two reverted fingerlings of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), thailand line, with a average weight 1.12 ± 0.02 g, were allotted at a completely randomized design, with six treatments, six replicates by treatment and twelve fishes for experimental unit. The treatments had consisted of one basal diet with 29.12% of crude protein and 3,000 Kcal/Kg of digestible energy, supplemented with synthetic amino acids, resulted in six diets with different digestible lysine ratios (0.95; 1.10; 1.25; 1.40; 1.55 and 1.70%) and minimum rations between methionine plus cystine, threonine, thryptophan, isoleucine, arginine with the lysine (66, 77, 23, 64 e 85%, respectively), based in digestible values. The fishes were maintained in aquariums of 130 liters supplied with single-pass flow-through water and aeration, controlled temperature and they were fed *ad libitum* six daily meals during 30 days. Performance, corporal composition, corporal protein and fat deposition and nitrogen retention efficiency of the fishes were evaluated. The increase of the dietary digestible lysine did not affect the survival rate and the body fat level of the fishes. However, all the others parameters had improved linearly, except the lysine utilization efficiency and the body humidity, which got worse quadratically and linearly, respectively. It was concluded that the level of total or digestible lysine is 1,80 (0.600%Mcal of DE) and 1,70% (0.567%Mcal of DE), respectively, provided the best results of performance and carcass characteristics of Nile tilapia fingerlings, when the ideal protein concept was used in the experimental diets formulation.

Key Words: synthetic amino acids, digestible amino acid, lysine digestible requirements, initial phase, proteic nutrition, *Oreochromis niloticus*

Introdução

A prioridade dos estudos sobre exigências nutricionais para peixes tem sido dada às proteínas, porque, além de constituírem o componente mais caro das rações, quando em níveis excedentes às exigências acarretam excessiva excreção de nitrogênio, constituindo, juntamente com as excreções do fósforo, os principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático (Sugiura, et al., 2001; Wilson, 2003; Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2005; Lanna et al., 2005).

A tilápia do Nilo é a segunda espécie de maior importância na aquicultura mundial. Caracteriza-se por ser de baixo nível trófico (onívora), boa aceitação no mercado consumidor, destacando-se, ainda, por apresentar crescimento rápido, rusticidade, capacidade de adaptar-se em diferentes condições climáticas, carne de ótima qualidade, e por não apresentarem espinhos na forma de "Y" no seu filé (Furuya et al., 2004; Bomfim et al., 2005; Lanna et al., 2005; Furuya et al., 2005; Furuya et al., 2006).

As exigências protéicas para esta espécie têm sido pesquisadas com rações formuladas com base em proteína bruta (El-Sayed & Teshima, 1992; Siddiqui et al., 1988; El-Dahhar & Lovell, 1995; Furuya et al., 1996; Furuya et al., 2000), entretanto os valores encontrados podem não estar atendendo as necessidades nutricionais dos peixes em relação aos aminoácidos, uma vez que os peixes, assim como suínos e aves, não possuem exigência de proteína, mas sim têm necessidade de aminoácidos dispensáveis e indispensáveis (Boisen et al., 2000; Rollin et al., 2003; Wilson, 2003; Bomfim, et al., 2005; Furuya et al., 2005).

A determinação da exigência dietética de lisina tem sido priorizada na nutrição de peixes. Isto porque a lisina é o aminoácido indispensável encontrado em maior

concentração na carcaça desses animais, é o primeiro aminoácido limitante em algumas fontes protéicas alternativas à farinha de peixe, principalmente nos cereais (como o glúten), e também por ser o aminoácido de referência na determinação do padrão da proteína ideal (Boisen et al., 2000; Hauler & Carter, 2001; Tantikitti & Chimsung, 2001; Furuya et al., 2004; Furuya et al., 2006).

As informações sobre as exigências de lisina em rações para tilápia do Nilo, além da grande variabilidade, têm sido expressas em valores totais (Jackson & Capper, 1993; Santiago & Lovell, 1988; Furuya et al., 2004), com exceção do estudo conduzido por Furuya et al. (2006), ou utilizaram elevada quantidade de aminoácidos sintéticos nas rações experimentais, que, em ambos os casos, podem acarretar imprecisões no valor de exigência obtido (Cowey, 1994; Wilson, 2003; Lanna et al., 2005; Bomfim et al., 2005).

Outro fator que deve ser levado em consideração é que a utilização de linhagens de baixo desempenho (Jackson & Capper, 1993; Santiago & Lovell, 1988; Boscolo et al., 2002a) e a fixação dos níveis dos demais aminoácidos nas rações (diferentes relações aminoácido:lisina) (Jackson & Capper, 1993; Santiago & Lovell, 1988; Furuya et al., 2004; Furuya et al., 2006), pode limitar a resposta dos animais em diferentes proporções dos níveis de lisina, subestimando a exigência (Fontes et al., 2000; Conhalato et al., 2002; Valério et al., 2003; Bomfim et al., 2005; Abreu et al., 2006).

