

SYLVIA SANAE TAKISHITA

**NÍVEIS DE LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE
TILÁPIA DO NILO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

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

T

T136n
2008

Takishita, Sylvia Sanae, 1979-

Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo / Sylvia Sanae Takishita. – Viçosa, MG, 2008.

xi, 43f.: il. ; 29cm.

Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 37-43.

1. Tilápia (Peixe) - Nutrição - Necessidades. 2. Aminoácidos na nutrição animal. 3. Tilápia (Peixe) - Registro de desempenho. 4. Tilápia (Peixe) - Alimentação e rações. 5. *Oreochomis niloticus*. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 639.3774

SYLVIA SANAE TAKISHITA

**NÍVEIS DE LISINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE
TILÁPIA DO NILO**

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

APROVADA: 27 de fevereiro de 2008.

Prof. Sérgio Luiz de Toledo Barreto
(Co-orientador)

Prof. Juarez Lopes Donzele
(Co-orientador)

Prof. Márvio Lobão Teixeira de Abreu

Prof. Paulo César Brustolini

Prof. Eduardo Arruda Teixeira Lanna
(Orientador)

A Deus, pela minha existência e por estar sempre presente.

Ao meu pai Mário (*in memoriam*), pela honestidade com a vida
e por todo amor dedicado a mim.

A minha mãe Maria das Graças, pelos exemplos de força e integridade e por ser meu porto
seguro.

Aos meus irmãos Marcio, Roberto e Paulo, por serem sempre fonte de alegria e incentivo
em minha vida.

Ao meu noivo Luciano, pelo amor e força, e por toda a ajuda na minha busca por sabedoria.

AGRADECIMENTOS

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

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

A Ajinomoto Biolatina pela concessão dos aminoácidos sintéticos.

A Poli-nutri Alimentos pela concessão do Premix vitamínico e mineral.

Aos professores co-orientadores Juarez Lopes Donzele, Sérgio Luiz de Toledo Barreto e Márvio Lobão Teixeira de Abreu 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.

Ao professor Paulo César Brustolini, pelas sugestões apresentadas.

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.

Ao professor da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Marcos Antônio Delmondes Bomfim, pela amizade, paciência e imprescindível ajuda prestada durante a redação desta dissertação.

Aos meus amigos irmãos, Daniel Carneiro de Abreu, Máira Paula de Sousa, Moisés Quadros e Shirley Motta de Souza, pela presença em minha vida, e por toda ajuda e incentivo.

Aos estagiários Fernando, Juliana e Breno pela amizade e dedicação.

Aos novos amigos Henrique, Felipe e Vinícius, pela ajuda e pela alegria de sua amizade.

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

BIOGRAFIA

SYLVIA SANAE TAKISHITA, filha de Mário Kendi Takishita e Maria das Graças Pinho Takishita, nasceu na cidade de Belém, Estado do Pará, no dia 2 de dezembro de 1979.

Iniciou o curso de Graduação em Zootecnia em abril de 2001, pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, na cidade de Viçosa, Estado de Minas Gerais, graduando-se em março de 2006.

Foi admitida no programa de Pós-Graduação em Zootecnia em março de 2006, em nível de Mestrado, da Universidade Federal de Viçosa – UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Submeteu-se aos exames finais de defesa de tese no dia 27 de fevereiro de 2008.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	6
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição percentual e bromatológica das rações experimentais (matéria natural).....	20
Tabela 2: Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da ração	23
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	31

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Representação gráfica do consumo de ração de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da dieta.24
- Figura 2 – Representação gráfica do ganho de peso de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da dieta.26
- Figura 3 – Representação gráfica da taxa de crescimento específico de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da dieta.28
- Figura 4 – Representação gráfica da eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da dieta.35

RESUMO

TAKISHITA, Sylvia Sanae, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro 2008. **Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo.** Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Co-orientadores: Juarez Lopes Donzele e Sérgio Luiz de Toledo Barreto.

Objetivando-se avaliar o efeito de níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem tailandesa, com base no conceito de proteína ideal, realizou-se um experimento com duração de 32 dias. Foram utilizados 432 alevinos com peso inicial de $0,98 \pm 0,03$ g, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado composto por seis tratamentos, seis repetições e doze peixes por unidade experimental. Os tratamentos constaram de seis rações isoenergéticas (3000 Kcal de ED/Kg de ração) e isoprotéicas (39,14% de PB) com diferentes níveis de lisina digestível (1,50; 1,66; 1,82; 1,98; 2,14 e 2,30%). Os parâmetros avaliados foram: consumo de ração, consumo de lisina digestível, ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, conversão alimentar, 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. Não houve efeito do nível de lisina digestível das rações sobre a taxa de sobrevivência, umidade e porcentagem de gordura corporal e deposição de gordura corporal dos peixes. O aumento dos níveis de lisina digestível melhorou linearmente os parâmetros de consumo de lisina digestível, conversão alimentar, porcentagem de proteína corporal e deposição de proteína corporal. Entretanto, o LRP (*Linear Response Plateau*) foi o modelo de melhor ajuste para os parâmetros de consumo de ração, ganho de peso, taxa de crescimento específico e eficiência de retenção de nitrogênio, estimando em 2,06%, 2,17%, 2,14% e 2,12% o nível de lisina digestível para maximizar cada um dos parâmetros citados, respectivamente. Conclui-se que a exigência de lisina total e digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo é, respectivamente de 2,32% (0,773% / Mcal de ED) e 2,17% (0,723% / Mcal de ED), correspondente ao consumo diário de 7,21 mg de lisina total e 6,67 mg de lisina digestível, para atender aos principais parâmetros de desempenho (consumo de ração, ganho de peso e taxa de

crescimento específico) e características de carcaça (eficiência de retenção de nitrogênio), utilizando-se o conceito de proteína ideal na formulação das rações experimentais.

ABSTRACT

TAKISHITA, Sylvia Sanae, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february 2008.
Digestible lysine levels in diet for Nile tilapia fingerlings. Adviser: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Co-advisers: Juarez Lopes Donzele and Sérgio Luiz de Toledo Barreto.

The current study was aimed at evaluating the effect of digestible lysine levels in diet for Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*), of the thailand lineage based on the ideal protein concept in a 32 days trial. 432 Nile tilapia fingerlings with an average initial weight of 0.98 ± 0.03 g were allotted in a completely randomized design, with six treatments, six replications per treatment and twelve fish per experimental unit. The treatments had consisted of six isoenergetic (3.000 Kcal of DE/Kg of food) and isoproteic (39.14% of CP) diets with different levels of digestible lysine (1.50%, 1.66%, 1.82%, 1.98%, 2.14% and 2.30%). Feed intake, digestible lysine intake, weight gain, specific growth rate, survival rate, feed conversion, daily protein deposition rate, daily fat deposition rate, chemistry body composition (humidity, protein and fat content) and nitrogen retention efficiency were evaluated. The survival rate, body fat and humidity content, and body fat deposition on the fish was not affected by the level of digestible lysine of the diets. The increasing levels of lysine improved linearly the parameters of digestible lysine intake, feed conversion, body protein content and body protein deposition. However, the LRP (*Linear Response Plateau*) was the model which best fit the parameters of feed consumption, weight gain, specific growth rate and nitrogen retention efficiency, estimating at 2.06%, 2.17%, 2.14% and 2.12% the level of digestible lysine to maximize each of the parameters cited, respectively. It was concluded that the total and digestible lysine requirement for Nile tilapia fingerlings was 2,32% (0,773% / Mcal of DE) and 2,17% (0,723% / Mcal of DE), respectively, that correspond to a daily intake of 7,21 mg of total lysine and 6,67 mg of digestible lysine to meet the main parameters of performance (feed consumption, weight gain and specific growth rate) and carcass characteristics (nitrogen retention efficiency), when the ideal protein concept in the formulation of experimental diets was used.

INTRODUÇÃO

A aquicultura mundial transformou-se em uma atividade consolidada capaz de abastecer à incessante demanda por produtos pesqueiros, frente ao estancamento das capturas observado desde o final dos anos 80 (Camargo & Pouey, 2005).

Por outro lado, no Brasil, a aquicultura é uma atividade desenvolvida modestamente, firmando-se como atividade econômica no cenário nacional da produção de alimentos a partir de 1990, quando a produção de pescado girava em torno de 25.000 toneladas/ano, evoluindo para uma produção aproximada de 200.000 toneladas/ano em 2001. Apesar desse significativo aumento na produção, o país ocupa a vigésima posição mundial entre os produtores de pescado cultivado (FAO, 2003).

A tilápia é a segunda espécie de maior importância na aquicultura mundial e está entre as principais espécies produzidas pela aquicultura continental brasileira, sendo considerada com maior potencial para uma expansão produtiva da aquicultura nacional (Lovshin, 2000). A produção brasileira de tilápias representa a sétima posição mundial entre os produtores da espécie (FAO, 2006).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), originária da África, foi introduzida no Brasil há mais de 20 anos (Lovshin, 2000), tornando-se atualmente uma das espécies mais produzida em cativeiros no país. Do ponto de vista nutricional, as tilápias alimentam-se dos níveis primários da cadeia trófica, aceitam uma grande variedade de alimentos e respondem com a mesma eficiência à ingestão de proteínas de origem vegetal e animal, características

que conferem uma série de vantagens produtivas à espécie (Boscolo et al. 2002a). Além disso, são resistentes a doenças, superpovoamentos e baixos teores de oxigênio dissolvido. Outra vantagem é a prolificidade da espécie, já que as tilápias reproduzem-se durante todo o ano nas regiões mais quentes do País.

