

MOISÉS QUADROS

**REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA E RELAÇÕES DE
METIONINA+CISTINA E TREONINA DIGESTÍVEIS COM LISINA
DIGESTÍVEL EM DIETAS 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
2007

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

T

Q1r
2007

Quadros, Moisés, 1969-

Redução de proteína bruta e relações de metionina+cistina e treonina digestíveis com lisina digestível em dietas para alevinos de tilápia do Nilo / Moisés Quadros. – Viçosa, MG, 2007.
ix, 41f.: il. ; 29cm.

Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Tilápia (Peixe) – Nutrição – Necessidades.
2. Aminoácidos na nutrição animal. 3. Proteínas. 4. Tilápia (Peixe) - Registros de desempenho. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 639.3774

MOISÉS QUADROS

**REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA E RELAÇÕES DE
METIONINA+CISTINA E TREONINA DIGESTÍVEIS COM LISINA
DIGESTÍVEL EM DIETAS 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: 19 de março de 2007.

Prof. Paulo César Brustolini

Prof. Márvio Lobão Teixeira de Abreu
(Co-orientador)

Prof. Aloízio Soares Ferreira

Prof. Sérgio Luiz de Toledo Barreto

Prof. Eduardo Arruda Teixeira Lanna
(Orientador)

A Deus, sem o qual nada seria possível.

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

À minha esposa Maria Helena e ao meu filho Giuliano, pelo amor, pela paciência, dedicação e compreensão.

“Há homens que lutam um dia e estes são bons. Há outros que lutam um ano e são melhores. Há os que lutam muitos anos e são muito bons. Mas, há os que lutam toda a vida: estes são os imprecindíveis”.

Bertolt Brecht

AGRADECIMENTOS

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

À empresa Ajinomoto Biolatina Ind. & Com. Ltda pelo apoio que tem fornecido à condução dos trabalhos do Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores co-orientadores Juarez Lopes Donzele e Márvio Lobão Teixeira pelas informações, auxílio, sugestões e críticas apresentadas durante o curso de pós-graduação e condução desta pesquisa que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos professores Aloízio Soares Ferreira, Paulo César Brustolini, Sérgio Luiz de Toledo Barreto e Paulo Cezar Gomes pela amizade e contribuição na minha formação desde o período de graduação.

Aos professores Sebastião de Campos Valadares Filho e Maria Ignez Leão pelo apoio na divulgação deste trabalho.

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.

A todos os meus amigos e amigas, em especial a Felipe Barbosa Ribeiro, Anderson Saraiva de Freitas, Marcos Antonio Delmondes Bomfim, Sylvia Sanae Takishita, Maíra Paula de Sousa, Wagner Azis Garcia de Araújo, Alaor Maciel, Cláudia Raposo Maciel, Alysson Saraiva, Jorgina Juliana Gradisse Freitas, Fernando Quadrini Castilho e Breno Mechetti Pires, pela ajuda, pelo incentivo e pela leal amizade.

A todos os pesquisadores citados, cujas pesquisas serviram de base para o presente trabalho.

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

BIOGRAFIA

MOISÉS QUADROS, filho de Élvio Quadros e Luiza Leci Vitória Quadros, nasceu em Rio Grande, Estado do Rio Grande do Sul, no dia 21 de setembro de 1969.

Em 2001, ingressou no curso de graduação em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa - UFV, colando grau em 29 de julho de 2005.

Em agosto de 2005, foi admitido no programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, da Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos (Piscicultura).

Em dezembro de 2006, foi aprovado para iniciar o curso, em nível de Doutorado, no primeiro semestre de 2007, no programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos (Piscicultura).