Com base nesse pressuposto, têm-se utilizado o conceito de proteína ideal na formulação de rações experimentais, ou seja, a mudança na concentração de lisina na ração deve ser acompanhada por alterações proporcionais dos demais aminoácidos, ou que, pelo menos, sejam mantidas relações mínimas destes aminoácidos com a lisina, para que não limitem a possibilidade de utilização de cada nível de lisina testado para o desempenho dos animais (Fontes et al., 2000; Conhalato et al., 2002; Valério et al., 2003; Boisen, 2003; Abreu et al., 2006).

Assim, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de lisina digestível, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de agosto e setembro de 2005, no Laboratório de Nutrição de Peixes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no município de Viçosa, Minas Gerais, com duração do período experimental estipulado em 30 dias.

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

Os tratamentos foram constituídos de uma ração basal suplementada com cinco níveis de L-lisina-HCl 78,4%, constituindo diferentes níveis de lisina digestível (0,95; 1,10; 1,25; 1,40; 1,55; e 1,70%), sendo que a relação dos demais aminoácidos:lisina foram mantidas, pelo menos, três pontos percentuais acima daquelas estimadas a partir dos valores de exigência contidos no NRC (1993). 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 efetuadas às custas do ácido glutâmico, amido e óleo.

As composições percentuais e químicas das dietas experimentais encontram-se apresentadas na Tabela 1.

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

Table 1 – Percentage and chemical composition of the experimental diets (as fed)

Ingredientes (%) <i>Ingredients (%)</i>	Níveis de lisina digestível (%) <i>Digestible lysine levels (%)</i>					
	0,950	1,100	1,250	1,400	1,550	1,700
Farelo de soja (<i>Soybean meal</i>)	26,921	26,921	26,921	26,921	26,921	26,921
Milho (<i>Corn meal</i>)	46,593	46,593	46,593	46,593	46,593	46,593
Glúten de milho (<i>Corn gluten</i>)	18,999	18,999	18,999	18,999	18,999	18,999
Óleo de soja (<i>Soybean oil</i>)	0,132	0,255	0,409	0,592	0,801	1,200
Amido de milho (<i>Corn starch</i>)	0,354	0,323	0,283	0,239	0,167	0,069
L-Lisina HCl (<i>L-Lysine-HCl</i>) – 78,4%	0,000	0,192	0,384	0,575	0,767	0,959
L-Treonina (<i>L-threonine</i>) – 98,5%	0,000	0,000	0,000	0,022	0,123	0,224
DL-Metionina (<i>DL-methionine</i>) – 99%	0,000	0,000	0,048	0,167	0,287	0,406
L-Triptofano (<i>L-tryptophan</i>) – 99%	0,000	0,015	0,051	0,086	0,121	0,156
L-Isoleucina (<i>L-isoleucine</i>) – 99%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,094
L-Arginina (<i>L-arginine</i>) – 99%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,078
Ac. Glutâmico (<i>Glutamic acid</i>) – 99%	2,700	2,401	2,011	1,505	0,920	0,000
Fosfato bicálcico (<i>Dicalcium phosphate</i>)	3,231	3,231	3,231	3,231	3,231	3,231
Vitamina C (<i>Vitamin C</i>) ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico e mineral ⁴ <i>Vitaminic and mineral mix</i>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal comum (<i>Salt</i>)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
BHT (<i>Antioxidante</i>) (<i>Antioxidant</i>)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Total (Total)	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada (Calculated composition)¹						
Proteína bruta (<i>Crude protein</i>) (%)	29,12	29,12	29,12	29,12	29,12	29,12
Energia digestível (Kcal/kg) ² <i>Digestible energy (Kcal/kg)</i>	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Ácido linoléico (<i>Linoleic acid</i>) (%)	1,56	1,54	1,52	1,49	1,46	1,40
Cálcio total (<i>Total calcium</i>) (%)	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Fósforo disponível (%) ² <i>Available phosphorus (%)</i>	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Lisina total (Total lysine) (%)	1,048	1,198	1,348	1,499	1,649	1,799
Lisina digestível (%) ² <i>Digestible lysine (%)</i>	0,950	1,100	1,250	1,400	1,550	1,700
Met. + Cist. digestível (%) ² <i>Met. + Cys. digestible (%)</i>	0,902	0,902	0,902	0,924	1,023	1,122
Treonina digestível (%) ² <i>Threonine digestible (%)</i>	0,916	0,916	0,962	1,078	1,193	1,309
Triptofano digestível (%) ² <i>Tryptophan digestible (%)</i>	0,238	0,253	0,287	0,322	0,356	0,391
Isoleucina digestível (%) ² <i>Isoleucine digestible (%)</i>	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	1,088
Arginina digestível (%) ² <i>Arginine digestible (%)</i>	1,368	1,368	1,368	1,368	1,368	1,445
% lisina digest./Mcal de ED <i>% total and digestible lysine/Mcal of DE</i>	0,317	0,367	0,417	0,467	0,517	0,567

¹ Composição calculada segundo Rostagno et al. (2005) (*composition according to Rostagno et al., 2005 tables*).

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. (2002b) e Pezzato et al. (2002).

Estimated values based on the coefficients of digestibility of ingredient amino acids, phosphorus according to Rostagno et al., (2005) tables, and energy according to Boscolo et al. (2002b), and Pezzato et al. (2002).

³ Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo (*Vitamin C: calcic salt, 2-monophosphate of ascorbic acid-42% active principle*).

⁴ Composição por quilograma do produto (*Composition per kilogram of product*): 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; ác. Fólico (*folic acid*), 1.200 mg; pantotenato de Ca (*panthotenic acid*), 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina (*biotin*), 48 mg; cloreto de colina (*cholin*), 108 g; niacina (*niacin*), 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.

Os alevinos foram mantidos em 36 aquários de polietileno, com capacidade volumétrica de 150 litros e volume útil de 130 litros, 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 foi proveniente do sistema de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa – UFV, previamente declorada 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 7:30 e 17:30 horas, com o 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, por intermédio de um potenciômetro e oxímetro.

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

As rações experimentais foram peletizadas e fornecidas diariamente, em seis refeições (8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 horas), sendo que, em cada refeição, as rações foram fornecidas em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, a fim de possibilitar a ingestão máxima, sem perdas, até a aparente saciedade, minimizando a possibilidade de lixiviações.

Foi realizada a limpeza dos aquários, duas vezes por dia, para retirada das fezes por sifonagem, e isto foi realizado após as leituras da temperatura da água.

Foram avaliados os seguintes índices zootécnicos: ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, consumo de ração, consumo de lisina digestível, conversão alimentar, eficiência protéica para ganho, eficiência de lisina para ganho, taxas de deposição diária de proteína e gordura corporais, composição química

corporal (teores de umidade, proteína e gordura corporais) e eficiência de retenção de nitrogênio.

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

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

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

80 peixes foram sacrificados, após terem sido anestesiados, no início do experimento e oito, de forma idêntica e com pesos mais próximos ao peso médio da respectiva unidade, ao final do experimento 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 de gordura corporais foram calculadas pela diferença da proteína ou da gordura corporal final e inicial, respectivamente, em mg, dividido pelo período experimental (dias).

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

As análises estatísticas foram realizadas valendo-se do programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, desenvolvido na UFV (1997).

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância ao nível de cinco por cento de probabilidade. Os efeitos dos níveis de lisina digestível foram analisados mediante o uso dos 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 de aeração possibilitou o controle da temperatura e da aeração uniformes, durante o período experimental. Foram obtidos os valores de $28,4 \pm 0,93^{\circ}\text{C}$ para temperatura da água, de $6,6 \pm 0,15$ para o pH e de $6,24 \pm 0,46$ ppm para o oxigênio dissolvido. Estes valores encontram-se dentro da faixa recomendada para a criação desta espécie segundo Furuya (2000) e Kubitza (2000).

Os resultados médios dos parâmetros de desempenho estão apresentados na Tabela 2.

Observou-se que, com exceção da taxa de sobrevivência ($P > 0,05$), a elevação do nível de lisina digestível da ração influenciou todos os demais parâmetros avaliados nos peixes, sendo que, para a eficiência de utilização de lisina para ganho o efeito foi quadrático ($P < 0,01$), piorando esta variável até o nível estimado de 1,696%; e, para as demais variáveis (ganho de peso, taxa de crescimento específico, consumo de ração, consumo de lisina digestível, conversão alimentar, eficiência protéica para ganho e eficiência de lisina para ganho) melhorou seus valores obtidos de forma linear ($P < 0,01$).

A representação gráfica do efeito dos níveis de lisina sobre o ganho de peso e a conversão alimentar podem ser visualizadas nas Figuras 1 e 2.

Tabela 2 – Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo em função do nível de lisina digestível da ração ¹

Table 2 – Performance of Nile tilapia fingerlings in function of diet digestible lysine level

Parâmetro <i>Parameter</i>	Nível de lisina digestível (%) <i>Lysine digestible level (%)</i>						CV (VC) (%)
	0,95	1,10	1,25	1,40	1,55	1,70	
Peso inicial (g) <i>Initial weight (g)</i>	1,12	1,13	1,12	1,12	1,12	1,13	1,52
Ganho de peso (g) ¹ <i>Weight gain (g)</i>	11,15	11,68	11,75	13,49	12,90	15,34	6,56
Taxa de crescimento específico (%/dia) ² <i>Specific growth rate (%/day)</i>	7,99	8,10	8,14	8,57	8,41	8,92	2,51
Taxa de sobrevivência (%) <i>Survival rate (%)</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00
Consumo de ração (g) ³ <i>Feed intake (g)</i>	14,25	14,68	14,41	15,64	15,38	15,98	5,25
Consumo de lisina digestível (mg) ⁴ <i>Lysine digestible intake (mg)</i>	135,36	161,46	180,08	218,92	238,20	271,60	5,66
Conversão alimentar (g/g) ⁵ <i>Feed/gain ratio (g/g)</i>	1,28	1,26	1,23	1,16	1,19	1,04	4,67
Eficiência protéica para ganho (g/g) ⁶ <i>Protein efficiency for growth (g/g)</i>	2,69	2,73	2,80	2,97	2,88	3,30	4,64
Eficiência de lisina para ganho (g/g) ⁷ <i>Lysine efficiency for growth (g/g)</i>	82,38	72,22	65,28	61,70	54,13	56,57	4,60