De acordo com Ostrensky & Borghetti (2006), somada às características de produção, a espécie é muito aceita no mercado consumidor brasileiro e com grande demanda internacional. Isto porque possuem boas características organolépticas e nutricionais, tais como: carne considerada saborosa, baixo teor de gordura (0,9 g/100 g de carne) e de calorias (172 kcal/100 g de carne), ausência de espinhos em forma de “Y” (mioceptos) e rendimento de filé de aproximadamente 35% a 40%, em exemplares com peso médio de 450 g, o que as potencializa como peixes para industrialização.

Apesar de todas essas características, a nutrição de peixes ainda é uma das áreas mais carentes da aquicultura brasileira, juntamente com melhoramento genético, sanidade e parâmetros de qualidade da água (Ostrensky & Borghetti, 2006). Sendo assim, avanços na investigação e incentivos ao desenvolvimento científico nessas áreas são medidas necessárias para possibilitar a evolução da cadeia produtiva da aquicultura continental no País.

Pesquisas sobre as exigências nutricionais das espécies de peixes cultivadas têm grande importância na busca por avanços tecnológicos que sirvam de base para o crescimento e fortalecimento da aquicultura brasileira, uma vez que mudanças neste fator de produção podem agregar melhorias no desempenho dos animais, representar redução no custo de produção, menores danos ambientais, e conseqüentemente ganhos significativos na produção nacional de peixes.

Grande número dos estudos sobre exigências nutricionais para peixes tem abordado as exigências de proteínas e aminoácidos por representarem o componente mais caro das formulações. Além disso, quando em níveis excedentes às exigências dos animais resultam em elevada excreção de nitrogênio que constitui um dos principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático (Furuya et al. 2001).

Segundo Wilson e Poe (1985), peixes não possuem uma exigência específica por proteína bruta, mas exigência por adequado balanceamento de aminoácidos essenciais e aminoácidos não-essenciais, que devem estar presentes em proporções adequadas e que podem ser obtidas pela combinação de ingredientes ou pela suplementação com aminoácidos sintéticos.

Deficiências em aminoácidos essenciais normalmente ocasionam redução na utilização da proteína, diminuição da taxa de ganho de peso diário e da eficiência alimentar, além de implicarem em redução da resistência a doenças pelo comprometimento dos mecanismos de resposta imunológica (Pezzato et al. 2004).

As rações utilizadas na aquicultura, além de atenderem às exigências nutricionais das espécies, devem proporcionar reduzidos excedentes de nutrientes visando minimizar os impactos negativos sobre os sistemas de criação e os ecossistemas aquáticos (Henry-Silva et al. 2006). Segundo Halver & Hardy (2002), a formulação de rações com base no conceito de proteína ideal pode ser uma estratégia eficiente para atender às condições anteriormente citadas.

O conceito de proteína ideal é definido como o adequado balanceamento de aminoácidos digestíveis de modo a atender as exigências em aminoácidos essenciais e não essenciais para manutenção e produção, sendo que cada aminoácido essencial deve ser

expresso em relação a um aminoácido referência (Parson & Baker, 1994). A lisina foi adotada como o aminoácido de referência na determinação da proteína ideal. Desta maneira, a definição das exigências de lisina para as espécies de peixes cultivadas é uma importante ferramenta para melhorar a eficiência da alimentação.

As exigências de lisina para tilápia do Nilo encontradas na literatura apresentam resultados diversos, com recomendações de níveis de lisina total variando de 1,40 a 1,80% (Jacson & Capper, 1982; Santiago & Lovell, 1988; Furuya et al. 2004; Furuya et al. 2006; Bomfim et al. 2006). De acordo com Bureau & Encarnação (2006), tais variações podem ser atribuídas a diversos fatores como: a metodologia utilizada para estimar as exigências de aminoácidos, diferenças na forma de expressar a exigência dos aminoácidos (% da dieta, g/kcal de ED, % proteína), desenho experimental utilizado, diferenças entre dietas experimentais (práticas ou purificadas) ou a fase de produção dos peixes empregados nos experimentos.

Outro fator a ser considerado é que a utilização de linhagens de baixo desempenho e a fixação dos níveis dos demais aminoácidos nas rações, resultando assim em diferentes relações aminoácido:lisina, pode limitar a resposta dos animais em diferentes proporções dos níveis de lisina (Bomfim, 2006), subestimando a exigência e aumentando a variabilidade entre recomendações obtidas através de diferentes estudos.

Os avanços gerados pela genética vêm produzindo animais altamente eficientes que apresentam melhor desempenho e maior produtividade. Considerando que as exigências nutricionais das linhagens de peixes atuais tenham se modificado, é preciso que sejam feitas atualizações de suas exigências nutricionais considerando também a fase produtiva da vida do animal, uma vez que as exigências podem diferir com os estágios da vida do peixe.

Objetivou-se com este trabalho determinar a exigência de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo com base no conceito de proteína ideal.

A presente dissertação foi elaborada seguindo-se as normas para redação de teses (UFV, 2000) em forma de texto corrido e o texto foi elaborado com base nas normas para elaboração e publicação de artigos técnicos científicos na Revista Brasileira de Zootecnia.

REVISÃO DE LITERATURA

As rações formuladas para aquicultura estão entre as mais caras dentre as destinadas à produção animal encontradas no mercado. As rações comerciais para tilápias possuem níveis de proteína bruta variando entre 24,0 a 56,0%, o que implica em elevada participação de ingredientes protéicos que correspondem a mais de 50,0% de seu custo (Gonçalves, 2007). Segundo Luquet (1989), o valor biológico das fontes protéicas, o qual depende apenas do conteúdo e do balanceamento de aminoácidos essenciais, deve ser considerado na nutrição de tilápias.

Parte do alto custo das rações para aquicultura é atribuída ao uso de elevados níveis de ingredientes de alto valor comercial, principalmente de origem animal, visto que melhoram o valor nutritivo das dietas por possuírem melhor balanceamento de aminoácidos. Embora os ingredientes de origem vegetal utilizados na composição de rações comerciais apresentem menor custo comercial do que os de origem animal, usualmente possuem deficiência de alguns aminoácidos, sendo necessário a suplementação com aminoácidos sintéticos (El-Dahhar & El-Shazly, 1993; Furuya et al. 2006).

Desta forma, o uso de aminoácidos sintéticos vem aumentando e tornando-se uma ferramenta chave para a elaboração de dietas mais eficientes para aquicultura.

Além disso, para garantir a sustentabilidade da aquicultura é preciso aliar aumento significativo na produção de peixes às maiores restrições relativas ao uso e contaminação do ambiente aquático. Isto significa conciliar aumento da produtividade com redução da

carga de resíduos liberados no meio ambiente, característica fundamental para o desenvolvimento econômico da atividade de maneira sustentável.

Rações formuladas com base no conteúdo de proteína bruta podem não atender às exigências nutricionais dos peixes para todos os aminoácidos, devido à possibilidade de haver deficiência de algum aminoácido. Isto porque peixes não têm uma exigência específica por proteína bruta, mas sim por uma mistura corretamente balanceada de aminoácidos essenciais e não-essenciais (Wilson, 2003; Furuya et al. 2005; Bomfim et al. 2005a).

A essencialidade de um aminoácido deve-se à inabilidade que o animal tem em sintetizar o correspondente esqueleto de carbono ou cetoácido, ou por fazê-lo a taxas incompatíveis com as necessidades do organismo. Neste caso, o suprimento desses nutrientes na dieta é obrigatório. Já os aminoácidos denominados não-essenciais ou dispensáveis são aqueles que o organismo do animal é capaz de sintetizar (D'Mello, 2003a).

Deficiências ou excessos de aminoácidos interferem na utilização da fração nitrogenada, assim como no desempenho, na composição química e no rendimento de carcaça dos peixes, implicando em redução da produtividade, aumento do custo de produção e aumento da excreção de nitrogênio para o ambiente aquático (Furuya et al. 2000; Furuya et al. 2001; Cho & Bureau, 2001; Green & Hardy, 2002; Twibell et al. 2003).

A determinação das exigências de aminoácidos essenciais para peixes é uma necessidade para o aperfeiçoamento da relação custo-benefício com a alimentação, aliada a maior eficiência de utilização da proteína da dieta que é traduzida em menor sobra de nitrogênio para ser eliminado ao ambiente aquático (Yamamoto et al. 2005).

As exigências dos aminoácidos essenciais para diversas espécies de peixes têm sido quantificadas há aproximadamente 40 anos (Wilson, 2002). Muitos métodos empíricos têm sido aplicados para estabelecer as exigências dietéticas quantitativas de aminoácidos essenciais para os peixes. Neste contexto, um grande número de estudos foi estabelecido com experimentos de dose-resposta e atualmente utilizado como base para a determinação de uma proteína ideal (Santiago & Lovell, 1988; Green & Hardy, 2002; Furuya et al. 2004; Furuya et al. 2005; Furuya et al. 2006; Bomfim et al. 2006).

A proteína ideal é definida como o balanceamento exato de aminoácidos essenciais e o suprimento adequado de aminoácidos não-essenciais capaz de prover, sem deficiências ou excessos, as necessidades absolutas de todos os aminoácidos exigidos para manutenção e máxima deposição protéica (Parsons & Baker, 1994; Green & Hardy, 2002; Furuya, 2007; Botaro et al. 2007).