Em 19 de março de 2007, submeteu-se aos exames finais de defesa de tese.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA E RELAÇÕES DE METIONINA+CISTINA E TREONINA DIGESTÍVEIS COM LISINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO.....	17
CRUDE PROTEIN REDUCTION AND DIGESTIBLE METHIONINE+CYSTINE AND THREONINE TO DIGESTIBLE LYSINE RATIOS IN DIETS FOR FINGERLINGS OF NILE TILAPIA.....	18
INTRODUÇÃO.....	19
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
CONCLUSÕES.....	35
LITERATURA CITADA.....	36

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Composição percentual e bromatológica das rações experimentais (matéria natural) por tratamento.....	23
2. Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo em função das relações aminoácidas:lisina digestível da ração por tratamento.....	28
3. Composição, deposição de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio em alevinos de tilápia do Nilo em função dos tratamentos.....	32

RESUMO

QUADROS, Moisés, Universidade Federal de Viçosa, março de 2007. **Redução de proteína bruta e relações de metionina+cistina e treonina digestíveis com lisina digestível em dietas para alevinos de tilápia do Nilo.** Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Co-orientadores: Juarez Lopes Donzele e Márvio Lobão Teixeira de Abreu.

Objetivando-se avaliar a redução de proteína bruta e as relações dos aminoácidos metionina+cistina e treonina digestíveis com a lisina digestível, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, foi realizado um experimento, com duração de 37 dias. Foram utilizados 420 alevinos, com peso inicial de $1,83 \pm 0,02$ g, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, composto por cinco tratamentos, sete repetições por tratamento e doze peixes por unidade experimental. O tratamento um consistiu-se de uma dieta com 32,0% de proteína bruta (PB), relação de metionina+cistina com a lisina de 63,0% e de treonina:lisina de 74,0%. No tratamento dois, o nível de PB foi reduzido em quatro pontos percentuais e as relações aminoacídicas foram as mesmas do tratamento um, exceto do triptofano que foi reduzida em três pontos percentuais, garantindo-se o nível mínimo deste aminoácido. No tratamento três foi usada a relação da metionina+cistina com a lisina de 60,0%. No tratamento quatro a relação da metionina+cistina foi de 63,0% e a relação da treonina com a Lisina foi de 69,0%. O tratamento cinco foi constituído de uma ração semelhante a do tratamento dois, porém foi acrescentado 3,0% de ácido glutâmico, para verificar uma possível deficiência de aminoácidos não essenciais. Os peixes foram mantidos em 35 aquários de 130 litros dotados de abastecimento de água, temperatura controlada e aeração individual; e alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias. O tratamento um proporcionou menores eficiência protéica para ganho e eficiência de retenção de nitrogênio, porém todos os outros parâmetros não tiveram diferenças significativas. O nível de PB da ração é de 28,0%, desde que seja suplementada com aminoácidos essenciais limitantes. As relações de metionina+cistina digestível e treonina digestível com a lisina são de 60,0% e 69,0%, respectivamente.

ABSTRACT

QUADROS, Moisés, Universidade Federal de Viçosa, march 2007. **Crude protein reduction and digestible methionine+cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for fingerlings of Nile tilapia.** Adviser: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Co-Advisers: Juarez Lopes Donzele and Márvio Lobão Teixeira de Abreu.

The current study was aimed at investigating the crude protein reduction and the methionine+cystine and threonine to lysine ratios, based on the ideal protein concept in diets for reverted Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*), of the thailand line. Four hundred twenty Nile tilapia fingerlings with an average initial weight of 1.83 ± 0.02 g, were allotted in a completely randomized design, with five treatments (seven replications per treatment and twelve fishes per experimental unit) in a 37-days trial. Treatment one consisted of a diet with 32.0% of crude protein (CP), methionine+cystine:lysine ratio of 63.0% and threonine:lysine of 74.0%. In treatment two, the level of CP was reduced in four percentiles points and the amino acids ratios were the same of the treatment one, except the triptofan that was reduced in three percentiles points to ensure the minimum level of this amino acid. In treatment three the methionine+cystine:lysine ratio of 60.0% was used. In treatment four the methionine+cystine:lysine ratio was 63.0% and the threonine:lysine ratio was 69.0%. The treatment five was similar to the treatment two, however was added 3.0% of glutamic acid, to verify a possible deficiency of nonessential amino acids. The fishes were maintained into 35 aquariums of 130 liters supplied with single-pass flow-through water, controlled temperature and individual aeration; and they were fed *ad libitum* six times per day. The fishes from treatment one had lower protein efficiency ratio and nitrogen efficiency ratio, whereas all the others parameters had no significant differences. The CP level of the diet is 28.0% since it is supplemented with limiting essential amino acids. The methionine+cystine and threonine to lysine ratios are 60.0% and 69.0%, respectively.