CV– coeficiente de variação (VC – coefficient of variation)

¹ Efeito linear (*Linear effect*) (P<0,01): $\hat{Y} = 6,0617 + 5,0248X$ ($r^2 = 0,83$);

² Efeito linear (*Linear effect*) (P<0,01): $\hat{Y} = 6,8236 + 1,1547X$ ($r^2 = 0,85$);

³ Efeito linear (*Linear effect*) (P<0,01): $\hat{Y} = 12,0386 + 2,2746X$ ($r^2 = 0,82$);

⁴ Efeito linear (*Linear effect*) (P<0,01): $\hat{Y} = -38,8971 + 181,007X$ ($r^2 = 0,99$);

⁵ Efeito linear (*Linear effect*) (P<0,01): $\hat{Y} = 1,5620 - 0,2778X$ ($r^2 = 0,81$);

⁶ Efeito linear (*Linear effect*) (P<0,01): $\hat{Y} = 1,9613 + 0,7045X$ ($r^2 = 0,78$);

⁷ Efeito quadrático (*Quadratic effect*) (P<0,01): $\hat{Y} = 193,692 - 162,829X + 48,01X^2$ ($R^2 = 0,98$).

A taxa média de crescimento de 8,9% ao dia obtida pelos peixes alimentados com o maior nível de lisina testado assemelha-se àquela de 8,7% observada por Furuya et al. (2000), foi superior àquelas de 7,8 e 7,5% ao dia verificadas por Lanna et al. (2005) e Bomfim et al. (2005), respectivamente, nas mesmas condições experimentais e categoria de peso, e nos estudos similares a este conduzidos por Jackson & Capper (1982), Santiago & Lovell (1988) e Furuya et al. (2006), com animais de mesma categoria de peso, e por Furuya et al. (2004), com animais na fase de crescimento (118 a 209 g), com valores variáveis entre 1,1 a 6,2% ao dia (dados calculados).

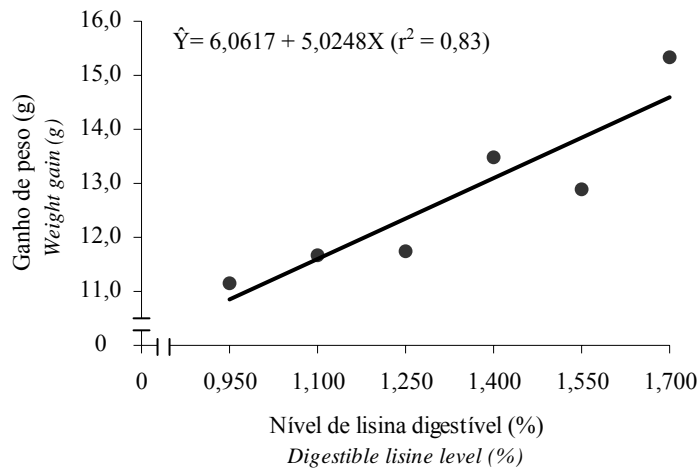


Figura 1 – Representação gráfica do ganho de peso de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da ração.

Figure 1 – Graphic representation of Nile tilapia fingerlings weight gain in function the diet digestible lysine level.

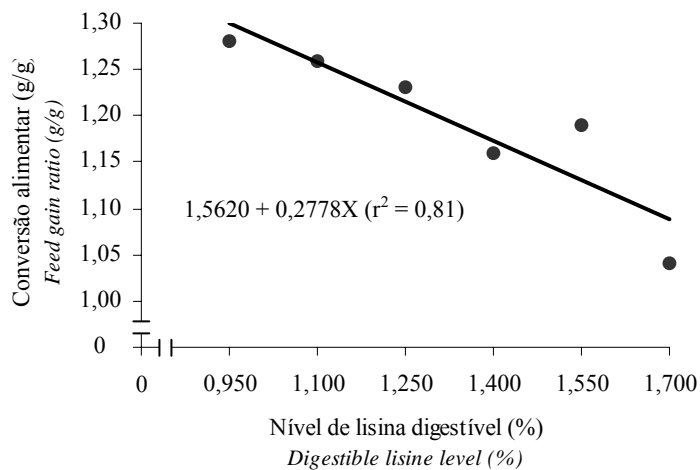


Figura 2 – Representação gráfica da conversão alimentar de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da ração.

Figure 2 – Graphic representation of Nile tilapia fingerlings feed/gain ratio in function the diet digestible lysine level.

As taxas de sobrevivência e de crescimento obtidas pelos peixes indicam que as condições sanitárias, o manejo utilizado neste experimento e as rações suplementadas com aminoácidos livres, mesmo com níveis inferiores de proteína bruta em relação às exigências de 32% para a espécie, segundo Furuya et al. (2000), foram suficientes para potencializar o desempenho dos animais. Efeitos similares de desempenho obtidas com rações de baixo teor protéico suplementadas com aminoácidos livres também foi demonstrado em tilápias por Furuya et al. (2005) e por Bomfim et al. (2005).