Este conceito foi estabelecido por meio da proposta de que todos os aminoácidos essenciais sejam expressos em relação a um aminoácido de referência. A lisina foi escolhida pelos pesquisadores como aminoácido referência na determinação do perfil da proteína ideal por ser o primeiro aminoácido limitante na maioria das dietas formuladas para animais monogástricos. Além disso, este aminoácido pode ser economicamente obtido na forma sintética, além de sua determinação analítica ser simples e direta e o seu metabolismo ser orientado principalmente para deposição de proteína corporal (Sakomura & Rostagno, 2007).

A razão para o uso deste conceito nas formulações de dietas para produção animal é fundamentada no fato de que as relações entre os aminoácidos essenciais e a lisina permanecem praticamente constantes, apesar de diversos fatores dietéticos, ambientais e

genéticos poderem afetar as exigências dos aminoácidos (Sakomura & Rostagno, 2007). Desta maneira, os nutricionistas determinam as proporções ideais de aminoácidos essenciais em relação à lisina e utilizam tais informações como base para calcular os níveis dos aminoácidos nas rações.

Segundo Bomfim (2006), para a determinação da exigência dietética de lisina tem-se proposto utilizar rações com níveis crescentes de lisina digestível que devem ser acompanhados pelo estabelecimento de um adequado balanceamento de aminoácidos essenciais nas rações experimentais, uma vez que desequilíbrios no perfil de aminoácidos das rações podem influenciar os resultados obtidos nos experimentos. Desta maneira, as relações mínimas dos aminoácidos com a lisina nas dietas devem ser mantidas para evitar que a deficiência de outro aminoácido possa limitar a utilização de cada nível de lisina testado para o desempenho dos animais.

É preciso destacar a importância em se considerar a digestibilidade de cada aminoácido na formulação de dietas com base no conceito de proteína ideal, uma vez que a digestibilidade dos aminoácidos é bastante variável entre os ingredientes (Furuya et al. 2001). Desta maneira, não é adequada a extrapolação do valor do coeficiente de digestibilidade da proteína bruta para estimar os valores dos aminoácidos digestíveis.

Resultados de estudos têm demonstrado que desequilíbrios no perfil de aminoácidos da dieta podem reduzir a quantidade de ração ingerida e a eficiência de utilização dos aminoácidos essenciais pelos peixes. Yamamoto et al. (2000), estudando a auto-seleção pela truta arco-íris, observaram a preferência dos peixes por dietas com perfil de aminoácidos essenciais balanceado, sem considerar o nível de proteína dietética. Estudos com misturas desbalanceadas de aminoácidos essenciais demonstraram depressão da

quantidade de ração consumida por diversas espécies de peixes (Mambrini & Kaushik, 1994; Davis & Morris, 1997; Green et al. 2002; Rodehutschord et al. 1997; Encarnação et al. 2006).

Segundo D'Mello (2003b), o primeiro efeito observado em resposta a utilização de dietas com desequilíbrio no perfil de aminoácidos é a redução no consumo de alimento, com conseqüente redução na quantidade de aminoácido limitante ingerido, ocasionando diminuição do crescimento. De acordo com este autor, o mecanismo teórico pelo qual o consumo de ração é diminuído quando rações desbalanceadas são usadas na alimentação consiste na hipótese de que os níveis dos aminoácidos plasmáticos após o consumo de dietas desequilibradas podem estimular a síntese ou inibir a quebra de proteínas no fígado, resultando em grande retenção do aminoácido limitante. Isto implica numa redução do suprimento do aminoácido limitante para os tecidos periféricos, embora a síntese protéica nesses tecidos prossiga ininterrupta. Conseqüentemente, o padrão de aminoácidos livres no plasma e nos tecidos torna-se desbalanceado, o que é detectado pelo sistema responsável pelo controle do apetite no cérebro. Neste contexto, a quantidade de ração consumida é reduzida e essa redução no consumo é a origem da depressão do crescimento em função de um desequilíbrio de aminoácidos.

A utilização de aminoácidos sintéticos tem permitido a elaboração de dietas com melhor balanceamento do perfil de aminoácidos dietéticos (Furuya et al. 2005). No entanto, a eficiência de utilização de aminoácidos sintéticos freqüentemente é relatada como sendo inferior à eficiência de utilização de aminoácidos oriundos da proteína intacta (Murai et al. 1986; Cowey, 1994; Bomfim, 2006).

Por outro lado, aminoácidos sintéticos são altamente solúveis no meio aquático,

representando maiores perdas por lixiviação do que os aminoácidos ligados à proteína (Zarate & Lovell, 1997). Outro fator que também contribui negativamente para a utilização de aminoácidos sintéticos pelos peixes é a mais rápida absorção dessa forma de aminoácidos quando comparada com aminoácidos derivados da proteína da dieta.

Avaliando os efeitos da frequência alimentar e da taxa de absorção estomacal com a utilização da lisina sintética e de lisina ligada à proteína, Zarate et al. (1999) ao trabalharem com bagre do canal, observaram que a taxa de absorção estomacal da lisina permanecia constante em peixes alimentados com rações em que o suprimento de lisina era proveniente principalmente do farelo de soja, enquanto diminuiu significativamente nos peixes alimentados com rações em que o 50% da lisina era suprida por L-lisina HCl. Os autores concluíram que a lisina sintética é absorvida mais rapidamente pelo estômago do que a lisina ligada à proteína.

Tantikitti & March (1995), estudando o perfil de aminoácidos plasmático na circulação sistêmica de truta arco-íris alimentadas com dietas suplementadas ou não com aminoácidos sintéticos, constataram que as concentrações plasmáticas de lisina, metionina e isoleucina aumentavam mais rapidamente após a alimentação nos peixes tratados com dietas suplementadas com aminoácidos sintéticos do que nos peixes tratados com a dieta basal que não foi suplementada com aminoácidos sintéticos.

A absorção mais rápida de aminoácidos sintéticos pode resultar em um aumento temporário da concentração nos tecidos de aminoácidos provenientes da forma livre e, conseqüentemente grande proporção desses aminoácidos serão catabolizados (Schumacher et al. 1997; Yamamoto et al. 2005). Entretanto, as perdas metabólicas de nitrogênio quando se utilizam aminoácidos sintéticos nas rações podem ser minimizadas com a redução do

intervalo de arraçoamento, que resulta em concentração plasmática de aminoácidos mais estável (Tantikitti & March, 1995), além de reduzir as perdas de aminoácidos sintéticos por lixiviação (Zarate & Lovell, 1997).

Muitas revisões têm identificado consideráveis variações nas estimativas das exigências dos aminoácidos para peixes (Cowey, 1994; Bomfim, 2006, Bureau & Encarnação, 2006). Os valores obtidos indicam grandes variações não apenas nas estimativas das exigências para as diferentes espécies, mas também grande variação nas estimativas de uma mesma espécie.

Estimativas publicadas das exigências de lisina total para tilápia do Nilo variam de 1,42 a 1,80% da dieta. A grande variabilidade entre os resultados de exigências obtidas entre os experimentos para uma mesma espécie de peixe é relatada também para outras espécies, como em estudos com truta arco-íris (Bureau & Encarnação, 2006). Resultados de estudos sugerem que a exigência de lisina para maximizar o ganho de peso é de 2,3% da dieta da truta arco-íris (Encarnação et al. 2004, El-Haroun & Bureau, 2006), enquanto o NRC (1993) menciona para esta espécie em 1,8% de lisina na dieta.

As variações observadas entre os diferentes estudos podem estar relacionadas ao tipo de ração experimental utilizada (purificadas, semipurificadas ou práticas), ao nível de aminoácidos sintéticos, a fase de produção dos peixes (alevinos, juvenis, crescimento ou terminação) e às diferentes linhagens dos peixes utilizados nos diversos ensaios, entre outros possíveis fatores.

Numerosas pesquisas têm utilizado dietas semipurificadas e purificadas para determinar as exigências de aminoácidos para peixes. Porém, a utilização de dietas purificadas para os peixes apresenta grandes limitações, principalmente pelo fato de muitas

espécies serem relutantes em aceitar esse tipo de dieta devido à menor palatabilidade quando comparadas com dietas práticas (Griffin et al. 1992). Santiago & Lovell (1988), em estudo sobre as exigências de aminoácidos para tilápia do Nilo na fase de crescimento utilizaram dietas teste purificadas, recomendando o nível de 1,42% de lisina total para máximo ganho de peso.

A fase de produção dos peixes é um importante fator que pode influenciar nas necessidades de aminoácidos. De acordo com Baldisserotto (2002), a taxa metabólica em função de uma unidade de peso (g ou Kg) é maior em peixes menores. Assim, quanto menor o peixe maior será seu consumo de alimento para satisfazer sua maior demanda metabólica, apresentando maior taxa de crescimento. Dessa maneira, animais mais jovens (larvas e alevinos) que apresentam maiores taxas de crescimento, e conseqüentemente apresentam exigências de proteína e aminoácidos superiores àquelas de peixes mais velhos (crescimento e terminação). Segundo Yamamoto et al. (2005), o tamanho do peixe é um dos fatores que influencia o nível ótimo de proteína bruta da dieta uma vez que a demanda relativa de proteína dietética reduz com o crescimento dos peixes.