1. INTRODUÇÃO

A aqüicultura brasileira experimentou, entre os anos de 1990 e 2001, taxa de crescimento superior à média mundial no mesmo período, pois passou de 20,5 mil para 210 mil toneladas por ano, representando um crescimento de 925%, enquanto que a mundial cresceu apenas 187% no mesmo período (Borghetti et. al., 2003).

De acordo com as projeções da FAO (2002, 2003), a partir do ano de 2015, a produção decorrente das capturas pesqueiras tenderá a estagnar, em função de reduções significativas dos volumes capturados nos anos de 1990 a 2001. Essa redução da produtividade do setor pesqueiro poderá gerar uma maior demanda por produtos provenientes da aqüicultura.

Porém, para garantir um desenvolvimento econômico desta atividade de forma sustentável, serão necessárias pesquisas para gerar tecnologias de produção que reduzam o seu impacto ambiental.

Para tanto, é necessário que se aumente a eficiência de retenção de proteína dos peixes cultivados para que haja uma redução na emissão de compostos nitrogenados nos corpos d'água, o que junto com o fósforo constituem-se nos grandes responsáveis pela eutrofização dos mesmos (Furuya, 2001a; Wilson, 2003; Pezzato et al., 2004; Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2005a).

Segundo Halver & Hardy (2002), a seleção de peixes com maior potencial genético para retenção de proteína e menores taxas de degradação, bem como a

formulação de rações com base no conceito de proteína ideal podem ser estratégias eficientes para minimizar este problema.

A proteína ideal corresponde a uma mistura de todos os aminoácidos digestíveis, de modo a atender as exatas exigências em aminoácidos essenciais e não essenciais para manutenção e produção (Parsons & Baker, 1994; Green & Hardy, 2002; Pezzato et al., 2004). Assim, cada aminoácido essencial e a relação aminoácido essencial:não essencial são limitantes na mesma proporção (Boisen et al., 2000; Green & Hardy, 2002).

Em dietas elaboradas com base neste conceito os aminoácidos indispensáveis são expressos relação a um aminoácido de referência. Sendo que a lisina tem sido utilizada como referência por ser facilmente encontrada na forma sintética, pelo baixo custo, 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).

Neste sentido, o balanceamento de rações suplementadas ou não com aminoácidos sintéticos terá que ser aprimorado cada vez mais, visando atingir os níveis ideais dos nutrientes para suprir as necessidades de manutenção e crescimento muscular dos peixes e ao mesmo tempo, evitar que parte da proteína ingerida seja catabolizada e excretada, desta forma diminuir a eliminação de compostos nitrogenados e conseqüentemente a eutrofização dos corpos d'água, trazendo repercussões negativas para o próprio cultivo e para o meio ambiente. Torna-se, portanto, necessário reavaliar os teores ideais de proteína bruta das rações, bem como avaliar e validar as relações aminoacídicas das mesmas.

Por este motivo, tem-se realizado trabalhos para determinar as exigências de aminoácidos para peixes com base no conceito de proteína ideal (Furuya et al., 2001b; Furuya, 2004b; Bomfim et al. 2005a; Bomfim et al. 2006; Wilson, 2003).