Além disso, o melhor balanceamento aminoacídico ocasionado pela redução dos aminoácidos em níveis excedentes às exigências do animal na ração com nível superior de lisina digestível que, provavelmente, não contribuiriam para a formação de tecido magro e seriam catabolizados, podem ter refletido no maior consumo e conversão alimentar, em relação aos demais níveis, bem como nos maiores valores obtidos para a eficiência protéica para ganho em relação aos obtidos por Furuya et al. (2000), Jackson & Capper (1982), Furuya et al. (2004), Bomfim et al. (2005), Lanna et al. (2005), Furuya et al. (2005) e Furuya et al. (2006).

Com base nesses resultados, o nível mínimo de lisina total e digestível nas rações para esta espécie é de 1,80 e 1,70%, respectivamente. Estes valores são superiores àqueles de 1,62% determinados por Jackson & Capper (1982), de 1,43% determinados por Santiago & Lovell (1988), de 1,42% determinados Furuya et al. (2004), cujos valores foram expressos em lisina total, e de 1,44% determinados por Furuya et al. (2006), em lisina digestível.

Estas diferenças podem ser atribuídas às diferenças de linhagens de tilápia utilizadas (Jackson & Capper, 1982; Santiago & Lovell, 1988) ou da fase de crescimento (Furuya et al., 2004), reflexo provável das menores taxas de crescimento obtidos nos referidos ensaios, que podem resultar em valores de exigência inferiores e

compatíveis com sua capacidade de deposição de tecido magro, semelhante ao observado em suínos e aves (Rostagno et al., 2005).

Têm-se observado que linhagens de peixes com maior capacidade de crescimento apresentam exigência dietética em proteína e/ou aminoácidos maior que as de menor capacidade de crescimento. Em experimentos conduzidos com esta espécie de peixe para determinação do teor de proteína bruta nas rações para as linhagens tailandesa e comum, foram determinados valores de exigência de 32% (Furuya et al., 2000) e 29,9% (Furuya et al., 1996), respectivamente, sendo que a primeira linhagem apresenta maior capacidade de ganho de peso diário em relação à segunda (Boscolo et al., 2002a). Desta forma, a utilização dos valores determinados por Jackson & Capper (1982) e Santiago & Lovell (1988), os quais utilizaram linhagens de tilápia comuns, podem subestimar as exigências dietéticas de lisina para as linhagens atuais, justificando, pelo menos em parte, as diferenças observadas com os resultados obtidos neste estudo.

De forma semelhante, peixes na fase inicial (alevinos) apresentam exigência dietética de proteína (aminoácidos) superior em relação aos peixes na fase de crescimento e terminação (NRC, 1993; Furuya et al., 2004; Wilson, 2003), podendo justificar os maiores valores obtidos em relação ao estudo conduzido por Furuya et al. (2004).

Outra hipótese seria baseada na deficiência de alguns aminoácidos indispensáveis nos tratamentos com níveis mais elevados de lisina, cuja relação aminoácido:lisina teria ficado inferior à mínima calculada com base nos valores de exigência estabelecido pelo NRC (1993), limitando a resposta dos animais alimentados por deficiência de algum outro aminoácido essencial (Conhalato et al, 2000; Fontes et al., 2000; Valério et al., 2003; Bomfim et al., 2005; Abreu et al., 2006). Esta hipótese pode ser a causa provável das diferenças obtidas em relação ao estudo conduzido por Furuya et al. (2006), em que,

pelo menos, os níveis fixados para treonina, triptofano, isoleucina e arginina, resultaram em relações aminoácido:lisina inferiores às mínimas estimadas com base nos valores de exigência estabelecidos pelo NRC (1993) para o maior nível de lisina digestível testado (1,74%).

Os resultados médios da composição corporal, das deposições diárias de proteína e de gordura corporais e da eficiência de retenção de nitrogênio estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição corporal, deposições diárias de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo em função do nível de lisina digestível da ração

Table 3 – Corporal composition, corporal protein and fat deposition and nitrogen retention efficiency of Nile tilapia fingerlings in function of diet digestible lysine level

Parâmetro <i>Parameter</i>	Nível de lisina digestível (%) <i>Lysine digestible level (%)</i>							CV (VC) (%)
	Inicial <i>Initial</i>	0,95	1,10	1,25	1,40	1,55	1,70	
Umidade corporal (%) ^{1,2} <i>Corporal humidity (%)</i>	82,44	76,63	76,75	76,26	76,03	76,15	75,33	1,27
Gordura corporal (%) ¹ <i>Corporal fat (%)</i>	5,22	6,85	6,85	7,10	6,72	7,11	6,62	8,95
Proteína corporal (%) ^{1,3} <i>Corporal protein (%)</i>	13,15	12,75	12,60	12,87	13,82	13,10	14,37	5,17
Deposição de gordura corporal (mg/dia) ⁴ <i>Corporal fat deposition (mg/day)</i>	–	26,05	27,27	28,55	30,75	31,32	34,37	11,56
Deposição de proteína corporal (mg/dia) ⁵ <i>Corporal protein deposition (mg/day)</i>	–	47,20	48,81	50,28	61,41	56,32	73,84	7,93
Eficiência de retenção de nitrogênio (%) ⁶ <i>Nitrogen retention efficiency (%)</i>	–	34,13	34,20	35,99	40,46	37,74	47,80	7,46