De maneira semelhante, a linhagem dos peixes é outro fator a influenciar as estimativas das exigências nutricionais (Dabrowski & Guderley, 2002; Hauler & Carter, 2001). Segundo Boscolo et al. (2002b), a linhagem tailandesa apresenta maior capacidade de ganho de peso diário em relação à linhagem comum, o que implica em exigências nutricionais diferentes entre as diferentes linhagens.

Outra fonte de variação entre as estimativas das exigências de aminoácidos obtidas com diferentes estudos está relacionada ao parâmetro de resposta utilizado para se determinar o valor da exigência.

O ganho em peso é usado como o principal critério de resposta nos estudos sobre aminoácidos essenciais. Entretanto, evidências demonstram que o nível de lisina para maximizar a deposição de proteína pode diferir do nível de lisina para maximizar o ganho em peso. Segundo Bureau & Encarnação (2006), o animal buscará comer suficiente quantidade de uma ração nutricionalmente balanceada tentando atingir o seu padrão geneticamente determinado de crescimento. Desta maneira, a escolha do parâmetro de resposta para a determinação da exigência dietética de lisina poderá depender do objetivo a ser alcançado, como enfatizado por Bomfim (2006).

Encarnação et al. (2004) observaram que trutas arco-íris apresentam maior exigência dietética de lisina para máxima deposição protéica do que para o máximo ganho de peso. Segundo estes autores, as exigências de lisina para maximizar ganho de peso estão em torno de 2,2 a 2,3% de lisina total na dieta, enquanto àquela para maximizar ganho de proteína é de 2,7% de lisina total. Adicionalmente, os autores relatam que peixes alimentados com dietas contendo 2,2% de lisina total na dieta apresentaram maior quantidade de gordura do que peixes que receberam dietas com níveis de lisina de 2,7% de lisina total na dieta.

Outro importante fator que deve ser avaliado na determinação da exigência de aminoácidos essenciais é a densidade energética da ração. Segundo o NRC (1993), o consumo de certos nutrientes essenciais incluindo aminoácidos pode não satisfazer as exigências do animal quando a energia digestível (ED) da dieta é alta.

Expressar as exigências dietéticas de aminoácidos essenciais em função do teor energético da ração baseia-se na hipótese de que o conteúdo de energia da dieta determina a quantidade de ração consumida pelo peixe, e conseqüentemente influencia o consumo de

aminoácidos essenciais. Dessa maneira, se a densidade energética da ração pode influenciar no consumo e, conseqüentemente, na quantidade de aminoácidos ingerida, a utilização da relação entre a concentração dos aminoácidos em função do teor energético como critério para expressar as exigências dietéticas poderia minimizar a dificuldade na combinação dos resultados de diferentes experimentos (Bomfim, 2006).

Porém, Encarnação et al. (2004), estudando os efeitos do conteúdo de ED da dieta na utilização de lisina para truta arco-íris constataram que o conteúdo de ED da dieta não influenciou as estimativas das exigências de lisina. Segundo os autores, a deposição de proteína foi mantida embora o consumo de ração e o consumo de lisina tenham sido mais baixos com a ração com maior ED, o que indica que a redução no consumo de alimento devido ao aumento da densidade energética da dieta foi compensada por uma maior eficiência na utilização de lisina para deposição de proteína corporal. Peixes alimentados com dietas com alto conteúdo de ED tiveram maior consumo de ED diário para semelhantes níveis de lisina da dieta. Segundo os autores, o fato de a deposição de proteína corporal não ter sido afetada pelo conteúdo de energia da dieta é um indício de que os peixes controlam seu consumo de ração tendo como objetivo atender a taxa de deposição de proteína corporal determinada por seu potencial genético.

Neste contexto, Bomfim (2006) destaca que para que o critério de expressar as exigências dietéticas dos aminoácidos em função do teor energético da ração seja válido, é preciso 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, dentro de certos limites, demonstram poder satisfazer suas exigências em proteína pela variação do consumo, independentemente do teor energético da dieta.

É importante considerar ainda que diferentes parâmetros físico-químicos da água, como a temperatura da água utilizada nos diferentes estudos, podem influenciar os resultados de exigências obtidos, uma vez que estes fatores exercem efeitos diretamente no metabolismo dos peixes. Como exemplo disso, Moura et al. (2007) avaliando o desempenho e a atividade de amilase em tilápias do Nilo submetidas a diferentes temperaturas (20, 24, 28 e 32°C) concluíram que a temperatura da água influencia o metabolismo desses animais, afetando seu desempenho. Segundo esses autores, aumentos na temperatura implicaram em aumento linear no consumo de ração aparente, ganho de peso e na atividade da enzima amilase. Por outro lado, os autores verificaram uma redução linear na atividade específica da amilase com o aumento da temperatura. Este resultado demonstra que o pâncreas não produz amilase em proporções diretas à quantidade de substrato que chega ao duodeno, sendo compensado pelo aumento da ação catalítica da enzima.

De acordo com Baldisserotto (2002), a variação de temperatura além de alterar o metabolismo dos peixes, pode também alterar a absorção de nutrientes. Segundo este autor, a elevação da temperatura da água de 15 para 25°C resulta em aumento da velocidade de absorção de glicina em tainhas. Assim, é preciso considerar que os parâmetros físico-químicos da água podem influenciar os resultados de exigências obtidos entre diferentes estudos.

Considerando que as estimativas das exigências de lisina digestível para alevinos de tilápia do Nilo encontradas na literatura apresentam grandes variações e que, muitas vezes os estudos apresentavam respostas lineares devido à suplementação do aminoácido, indicando que as exigências podem ser superiores aos valores encontrados, a determinação

da exigência de lisina digestível com base no conceito de proteína ideal em rações para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma necessidade para o desenvolvimento da tilapicultura nacional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de abril a maio de 2007, 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 32 dias.

Foram utilizados 432 alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $0,98 \pm 0,03$ g, em um experimento com delineamento inteiramente casualizado composto por seis tratamentos, seis repetições e doze peixes por unidade experimental, sendo que os tratamentos consistiram nos níveis de 1,50; 1,66; 1,82; 1,98; 2,14; e 2,30% de lisina digestível.

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% por dia.

A água de abastecimento dos aquários foi proveniente do sistema de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa – UFV, sendo previamente declorada e aquecida por resistências elétricas, com temperatura controlada por termostato.

A temperatura da água foi mantida em torno de 28°C e monitorada diariamente, às 07h30min e 17h30min, por intermédio de um termômetro eletrônico 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.

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

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

As dietas experimentais foram formuladas a base de milho, glúten de milho, farelo de soja suplementadas com minerais e vitaminas para atender as exigências dos alevinos de acordo com recomendações do NRC (1993).

As suplementações com L-lisina foram feitas em substituição ao ácido glutâmico, com base no equivalente protéico, assegurando desta forma que todas as rações experimentais mantivessem o mesmo teor de proteína bruta. Foram feitas inclusões de amido em substituição ao óleo de soja para que as dietas experimentais mantivessem o mesmo teor de energia digestível. As rações foram suplementadas, quando necessário, com níveis crescentes de metionina+cistina, treonina, triptofano e isoleucina, resultando em rações nas quais se manteve constante, respectivamente em 66; 77; 23 e 64%, a relação entre esses aminoácidos e a lisina na base digestível. Desta maneira, a relação desses aminoácidos com a lisina foi mantida, pelo menos, três pontos percentuais acima daquelas estimadas a partir dos valores de exigência recomendados pelo NRC (1993).

As composições percentuais e bromatológicas das dietas experimentais foram calculadas segundo Rostagno et al. (2005) e encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Composição percentual e bromatológica das rações experimentais (matéria natural)

Ingredientes (%)	Níveis de lisina digestível (%)					
	1,50	1,66	1,82	1,98	2,14	2,30
Farelo de soja	50,091	50,091	50,091	50,091	50,091	50,091
Milho	20,597	20,597	20,597	20,597	20,597	20,597
Glúten de milho	21,620	21,620	21,620	21,620	21,620	21,620
Óleo de soja	0,349	0,314	0,258	0,181	0,104	-
Amido de milho	0,452	0,591	0,793	1,017	1,240	1,500
L-Lisina HCl – 78,4%	0,000	0,205	0,409	0,614	0,818	1,023
DL–Metionina – 99%	0,000	0,000	0,045	0,152	0,260	0,367
L–Treonina – 98,5%	0,000	0,015	0,142	0,270	0,397	0,525
L–Triptofano – 99%	0,000	0,020	0,058	0,096	0,133	0,171
L–Isoleucina – 99%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,059
Ac. Glutâmico – 99%	2,844	2,500	1,939	1,316	0,692	0,000
Fosfato bicálcico	2,978	2,978	2,978	2,978	2,978	2,978
Vitamina C ¹	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico e mineral ²	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal comum	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
BHT (Antioxidante)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada						
Proteína bruta (%)	39,14	39,14	39,14	39,14	39,14	39,14
Energia digestível (Kcal/kg)	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Ácido linoléico (%)	1,28	1,26	1,23	1,19	1,15	1,09
Cálcio (%)	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Fósforo disponível (%)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Sódio (%)	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257
Lisina total (%)	1,653	1,814	1,974	2,134	2,294	2,455
Lisina digestível (%)	1,500	1,660	1,820	1,980	2,140	2,300
Met. + Cist. digestível (%)	1,157	1,157	1,201	1,307	1,412	1,518
Treonina digestível (%)	1,264	1,278	1,401	1,525	1,648	1,771
Triptofano digestível (%)	0,362	0,382	0,419	0,455	0,492	0,529
Isoleucina digestível (%)	1,414	1,414	1,414	1,414	1,414	1,472
% lisina digest./Mcal de ED	0,500	0,553	0,606	0,660	0,713	0,767

¹ Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo.