Sendo que a tilápia do Nilo é um dos peixes com maior potencial para a piscicultura nacional, devido a algumas de suas características, tais como hábito alimentar onívoro, capacidade de utilizar eficientemente os carboidratos como fonte de energia, o que possibilita o uso de fontes alternativas de proteínas para a ração, visando a maximização da rentabilidade da atividade, visto que este é um dos principais componentes do custo de produção. Além disso, tem boa resistência a doenças, realiza desova durante o ano todo em regiões de clima quente, sua carne tem baixo teor de gordura (0,9g/100g de carne) e não possui espinhos em forma de “Y”, o que a torna bastante atrativa para a industrialização. (Borghetti et al., 2003; Furuya et al., 2004b; Boscolo et al., 2002; Meurer et al., 2002; Furuya et al., 2006; Boscolo et al., 2006; Hildsorf, 1995).

Há de se considerar a importância do uso de aminoácidos sintéticos nas rações e seus benefícios bem como a necessidade de se determinar a perda por lixiviação dos mesmos na água e a necessidade de se determinar os valores de proteína ideal nas rações.

Portanto, fica evidente a importância de pesquisas, as quais gerem novas tecnologias que promovam um aumento da qualidade e competitividade do setor piscícola e a redução dos custos de produção, bem como de seu impacto no meio ambiente, garantindo assim, a sustentabilidade tanto econômica quanto ambiental.

Objetivou-se com este trabalho validar as relações dos aminoácidos metionina+cistina e treonina digestíveis com a lisina digestível em dietas para alevinos de tilápia do Nilo com base no conceito de proteína ideal proposta por Bomfim et. al. (2006, 2007,), Furuya et. al. (2001a,2004a) e pelo NRC (1993), utilizando-se dietas práticas.

A presente tese foi elaborada seguindo-se as normas para redação da Tese (UFV, 2000) em forma de capítulos e o capítulo foi elaborado com base nas normas para

elaboração e publicação de artigos técnicos científicos na Revista Brasileira de Zootecnia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Castagnolli (1979) o nível mínimo de proteína na dieta de peixes que proporciona o máximo ganho de peso foi estudado pela primeira vez para o salmão “chinook” (*Onchorhynchus tshawytscha*), por De Long et al. (1958).

Experimentos semelhantes têm sido repetidos com diversas espécies, visando maximizar a eficiência de utilização da proteína dietética e minimizar o custo da produção, porém vários pesquisadores concluíram que os peixes não possuem exigência em proteína, mas sim de um balanço entre aminoácidos essenciais e não essenciais (Wilson, 2003; Ahmed et al., 2004; Pezzato et al., 2004; Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2005a).

As exigências de aminoácidos dos peixes têm sido determinadas através de experimentos baseados no conceito de proteína ideal (Santiago & Lovell, 1988; Green & Hardy, 2002; Furuya et al., 2004c; Pezzato et al., 2004; Furuya, et al. 2005; Bomfim et al., 2006;).

Os primeiros experimentos para determinar as exigências em aminoácidos foram baseados no conteúdo aminoacídico da proteína do ovo de galinha, do ovo de salmão e do saco vitelino de larvas de salmão, sendo que as dietas formuladas com base no conteúdo do ovo de galinha proporcionaram os melhores resultados (Halver et al., 1957).

Posteriormente, dietas teste contendo uma mistura de caseína, gelatina e aminoácidos sintéticos com base no conteúdo do ovo de galinha foram usadas para

determinar as exigências quantitativas dos dez aminoácidos indispensáveis para o salmão “chinook” (Halver et al., 1958; De Long et al., 1962; Chance et al., 1964).

Outra forma para se determinar o padrão aminoacídico das dietas é a correlação com o perfil da proteína corporal do animal (Wilson & Poe, 1985; Fagbenro, 2000; Wilson, 2003), porém sabe-se que a proporção destes aminoácidos usados para a manutenção pode ser diferente, sendo que, neste caso a proteína dietética não corresponda à exigência do animal (Rodehutsord et al., 1997; Miyada, 2001; Green & Hardy, 2002; Rollin et al., 2003; Twibell et al., 2003).