CV – coeficiente de variação (VC – coefficient of variation)

¹ Matéria natural (*Natural matter*)

² Efeito linear (*Linear effect*) (P<0,05): $\hat{Y} = 78,3489 - 1,62736X$ ($r^2 = 0,81$);

³ Efeito linear (*Linear effect*) (P<0,01): $\hat{Y} = 10,5963 + 1,9779X$ ($r^2 = 0,69$);

⁴ Efeito linear (*Linear effect*) (P<0,01): $\hat{Y} = 15,5846 + 10,6659X$ ($r^2 = 0,97$);

⁵ Efeito linear (*Linear effect*) (P<0,01): $\hat{Y} = 14,1988 + 31,7830X$ ($r^2 = 0,78$);

⁶ Efeito linear (*Linear effect*) (P<0,01): $\hat{Y} = 17,3339 + 15,8896X$ ($r^2 = 0,74$);

Observou-se que a elevação dos teores de lisina digestível resultou num aumento, de forma linear, dos valores obtidos para o teor de proteína corporal, deposições diárias de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio (P<0,05) e uma redução do teor de umidade corporal (P<0,05), sem, contudo influenciar (P>0,05) no

teor de gordura corporal dos peixes. A representação gráfica do efeito dos níveis de lisina digestível sobre deposição protéica corporal pode ser visualizada na Figura 3.

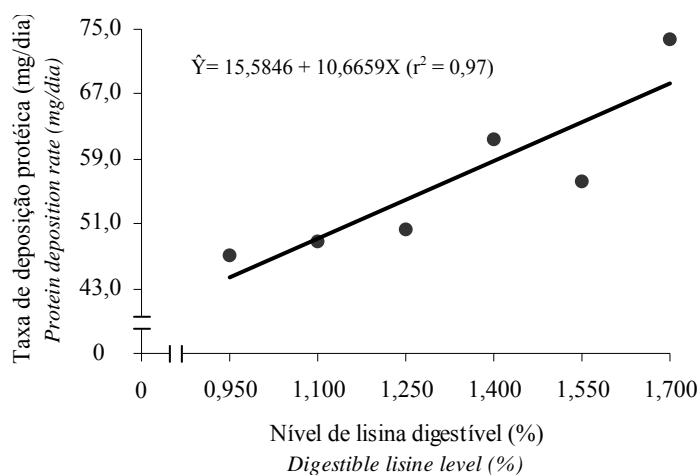


Figura 3 – Representação gráfica da deposição protéica corporal de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da ração.

Figure 3 – Graphic representation of Nile tilapia fingerlings corporal protein deposition in function the diet digestible lysine level.

O aumento no teor de proteína e na deposição protéica corporal, além de corroborar os valores de exigência mínimo determinado com base nos resultados obtidos por meio dos parâmetros de desempenho e eficiência alimentar, indicam que o teor energético utilizado não foi fator limitante para os processos de deposição de proteína corporal (crescimento) (Boscolo et al., 2006).

A falta de diferença estatística para o teor de gordura corporal e a elevação linear da deposição de gordura corporal não seria esperada quando da associação desta variável aos resultados de deposição protéica corporal e conversão alimentar. Considerando-se que a máxima eficiência alimentar é alcançada no ponto em que o animal atinge seu potencial para deposição de proteína, seria esperado que menor

quantidade de energia estivesse disponível para deposição de gordura corporal (Fontes et al., 2000; Bureau et al., 2000; Noblet, 2001; Abreu et al., 2006).

Contudo, o aumento do consumo de ração e, conseqüentemente, de energia, e o melhor balanceamento aminoacídico, reduzindo a quantidade de aminoácidos excedentes para serem catabolizados e, conseqüentemente, o incremento calórico, resultando numa maior fração de energia líquida para ser depositada na forma de gordura corporal, podem ter compensado o maior gasto energético para a deposição de proteína corporal dos peixes alimentados com as rações de elevado teor de lisina digestível (Bureau et al., 2000; Noblet, 2001; Dabrowski & Guderley, 2002).

Embora tenha se observado uma piora na eficiência de utilização de lisina para ganho de peso nos peixes com a elevação dos níveis de lisina digestível, esta foi compensada com uma substancial melhora no desempenho como um todo e, principalmente, na deposição protéica corporal e eficiência de utilização da fração nitrogenada da ração.

Uma vez que as rações com níveis elevados de lisina apresentavam uma considerável suplementação com aminoácidos sintéticos, essa piora na eficiência de utilização de lisina para ganho de peixes pode ser atribuída, segundo alguns autores: a limitada eficiência na utilização de rações suplementadas com níveis excedentes de aminoácidos sintéticos; a possibilidade de ter havido lixiviação dos aminoácidos no ambiente aquático; ou o desbalanceamento do perfil aminoacídico ideal dietético (Schuhmacher et al., 1997; Zorate & Lovell, 1997; Zorate et al., 1999; Dabrowski et al., 2003; Lanna et al., 2005).