² Composição por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D₃, 200.000 UI; Vit. E, 1.200 mg; Vit. K₃, 2.400 mg; Vit. B₁, 4.800 mg; Vit. B₂, 4.800 mg; Vit. B₆, 4.800 mg; Vit. B₁₂, 4.800 mg; Vit. C, 48 g; ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108 g; niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 30.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

Os valores para aminoácidos digestíveis e fósforo disponível foram estimados com base nos coeficientes de digestibilidade dos ingredientes de acordo com Rostagno et al. (2005), e de energia de acordo com Boscolo et al. (2002a) e Pezzato et al. (2002).

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.

No início do período experimental foram sacrificados 80 peixes após terem sido anestesiados, para análise corporal e no final do experimento foram selecionados oito animais por unidade experimental, com os pesos mais próximos ao peso médio da respectiva unidade.

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 (2002), sendo que a umidade corporal foi determinada pelo processo de liofilização.

Foram avaliados os seguintes índices zootécnicos: consumo de ração, consumo de lisina digestível, ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, conversão alimentar, 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 deposições diárias 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 foi expressa em porcentagem, tendo sido calculada pela diferença do nitrogênio corporal final e inicial, dividido pelo nitrogênio total consumido, multiplicado por 100.

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

Os dados foram interpretados por meio de análises de regressão em nível de 5% 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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o sistema de abastecimento de água e de aeração utilizado durante a condução do experimento os valores dos parâmetros de qualidade de água obtidos foram de $28,1 \pm 0,70^{\circ}\text{C}$ para temperatura, de $6,80 \pm 0,30$ para o pH, $6,0 \pm 0,40$ ppm para o oxigênio dissolvido. Estes valores encontram-se dentro da faixa recomendada para a criação da espécie estudada, que é de 27°C a 32°C segundo Kubitzka (2000).

Os resultados dos parâmetros de desempenho avaliados neste experimento estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da ração

Parâmetro	Nível de lisina digestível (%)						CV (%)
	1,50	1,66	1,82	1,98	2,14	2,30	
Peso inicial (g)	0,99	0,99	0,98	0,97	0,98	0,99	2,80
Consumo de ração (g)	9,32	9,22	9,40	9,57	10,04	9,80	4,14
Consumo de lisina digestível (mg)	139,84	153,06	171,07	189,42	214,91	225,36	4,08
Ganho de peso (g)	10,11	10,29	10,50	10,75	11,67	11,50	5,74
Conversão alimentar (g/g)	0,92	0,90	0,90	0,89	0,86	0,85	4,45
Taxa de crescimento específico (%/dia)	7,56	7,60	7,69	7,78	7,97	7,93	2,29

CV– coeficiente de variação

Não foi observado efeito ($P>0,05$) dos níveis de lisina digestível nas rações sobre a taxa de sobrevivência dos alevinos.

O consumo de ração aumentou ($P<0,05$) de forma linear à medida que se elevou a concentração de lisina digestível na dieta. Apesar do efeito linear verificado, o modelo

Linear Response Plateau (LRP) foi o que melhor se ajustou aos dados de consumo de ração, estimando em 2,06% o nível de lisina digestível a partir do qual ocorreu um platô (Figura 1), correspondente a um consumo diário estimado de 6,28 mg de lisina digestível.

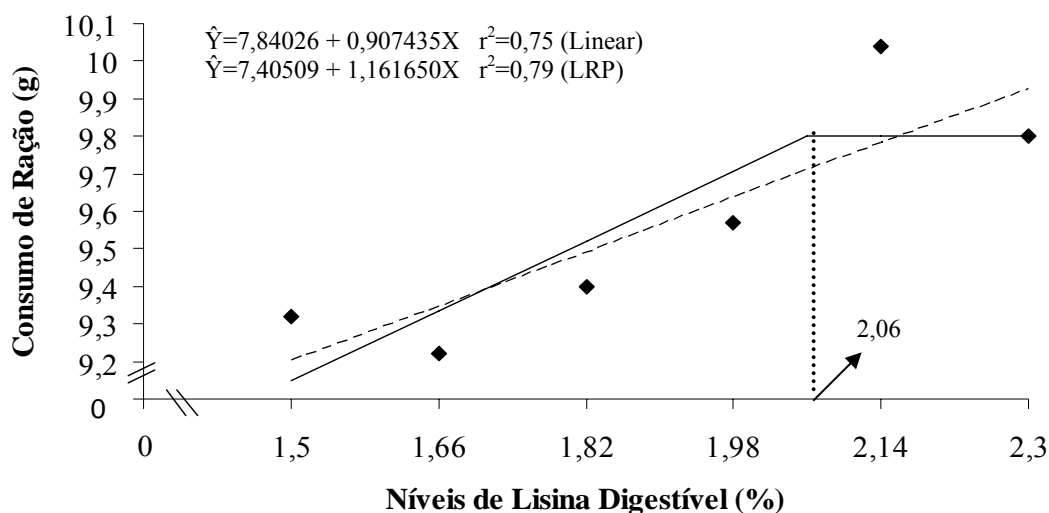


Figura 1 – Representação gráfica do consumo de ração de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível na dieta.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bomfim et al. (2006) ao trabalharem com tilápia do Nilo e Encarnação et al. (2004) ao trabalharem com truta arco-íris, que observaram resposta linear no consumo de ração pelos peixes devido ao incremento de lisina digestível na dieta. Os resultados assemelham-se também aos obtidos por Furuya et al. (2006) ao estudarem os efeitos dos níveis de lisina na alimentação de juvenis de tilápia do Nilo, e por Furuya et al. (2004) ao avaliarem o incremento dos níveis de lisina em dietas para tilápias em terminação, que obtiveram aumento no consumo de ração como resposta aos incrementos do aminoácido na dieta.

O aumento no consumo de ração em função dos níveis de lisina digestível é um indício de que melhores balanceamentos de aminoácidos na dieta estimulam o consumo de

ração dos alevinos.

Os resultados dos diferentes estudos evidenciaram que a influência da melhoria do balanceamento de aminoácidos sobre o consumo voluntário de alimento dos peixes independe da fase de crescimento.

Segundo Bureau & Encarnação (2006), perfis aminoacídicos desbalanceados na dieta podem ocasionar redução no consumo de ração e reduzir a eficiência de utilização de aminoácidos essenciais. Confirmando esta proposição, Yamamoto et al. (2000) verificaram que quando se permite livre seleção de diferentes rações, a truta arco-íris demonstra preferência por dietas que apresentem perfil de aminoácidos essenciais adequadamente balanceados.

Foi verificado efeito ($P < 0,01$) dos níveis de lisina digestível da dieta sobre o consumo de lisina digestível dos alevinos, que aumentou de forma linear segundo a equação $\hat{Y} = -32,4514 + 113,413X$ ($r^2 = 0,99$).

O resultado obtido no presente estudo assemelha-se ao observado por Bomfim et al. (2006) que verificaram aumento no consumo de lisina digestível à medida que aumentavam os níveis de lisina digestível da dieta.

O aumento linear do consumo de lisina digestível ocorreu devido ao aumento da concentração de lisina digestível nas rações associado ao aumento do consumo de ração pelos peixes, que foi estimulado pelo melhor balanceamento de aminoácidos.

Os níveis de lisina digestível influenciaram ($P < 0,05$) o ganho de peso dos alevinos que aumentou de forma linear. Porém, o LRP foi o modelo de melhor ajuste para este parâmetro, estimando em 2,17% o nível de lisina a partir do qual ocorreu um platô (Figura 2), correspondente a um consumo diário estimado de 6,67 mg de lisina digestível.

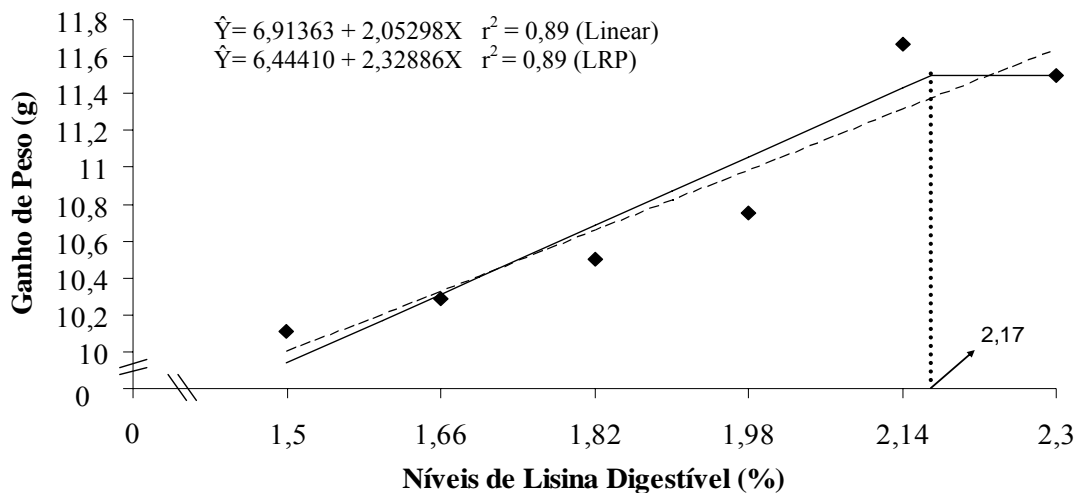


Figura 2 – Representação gráfica do ganho de peso de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível na dieta.