Para a determinação das exigências quantitativas dos aminoácidos para os peixes tem-se realizado experimentos de dose-resposta. As rações são formuladas com uma quantidade fixa de proteína intacta, sendo suplementadas com aminoácidos sintéticos (Jackson & Capper, 1982; Walton et al., 1984; Bomfim et al., 2006; Furuya et al. 2005).

Grupos de peixes são alimentados com dietas contendo níveis crescentes do aminoácido a ser testado, enquanto que os teores de lisina (aminoácido de referência) são fixados em valores considerados sub-ótimos e os demais aminoácidos indispensáveis em quantidades ou relações aminoácido:lisina superiores aos valores de exigência reportados na literatura, conforme recomenda Boisen (2003).

Enquanto que para a determinação da exigência dietética de lisina, similarmente utiliza-se rações com níveis crescentes de lisina digestível, porém mantendo-se um balanço ideal de aminoácidos essenciais, uma vez que a ausência de um balanço ideal nas rações pode ser também uma fonte de variação nas respostas obtidas nos experimentos (Bomfim et al. 2006).

Vários métodos têm sido usados para se estimar o ponto correspondente ao requerimento de cada aminoácido através das curvas de desempenho obtidas nos experimentos de dose-resposta.

Alguns autores usaram a análise de regressão para determinar este ponto (Akiyama et al., 1985; Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2006), enquanto outros como Wilson et al. (1980) e Santiago & Lovell (1988) usaram o modelo de LRP - “linear response plateau” ou “Broken-Line”.

No entanto, este último pode subestimar as exigências do nutriente a ser avaliado, enquanto que o modelo exponencial pode superestimá-las (Hauler & Carter, 2001; Euclides & Rostagno, 2001).

Outro problema a ser considerado nestes experimentos de dose-resposta é a maior lixiviação dos aminoácidos sintéticos na água, o que pode levar à superestimação dos valores de exigência estimados.

Zarate & Lovell (1997) estimaram as perdas por lixiviação em um experimento para medir os efeitos da frequência de arrazoamento e da taxa de passagem de dietas com lisina sintética e ligada à proteína intacta pelo “catfish” (*Ictalurus punctatus*) e encontraram perdas de 12,0% para a lisina livre e 2,0% para a lisina ligada à proteína. Porém, quando os autores corrigiram os dados para compensar as perdas, a eficiência de utilização da lisina livre continuou menor do que a da proteína intacta.

As razões para esta menor utilização dos aminoácidos livres pelos peixes ainda não foram estabelecidas, mas acredita-se que pode estar relacionada não só a maior capacidade de lixiviação no ambiente aquático, mas também a maior taxa de evacuação estomacal (Zarate & Lovell, 1997) 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 (Schuhmacher et al., 1997).

Batterham (1974) encontrou melhores resultados de desempenho para suínos alimentados com dietas suplementadas com lisina sintética quando a frequência alimentar aumentou de uma vez por dia para seis vezes por dia. Igualmente, outros autores trabalhando com peixes concluíram que a frequência alimentar reduzida pode interferir na utilização dos aminoácidos livres (Schuhmacher et al., 1997; Zarate & Lovell, 1997; Barroso et al., 1999; Zarate et al., 1999; Dabrowski et al., 2003).

Portanto, uma das formas de minimizar este problema pode ser o aumento da frequência alimentar (Lanna et al., 2005; Bomfim et al., 2005a), o uso de ração com boa palatabilidade, ingredientes aglutinantes e reduzidos níveis de aminoácidos sintéticos (Tantikitti & March, 1995; Barroso et al., 1999; Marcouli et al. 2004).

Para evitar a lixiviação, Tibaldi et al. (1994), Berge et al. (1997) e Rollin et al. (2003) recomendam o uso de caseína ou ágar como revestimento da ração. Estes produtos proporcionam também o retardamento na absorção dos aminoácidos livres.