Têm-se observado que os aminoácidos sintéticos apresentam maiores velocidades de evacuação estomacal e absorção em relação aos aminoácidos oriundos da proteína “intacta”, podendo resultar numa elevação excessiva e precoce nas concentrações

plasmáticas desses aminoácidos nos sítios de síntese protéica, aumentando seu catabolismo e isto pode resultar em desequilíbrio no pool de aminoácidos exigidos para a síntese protéica, com conseqüências a utilização dos demais aminoácidos (Tantikitti & March, 1995; Schuhmacher et al., 1997; Zorate & Lovell, 1997; Zorate et al., 1999; Aoki et al., 2001).

Por outro lado, estes problemas podem ser minimizados quando se utilizam níveis moderados de aminoácidos (El-Husseiny et al., 2002), intervalos mais curtos de alimentação (mínimo de quatro vezes/dia), o que pode estabilizar concentração plasmática dos aminoácidos e compatibilizar a capacidade/velocidade de síntese protéica pelos tecidos especializados, maximizando a utilização da fração nitrogenada (Tantikitti & March, 1995; Zorate et al., 1999; Barroso et al., 1999; Rodehutsord et al, 2000; Lanna, 2005).

Nesta pesquisa, como o alimento foi peletizado e fornecido seis vezes ao dia, em quantidades pequenas e em repasses sucessivos para garantir a rápida e completa ingestão das rações, e não foram observadas sobras significativas durante os repasses em cada horário de alimentação, é pouco provável que tenha ocorrido lixiviação de aminoácidos sintéticos e/ou imbalanços nos sítios de síntese protéica em quantidades significativas que pudessem comprometer essa variável.

A hipótese mais provável para a redução nos valores da eficiência de lisina para ganho pode ter sido em função da possibilidade de alguma relação aminoácido:lisina, estabelecida pelo NRC (1993), estar subestimada, apesar da margem de segurança adotada neste estudo.

Se levarmos em consideração os valores obtidos em estudos recentes de exigências dietéticas mínima de treonina (Silva et al., 2006) e de lisina (Furuya et al., 2006) totais de 1,35% e de 1,56%, respectivamente, cujo valor mínimo estimado da

relação treonina:lisina seria de 87%, poder-se-ia inferir que os níveis de treonina utilizado nas rações de maior teor de lisina, de 77%, podem estar limitantes.

De qualquer forma, são necessários estudos adicionais a fim de se estabelecer a exigência de lisina digestível, com base no conceito de proteína ideal, em rações para tilápia do Nilo, em todas as fases de criação e/ou validar os valores de exigência mínima estabelecido neste estudo.

Conclusões

O nível de lisina total ou digestível de 1,80% (0,600% Mcal de ED) e 1,70% de lisina digestível (0,567% Mcal de ED), respectivamente, foi o que proporcionou os melhores resultados de desempenho e características de carcaça de alevinos de tilápia do Nilo, quando se utilizou o conceito de proteína ideal na formulação das rações experimentais.

Literatura Citada

- ABREU, M.L.T.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; OLIVEIRA, A.L.S.; SILVA, F.C.O.; MOITA, A.M.S. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.1039-1046, 2006 (supl.).
- AOKI, H.; AKIMOTO, A.; WATANABE, T. Periodical changes of plasma free amino acid levels and feed digesta in yellowtail after feeding non-fish meal diets with or without supplemental crystalline amino acids. **Fisheries Science** v.67, p.614–618, 2001.
- BARROSO, J.B.; PERAGÓN, J.; GARCÍA-SALGUERO, L.; de la HIGUERA, M.; LUPIÁÑEZ, J.A. Variations in the kinetic behavior of the NADPH-production systems in different tissues of the trout when fed on an amino-acid-based diet at different frequencies. **The International Journal of biochemistry & Cell Biology** v.31, p.277-290, 1999.
- 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: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.157-168.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; QUADROS, M.; ASSIS, S.O. 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, 2005a. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\211.htm2.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e crescimento **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, n.2, p.539-545, 2002a.
- 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, 2002b.
- BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; SIGNOR, A.A.; BARD, J.J.; ISHIDA, F.A. Energia digestível para alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.629-633, 2006.

- BUREAU, B.P.; AZEVEDO, P.A.; TAPIA-SALAZAR, M.; CUZON, G. Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera- Cerecedo, R., (Eds.). **Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, Mexico.
- CONHALATO, G.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; ROSTAGNO, H.S.; FONTES, D.O. Avaliação de rações contendo diferentes níveis de lisina digestível mantendo a relação aminoacídica para pintos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, n.2, p.539-545, 2002.
- COWEY, C.B. Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. **Aquaculture** v.124, p.1-11, 1994.
- DABROWSKI, K. & GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E. & HARDY, R.W. (Ed.) **Fish nutrition**. 3. ed. Washington: Academic Press, 2002. p.309-365.
- DABROWSKI, K.; LEE, K.; RINCHARD, J. The smallest vertebrate, teleost fish, can utilize synthetic dipeptide-based diets. **Journal Nutrition** 133, p.4225-4229, 2003.
- EL-DAHAR, A.A.; LOVELL, R.T. Effect of protein to energy ratio in purified diets on growth performance, feed utilization and body composition of mossambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture Research**, v.26, p.451-457, 1995.
- EL-HUSSEINY, O.M.; GODA, A.M.A.S.; SULOMA, A.M. Utilization of amino acids in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. 1 – Utilization efficiency of synthetic amino acid by Nile tilapia fry. **Vet. Med. J. Giza** v. 50, n.1, p. 47-59, 2002.
- EL-SAYED, A.M.; TESHIMA, S. Protein and energy of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. **Aquaculture**, v.103, p.55-63, 1992.
- FONTES, D.O.; DONZELE, J.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; CONHALATO, G.S.; PEREIRA, M.A. Níveis de lisina para leitoas selecionadas geneticamente para deposição de carne magra, dos 30 aos 60 kg, mantendo constante a relação entre metionina + cistina, treonina, triptofano, isoleucina e valina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.776-783, 2000.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B et al. Exigência de proteína para machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase juvenil. **Revista Unimar**, v.18, n.2, p.307-319, 1996.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M.S. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.26, n.6, p.1912-1917, 2000 (Suplemento 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: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 2000. 69p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, 2000.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; NEVES, P.R.; SILVA, L.C.R.; HAYASHI, C. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na terminação. **Ciência Rural** v.34, n.5, p.1571-1577, 2004.

- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SALES, P.J.P. 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.; SILVA, L.C.R.; SILVA T.C.; FURUYA, V.R.B.; SAKAGUTI, E.S. Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.937-942, 2006 (supl.).
- 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**. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285p.
- LANNA, E.A.T.; QUADROS, M.; BOMFIM, M.A.D.; CECON, P.R.; RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P.; FREITAS, A.S.; JÚNIOR, F.I.A. 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, 2005. CD-ROM. Aquicultura. 2_Aquicultura\194.htm2.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish**. Washington: 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-PR Anais... Foz do Iguaçu: 2001. p.2-17.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.K.; FURUYA, W.N.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** vol..31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- 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.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- RODEHUTSCORD, M.; BORCHERT, F.; GREGUS, K., PACK, M.; PFEFFER, E. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. 1. Effect of dietary crude protein level. **Aquaculture** v.187, p.163–176, 2000.
- 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. Effects of dietary protein levels and protein utilization in fry and young Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.70, p.63-73, 1988.

- SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D.; SANTOS, V.G.; SILVA T.C.; PINSETTA, P.J. 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: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SCHUHMACHER, A.; WAX, C.; GROPP, J.M. Plasma amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed intact protein or a crystalline amino acid diet. **Aquaculture** v.151, p.15-28, 1997.
- SUGIURA, S.H.; GABAUDAN, J.; DONG, F.M.; HARDY, R.W. Dietary microbial phytase supplementation and utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) fed soybean meal-based diets. **Aquaculture Research** v.32, p.583-592, 2001.
- TANTIKITTI, C.; MARCH, B.E. Dynamics of plasma free amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under variety of dietary conditions. **Fish Physiology and Biochemistry** v.14, p.179-194, 1995.
- TANTIKITTI, C.; CHIMSUNG, N. Dietary lysine requirement of freshwater catfish (*Mystus nemurus* Cuv. & Val.) **Aquaculture Research** v.32, p.135-141, 2001 (Suppl. 1).
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG** . Viçosa, MG: 1997 (Versão 8.0).
- VALÉRIO, S.R.; OLIVEIRA, R.F.M; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; APOLÔNIO, L.R.; RESENDE, W.O. Níveis de lisina digestível em rações, em que se manteve ou não a relação aminoacídica, para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, mantidos em estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.32, n.2, p.372-382, 2003.
- WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.427-447.
- 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.
- ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T; PAYNE, M. Effects of feeding frequency and rate of stomach evacuation on utilization of dietary free and protein-bound lysine for growth by channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture Nutrition** v.5, p.17-22, 1999.

3. CONCLUSÕES GERAIS

Foram realizados quatro experimentos com os objetivos de determinar os efeitos da redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, as exigências de metionina mais cistina, treonina e lisina digestível, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa. Concluiu-se que:

- o nível de proteína bruta da ração para alevinos de tilápia do Nilo pode ser reduzido em quatro pontos percentuais (de 32 para 28%), sem prejudicar o desempenho dos animais, desde que as rações sejam devidamente suplementadas com aminoácidos essenciais limitantes.

- o nível de aminoácidos sulfurados total ou digestível de 0,91 e 0,86%, que correspondem a uma relação metionina mais cistina:lisina total e digestível de 57,2 e 59,5%, respectivamente, foi o que proporcionou os melhores resultados de desempenho e características de carcaça de alevinos de tilápia do Nilo.

- o nível de treonina total ou digestível que proporcionou as melhores respostas em alevinos de tilápia do Nilo para os parâmetros de desempenho é de 1,11 e 0,99% e, para deposição de proteína corporal é de 1,43 e 1,28%, que correspondem a uma relação treonina:lisina total e digestível de 71,0 e 69,0% e de 90,0 e 89,0%, respectivamente.

- o nível de lisina total ou digestível de 1,80% (0,600% Mcal de ED) e 1,70% (0,567% Mcal de ED), respectivamente, foi o que proporcionou os melhores resultados de desempenho e características de carcaça de alevinos de tilápia do Nilo, quando se utilizou o conceito de proteína ideal na formulação das rações experimentais.