O aumento nos valores de ganho de peso corroboram os resultados obtidos por Bomfim et al. (2006), que verificaram aumento linear nos valores deste parâmetro ao trabalharem com alevinos de tilápia do Nilo submetidos às mesmas condições experimentais do presente estudo. Os resultados obtidos neste estudo assemelham-se também aos obtidos por Encaranção et al. (2004), que verificaram aumento linear no ganho de peso de truta arco-íris na fase de crescimento como resposta ao aumento dos níveis de lisina digestível na dieta.

Contudo, o valor de exigência estimado para o ganho de peso é superior ao encontrado por Santiago & Lovell (1988), de 1,43% de lisina total, avaliando juvenis de tilápia, e aos resultados obtidos por Furuya et al. (2004) e Furuya et al. (2006), que estimaram o valor de 1,42% de lisina total no primeiro estudo quando trabalharam com tilápias na fase de terminação, e em 1,56% o nível de lisina digestível no segundo estudo, quando trabalharam com juvenis da mesma espécie. O valor de exigência obtido no

presente estudo é também superior ao encontrado por Bomfim et al. (2006), que estimou em 1,70% de lisina digestível como sendo o nível mínimo para obter o melhor desempenho em ganho de peso.

As diferenças entre os resultados podem ser devidas a fatores relacionados à espécie, como a linhagem de tilápias utilizada ou a fase de crescimento analisada.

Linhagens de peixes com maior capacidade de crescimento apresentam maior exigência de aminoácidos digestíveis do que as de menor capacidade de crescimento (Dabrowski & Guderley, 2002; Hauler & Carter, 2001).

Segundo Boscolo et al. (2002b), a tilápia tailandesa apresenta maior capacidade de ganho de peso diário em relação à tilápia comum. Desta maneira, as diferenças observadas entre os resultados obtidos neste estudo e os valores recomendados por Jackson & Capper (1982) podem ser em parte justificadas, uma vez que estes autores utilizaram linhagens de tilápias comuns em seus experimentos.

De maneira semelhante, peixes na fase inicial (larvas e alevinos) apresentam elevada taxa de crescimento, que está diretamente relacionado à deposição de tecido muscular. De acordo com Baldisserotto (2002), larvas e alevinos possuem elevadas taxas metabólicas quando comparados com peixes em crescimento e terminação, o que implica em maiores taxas de crescimento dos animais jovens. Somado a isto, o autor relata que há uma redução do custo energético de síntese protéica à medida que aumenta a taxa de crescimento. Esta característica é traduzida em uma exigência de aminoácidos digestíveis superior em relação aos peixes na fase de crescimento e terminação (Yamamoto et al. 2005), o que poderia justificar as diferenças entre os valores obtidos neste trabalho e os recomendados por Furuya et al. (2004) que trabalharam com peixes na fase de terminação,

e os resultados obtidos por Santiago & Lovell (1988) e por Furuya et al. (2006) ao trabalharem com juvenis de tilápia.

A elevação dos níveis de lisina digestível na dieta resultou em melhoria linear ($P < 0,01$) da conversão alimentar, conforme a equação $\hat{Y} = 1,05138 - 0,086996X$ ($r^2 = 0,95$).

A melhoria linear da conversão alimentar devido ao incremento dos níveis de lisina digestível na dieta assemelha-se aos resultados dos estudos conduzidos por Bomfim et al. (2006), Furuya et al. (2006) e por Gonçalves (2006), com peixes em diferentes fases de crescimento. Os resultados obtidos neste trabalho assemelham-se também aos obtidos por Encarnação et al. (2004), que obtiveram melhoria linear na conversão alimentar ao trabalharem com seis níveis de lisina para juvenis de truta arco-íris.

A taxa de crescimento específico aumentou de forma linear ($P < 0,01$) devido à variação dos níveis de lisina digestível, porém o LRP foi o modelo de melhor ajuste para este parâmetro, estimando em 2,14% o nível de lisina a partir do qual ocorreu um platô (Figura 3), correspondente a um consumo diário estimado de 6,57 mg de lisina.

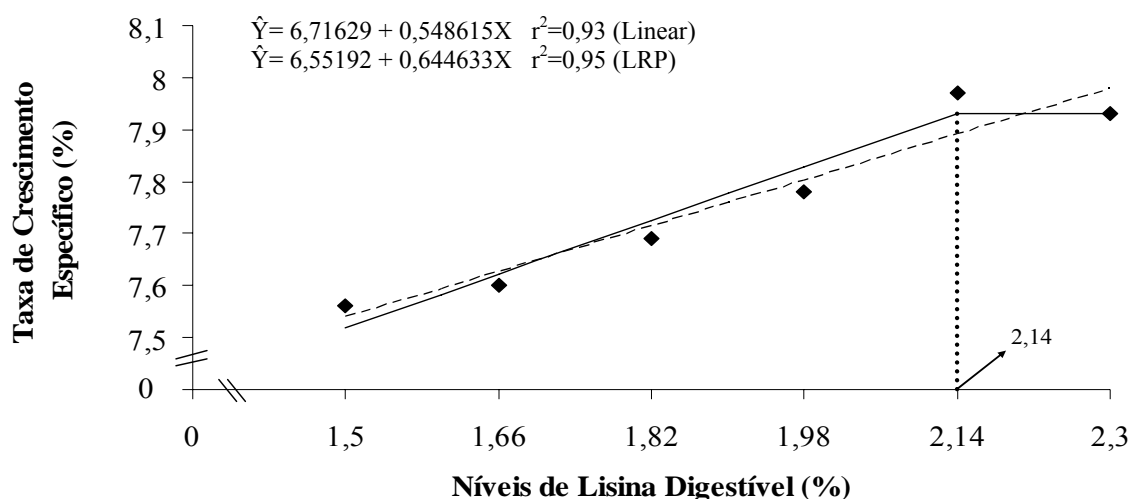


Figura 3 – Representação gráfica da taxa de crescimento específico de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível na dieta.

Os resultados de taxa de crescimento específico encontrados neste estudo assemelham-se aos observados por Bomfim et al. (2006) que ao avaliarem alevinos de tilápia do Nilo, verificaram aumento linear para este parâmetro em função do incremento dos níveis de lisina digestível na dieta.

A taxa de crescimento específico médio de 7,9% ao dia obtida pelos peixes alimentados com o maior nível de lisina testado assemelha-se àquela de 7,8% observada por Lanna et al. (2005) ao avaliarem a frequência de alimentação para alevinos de tilápia do Nilo, e foi inferior àquela de 8,9% ao dia obtida por Bomfim et al. (2006) trabalhando com animais na mesma categoria de peso, porém com menor período experimental que o utilizado no presente estudo. Contudo, a taxa de crescimento específico médio observada neste estudo foi superior aos valores obtidos por Furuya et al. (2006) ao avaliarem juvenis de tilápia, e por Furuya et al. (2004) ao trabalharem com animais na fase de terminação.

A taxa de crescimento específico diminui com o aumento do tamanho do peixe, ou seja, o incremento em peso é proporcionalmente menor à medida que o peixe cresce (Bardisserotto, 2002). Esta hipótese justificaria as diferenças entre as taxas de crescimento médias observadas no presente estudo e as obtidas por Furuya et al. (2004) e por Furuya et al. (2006).

As elevadas taxas de crescimento dos peixes verificadas demonstram que o manejo empregado neste experimento e as rações suplementadas com aminoácidos livres foram adequadas para potencializar o desempenho dos alevinos.

Com base nos parâmetros de desempenho, as estimativas de lisina digestível obtidas neste estudo são superiores aos valores encontrados por Jackson & Capper (1982), Santiago

& Lovell (1988), Furuya et al. (2004), Furuya et al. (2006) e por Bomfim et al. (2006).

As diferenças entre os resultados podem estar relacionadas a fatores como composição das rações (purificadas, semipurificadas ou práticas) e a temperatura da água utilizadas nos diferentes estudos.

Segundo Griffin et al. (1992), rações purificadas têm reconhecidamente menor aceitabilidade pelos peixes, devido à menor palatabilidade quando comparadas às rações práticas, acarretando em menores ganho de peso, eficiência alimentar e, conseqüentemente, exigência de lisina digestível na dieta, quando comparados a peixes alimentados com rações práticas.

De acordo com Moura et al. (2007), a temperatura da água influencia o metabolismo dos peixes, afetando seu desempenho. Aliado a esta característica, Baldisserotto (2002) relata que variações na temperatura da água além de alterar o metabolismo dos peixes, pode também alterar a absorção de nutrientes. Segundo Kubitza (2000), temperaturas acima de 32°C e abaixo de 27°C reduzem o apetite e o crescimento de tilápias, e abaixo de 18°C suprimem o sistema imunológico dos peixes desta espécie. Dessa maneira, temperaturas da água utilizadas nos estudos que sejam mantidas abaixo das médias recomendadas para a espécie podem ser responsáveis por estimativas de exigências nutricionais subestimadas, uma vez que cada espécie de peixe possui uma faixa de temperatura na qual expressam maior potencial de crescimento (Moura et al. 2007).

Os resultados médios da composição corporal, das deposições diárias de proteína e de gordura corporais e da eficiência de retenção de nitrogênio dos alevinos avaliados neste experimento 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

Parâmetro	Nível de lisina digestível (%)							CV (%)
	Inicial	1,50	1,66	1,82	1,94	2,14	2,30	
Umidade corporal (%)	78,21	77,06	77,07	76,81	76,88	76,86	76,88	0,66
Porcentagem de gordura corporal	7,33	5,20	5,24	5,85	5,69	5,02	5,01	18,28
Porcentagem de proteína corporal	9,73	10,55	10,73	11,00	11,16	11,29	11,14	4,42
Deposição de gordura corporal (mg/dia)	–	15,85	16,21	18,73	18,47	17,62	17,30	21,27
Deposição de proteína corporal (mg/dia)	–	33,67	34,85	36,50	37,88	41,74	40,47	7,25
Eficiência de retenção de nitrogênio (%)	–	29,32	30,90	31,73	32,36	33,97	33,76	5,42

CV– coeficiente de variação

O aumento nos teores de lisina digestível da ração não influenciou ($P>0,05$) o teor de umidade e a porcentagem de gordura corporal dos peixes, como também não houve efeito ($P>0,05$) sobre a deposição de gordura corporal. Estes resultados diferem dos obtidos por Bomfim et al. (2006), que relataram aumento linear dos valores obtidos para deposição de gordura corporal e redução do teor de umidade corporal, e dos resultados obtidos por Encarnação et al. (2006) que verificaram aumento no teor de gordura da carcaça de trutas arco-íris devido ao aumento dos níveis de lisina na dieta. Porém, estes resultados assemelham-se aos observados por Furuya et al. (2006), que não observaram efeito na porcentagem de gordura na carcaça em função dos níveis crescentes de lisina nas rações.

Houve efeito ($P<0,05$) dos níveis de lisina digestível sobre a porcentagem de proteína corporal dos peixes que aumentou de forma linear, de acordo com a equação $\hat{Y} = 9,37139 + 0,848736X$ ($r^2 = 0,79$).

Os resultados de porcentagem de proteína corporal corroboram os estudos de Furuya et al. (2006), que verificaram aumento linear dos níveis de lisina digestível sobre a

composição de proteína bruta corporal de juvenis de tilápia do Nilo. De maneira semelhante, Bomfim et al. (2006) verificou aumento linear no teor de proteína corporal como resposta ao incremento de lisina digestível nas rações ao trabalharem com animais de mesma categoria de peso e linhagem.

Entretanto, o valor de lisina digestível de 2,30% encontrado para maximizar a porcentagem de proteína corporal é superior ao valor de 1,70% de lisina digestível recomendado por Bomfim et al. (2006) para alevinos de tilápia do Nilo. É superior também aos valores recomendados por Furuya et al. (2006) ao avaliarem juvenis de tilápia 1,74% de lisina digestível para proteína bruta corporal.

Uma possibilidade que poderia justificar as diferenças verificadas entre a exigência aqui encontrada e a determinada por Furuya et al. (2006) baseia-se no fato destes autores terem trabalhado com juvenis de tilápia, enquanto o presente estudo avaliou animais mais jovens que apresentam maiores taxa metabólica e taxa de crescimento específico (Baldisserotto, 2002) quando comparados com peixes em crescimento. Desta maneira, pode-se inferir que alevinos apresentam maior exigência de aminoácidos para atender a maior demanda metabólica quando comparados com peixes em crescimento, justificando as diferenças entre as estimativas encontradas.

Comparando o desempenho de juvenis de truta arco-íris alimentados com rações contendo 1,50 e 2,00% de lisina digestível, Encarnação et al. (2006) obtiveram maior teor de proteína na carcaça de peixes alimentados com dietas com maior nível de lisina digestível.

Resultados semelhantes foram observados por Encarnação et al. (2004), que

também verificaram aumento linear no teor de proteína na carcaça de truta arco-íris devido ao incremento dos níveis de lisina na dieta. Segundo os autores, a suplementação de lisina na dieta aumenta a concentração de um grande número de aminoácidos na proteína corporal dos peixes, indicando que os peixes parecem poder depositar proteínas com diferentes perfis de aminoácidos dependendo da concentração de lisina na dieta.

Há ainda problemas que podem ocorrer com a utilização de rações suplementadas com aminoácidos sintéticos, como a possibilidade de maior lixiviação dos aminoácidos sintéticos do que os aminoácidos ligados à proteína no ambiente aquático e o possível desbalanceamento do perfil aminoacídico ideal nos sítios de síntese protéica, uma vez que aminoácidos livres são absorvidos mais rapidamente do que os aminoácidos provenientes da proteína intacta, comprometendo em ambos os casos sua eficiência de utilização para favorecimento do desempenho dos animais (Cowey, 1994; Tantikitti & March, 1995; Schumacher et al. 1997; Zarate & Lovell, 1997; Lanna et al. 2005).

Neste estudo, optou-se pelo aumento na frequência de alimentação com o fornecimento de quantidades pequenas e em repasses sucessivos para garantir a rápida e completa ingestão das rações. Com esta prática buscou-se reduzir o tempo de contato das rações com a água, além de permitir a adequada utilização dos aminoácidos suplementados a uma taxa compatível com a capacidade de utilização pelos tecidos (Tantikitti & March, 1995; Zarate et al. 1999; Rodehutsord et al. 2000; Lanna et al. 2005).

Segundo Bomfim et al. (2006), uma hipótese que também contribuiria para as diferenças observadas entre os resultados obtidos nos diferentes estudos consistiria no estabelecimento de deficiência de algum aminoácido essencial à medida que o nível de lisina digestível da dieta foi sendo incrementado, em situações que as

relações dos aminoácidos com a lisina ficariam abaixo das relações mínimas calculadas com base nos valores de exigência recomendados pelo NRC (1993), o que limitaria a resposta dos animais alimentados devido à deficiência de algum outro aminoácido essencial.

A deposição de proteína corporal melhorou linearmente ($P < 0,01$) em função do aumento dos níveis de lisina digestível na dieta, segundo a equação $\hat{Y} = 18,4132 + 10,09080X$ ($r^2 = 0,91$).

Resultado semelhante foi verificado por Bomfim et al. (2006), ao trabalharem com tilápias e por El-Haroun & Bureau, (2006), ao trabalharem com truta arco-íris.

Estes resultados assemelham-se também aos obtidos por Encarnação et al. (2006) e Encarnação et al. (2004) que relataram ter verificado aumento na deposição de proteína devido à adição de lisina em dietas para truta arco-íris. Os autores observaram que a exigência de lisina na dieta para maximizar a deposição de proteína é superior ao valor de exigência para maximizar ganho de peso, o que está em conformidade com os resultados obtidos no presente estudo, uma vez que a exigência de lisina digestível para maximizar o ganho de peso foi estimada em 2,17% enquanto para deposição de proteína o nível mínimo foi 2,30% de lisina digestível da dieta.

Foi verificado aumento linear ($P < 0,01$) da eficiência de retenção de nitrogênio em função do aumento dos níveis de lisina digestível na dieta. Entretanto, o LRP foi o modelo de melhor ajuste para os dados deste parâmetro, estimando em 2,12% o nível de lisina digestível (Figura 4), correspondente a um consumo diário de 6,50 mg de lisina digestível.

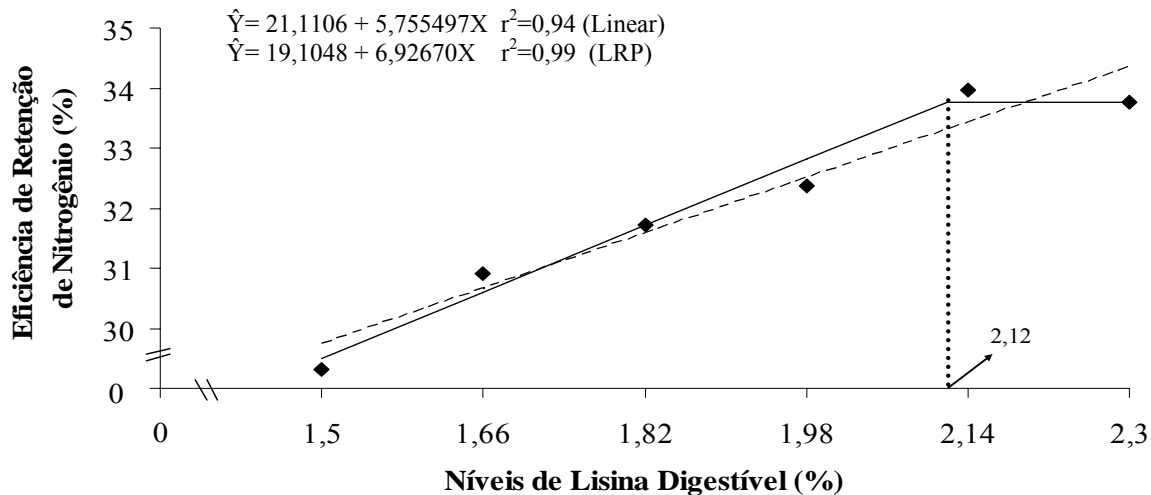


Figura 4 – Representação gráfica da eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tilápia do Nilo, em função do nível de lisina digestível da dieta.

Os resultados de eficiência de retenção de nitrogênio corroboram os estudos de Furuya et al. (2006), que verificaram aumento linear da retenção de nitrogênio em função dos níveis de lisina digestível, para juvenis de tilápia do Nilo. De maneira semelhante, Bomfim et al. (2006) verificaram aumento linear nos valores deste parâmetro como resposta ao incremento de lisina digestível nas rações ao trabalharem com animais de mesma categoria de peso e linhagem.

Com base nos parâmetros de composição corporal, deposições diárias de proteína e de gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio, as estimativas de lisina digestível para tilápia do Nilo obtidas neste estudo são superiores aos valores encontrados por Furuya et al. (2004), Furuya et al. (2006) e por Bomfim et al. (2006).

CONCLUSÃO

A exigência de lisina total ou digestível para alevinos de tilápia do Nilo obtida foi de 2,32% (0,773%/Mcal de ED) e de 2,17% (0,723%/Mcal de ED), respectivamente, correspondente ao consumo diário de 7,21 mg de lisina total e 6,67 mg de lisina digestível, para atender aos principais parâmetros de desempenho (ganho de peso, taxa de crescimento específico e consumo de ração) e características de carcaça (eficiência de retenção de nitrogênio), utilizando-se o conceito de proteína ideal na formulação das rações experimentais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 212p.
- BOMFIM, M.A.D. **Redução de proteína bruta, relações aminoácidos digestíveis com a lisina digestível e níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 108p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.T.A.; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.de; TAKICHITA, S.S.; SOUSA, M.P.de; QUADROS, M.; RIBEIRO, F.B. Níveis de Lisina Digestível, com Base no Conceito de Proteína Ideal, em Dietas para Alevinos de Tilápia do Nilo. In: 43^a REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA – 24 A 27 DE JULHO DE 2006., 2006, João Pessoa – PB. **Anais** da 43^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia – 24 a 27 de Julho de 2006. 2006.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.T.A.; 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.T.A.; SERAFINI, M.A.; RIBEIRO, F.B.; PENNA, K.S. Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimatá (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.34, n.6, p.1795-1806, 2005b.
- 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.546-551, 2002a.
- 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, 2002b.
- BOTARO, D.; FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; SANTOS, V.G. Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.36, n.3, p.517-525, 2007.

- BUREAU, D.P.; ENCARNAÇÃO, P.M. Adequately defining the amino acid requirements of fish: the case example of lysine. In: VIII SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA – 15 A 17 DE NOVIEMBRE DE 2006., 2006, Monterrey - Nevo León. **Anais** Avances en Nutrición Acuícola VIII, 2006. p.29-54.
- CAMARGO, S.G.O.; POUHEY, L.O.F. Aquicultura – Um mercado em expansão. **Revista Brasileira de Agrociência** v.11, n.4, p.393-396, 2005.
- 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).
- 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.
- DAVIS, S.J.; MORRIS, P.C. Influence of multiple amino acid supplementation on the performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed soya based diets. **Aquaculture Research** v.28, p.65-74, 1997.
- D'MELLO, J.P.F. Amino Acids as Multifunctional Molecules. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2003a, p.1-14.
- D'MELLO, J.P.F. Adverse effects of amino acids. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2003b, p.125-142.
- EL-DAHAR, A.A.; EL-SHAZLY, K. Effect of essential amino acids (methionine and lysine) and treated oil in fish diet on growth performance and feed utilization of Nile tilapia, *Tilapia nilotica* (L.). **Aquaculture and Fisheries Management** v.24, n.6, p.731-739, 1993.
- EL-HAROUN, E.R.; BUREAU, D.P. Comparison of the bioavailability of lysine in blood meals of various origins to that of L-lysine HCl for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** v.262, p.402-409, 2006.
- ENCARNAÇÃO, P., LANGE, C., BUREAU, D.P. Diet energy source affects lysine utilization for protein deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** v.261, p.1371-1381, 2006.
- ENCARNAÇÃO, P.; LANGE, C.; RODEHUTSCORD, 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.
- FAO. **The State of World's Fisheries and Aquaculture 2002**. FAO Information Division. Rome. Italy, 2003.

http://www.fao.org/sof/sofia/index_en.htm, (acesso em 10/08/2007).

- FAO. **State of world aquaculture 2006**. FAO Fisheries Technical Paper. N.500. Rome. FAO. 2006. 134p.
- FURUYA, W.M. Redução do impacto ambiental por meio da ração. In: III Seminário de Aqüicultura, Maricultura e Pesca – 10 a 12 de abril de 2007, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte. 2007. p.121-139.
- FURUYA, W.M.; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; 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.).
- 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.; NEVES, P.R.; SILVA, L.C.R.; HAYASHI, C. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo na fase de terminação. **Ciência Rural** v.34, n.5, p.1571-1577, 2004.
- FURUYA, W.M.; 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, 2001.
- 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).
- GONÇALVES, G.S. **Digestibilidade e exigência de lisina, proteína e energia em dietas para a tilápia do Nilo**. Jabotibacal: Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2007. 109 p. Dissertação (Doutorado em Aqüicultura) – Centro de Aqüicultura da Universidade Federal Paulista – UNESP, 2007.
- GREEN, J.A.; HARDY, R.W. The optimum dietary essential amino acids pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. **Fish Physiology and Biochemistry** v.27, p.97-108, 2002.
- GREEN, J.A.; HARDY, R.W.; BRANNON, E.L. The optimum dietary essential : nonessential amino acid ratio for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), which maximizes nitrogen retention and minimizes nitrogen excretion. **Fish Physiology and Biochemistry** v.27, 109-115, 2002.
- GRIFFIN, M.E.; BROWN, P.B.; GRANT, A.L. The dietary lysine requirement of juvenile hybrid striped bass. **Journal of nutrition** v.22, p.1332-1337, 1992.

- HALVER, J.E.; HARDY, R.W. **Fish Nutrition**. Washington: Academic Press, 2002. p. 755-769.
- HARPER, A., LEUNG, E., YOSHIDA, P.; ROGERS, Q.R. Some new thoughts on amino acid balance. **Feeding Procedure** v.23, 1087-1096, 1964.
- HAULER, R.; CARTER, C. Reevaluation of the quantitative dietary lysine requirement of fish. **Review in Fisheries Science** v.9, p.133-163, 2001.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M.; PEZZATO, L.E. Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, n.3, p.641-647, 2006.
- 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.
- JAUNCEY, K.; ROSS, B. **A guide to tilapia feed and feeding**. Scotland: University of Stirling, 1982, 111p.
- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285p.
- LANNA, E.T.A.; 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.
- LOVSHIN, L.L. Tilapia Aquaculture in Brazil. In: COSTA-PIERCE, B.A.; RAKOCY, J.E. (Ed.) **Tilapia Aquaculture in Americas 2**. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 2000. p.133-140.
- LUQUET, P. Practical considerations on the protein nutrition and feeding of tilapia. **Aquat. Living Resour.**, v.2, p.99-104, 1989.
- MAMBRINI, M.; KAUSHIK, S.J. Partial replacement of dietary protein nitrogen with dispensable amino acids in diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Comparative Biochemistry and Physiology** v.109A, p.469-477, 1994.
- MOURA, G.S.; OLIVEIRA, M.G.A.; LANNA, E.T.A., JÚNIOR, A.M.; MACIEL, C.M.R.R. Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-nilo submetidas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.42, n.11, p.1609-1615, 2007.

- MURAI, T.; OGATA, H.; KISUTARAK, P.; HIRASAWA, Y.; AKIYAMA, T. Effects of amino acid supplementation and methanol treatment on utilization of soy flour by fingerling carp. **Aquaculture** v.56, p.197-206, 1986.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirement of fish**. Washington: National Academy of Science, 1993. 105p.
- OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R. Água e aquicultura. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (3. ed.) **Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. p.579-604.
- 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.
- PEZZATTO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.C. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.C.; 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.
- 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** v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- QUADROS, M. **Redução de proteína bruta e relações de metionina+cistina e treonina digestíveis com lisina digestível em dietas para alevinos de tilápia do Nilo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/UFV, 2007.52p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa/UFV, 2007.
- 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.
- 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.
- 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. 186 p.
- SANTIAGO, C.B.; LOVELL, R.T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition** v.118, p.1540-1546, 1988.

- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SCHUMACHER, A.; WAX, C., GROPP, J.M. Plasma amino acids in rainbow trout fed intact protein or crystalline amino acids. **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.
- TANTIKITTI, C.; MARCH, B.E. Dynamics of plasma amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under variety of dietary conditions. **Fish Physiology and Biochemistry** v.14, p.179-194, 1995.
- 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** v.9, p.373-381, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Norma para redação de teses**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 2p.
- 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: D’MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2003, p.427-447.
- WILSON, R.P. Amino acid and Proteins. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.) **Fish Nutrition**. 3.ed. Washington: Academic Press, 2002. p.144-179.
- 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.
- 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, p.379-391, 2005.
- YAMAMOTO, T.; SHIMA, T.; FURUITA, H.; SHIRAISHI, M.; SÁNCHEZ-VÁSQUES, 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.
- 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. **Aquaculture Nutrition** v.5, p.17-22, 1999.