Outros fatores como o critério de resposta (Rodehutschord et al., 1997; Encarnação et al., 2004, Bomfim et al., 2006), o desafio sanitário (Li Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Obled, 2003; Melchior et al., 2004; Machado & Fontes, 2005; Bomfim, 2006) e a concentração energética da dieta (Cowey, 1994; Rodehutschord et al., 1997; Bureau et al., 2000; Cho & Bureau, 2001 e Encarnação et al., 2004) podem também influenciar nas recomendações derivadas dos diferentes experimentos.

A determinação das exigências dietéticas de lisina, de metionina (metionina+cistina) e treonina pode ter grande impacto para a produção de tilápias, visto que estes aminoácidos são limitantes na maioria dos ingredientes alternativos à farinha de peixe, como no farelo de soja e glúten de milho. Sendo que atualmente, são

accessíveis e o seu uso é economicamente viável em dietas com teor protéico reduzido. Além disso, são aminoácidos envolvidos no metabolismo intermediário de diversos compostos que são responsáveis por várias funções no organismo dos animais.

Níveis deficientes de lisina em dietas para truta arco-íris causam, principalmente, depressão na taxa de formação do colágeno (Steffans, 1989). As vias catabolíticas dos aminoácidos sulfurados geram precursores da colina que tem uma alta exigência para peixes e sua deficiência pode afetar o crescimento e a conversão alimentar (Halver, 1957; Ketola, 1976). Enquanto que os outros estão envolvidos em respostas imunológicas 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 glutathione (cistina) (Li Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Obled, 2003; Machado & Fontes, 2005).

Somado a isto, as exigências dietéticas para lisina total apresentam resultados variando de 1,4 a 1,8% (Jackson & Capper, 1982; Santiago & Lovell, 1988; Hauler & Carter, 2001; Furuya et al., 2004a; Furuya et al., 2006; Bomfim et al., 2006), enquanto que metionina+cistina a variação é de 0,5 a 1,4% (Jackson & Capper, 1982; Santiago & Lovell, 1988; Polat, 1999; Furuya et al., 2001a; Furuya et al., 2001b; Furuya et al., 2004c; Bomfim, 2006) e para a treonina de 1,0 a 1,4% (Santiago & Lovell, 1988; Silva et al., 2004; Silva et al., 2006; Bomfim, 2006) na dieta.

Segundo o NRC (1993) as relações entre a metionina+cistina, a treonina e o triptofano são de 63,0; 74,0 e 20,0 %, respectivamente.

Bomfim et al.(2006) observaram que a relação de metionina+cistina:lisina no valor de 59,5% proporcionou os melhores resultados de desempenho e características de carcaça de alevinos de tilápia do Nilo. Enquanto que a relação da treonina:lisina que

proporcionou as melhores respostas para os parâmetros de desempenho foi de 69,0% e para deposição de proteína corporal foi de 89,0%. Determinou também o nível de lisina digestível de 1,7%, o qual proporcionou os melhores resultados de desempenho e características de carcaça.

Recentemente Furuya et al. (2006) determinaram que a relação treonina:lisina de 96,0 % proporcionou os melhores resultados de desempenho para juvenis de tilápia do Nilo. Observou-se também que uma relação da metionina+cistina:Lisina de 61,0% (Furuya et al., 2001a) e uma exigência de lisina digestível de 1,4% (Furuya et al., 2006) maximizou o desempenho.

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

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- AKIYAMA, T., S. ARAI, T. MURAI, AND T. NOSE. Threonine, histidine and lysine requirements of chum salmon fry. **Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.** 51: 635-639, 1985.
- 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.
- BERGE, G.E.; LIED, E.; SVEIHER, H. Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*), the requirement and metabolism of arginine. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.117, p.501-509, 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.
- 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 Curimatá (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.34, n.6, p.1795-1806, 2005b.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; 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: 43ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA - 24 A 27 DE JULHO DE 2006., 2006, João Pessoa - PB. **Anais** da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia - 24 a 27 de Julho de 2006. 2006.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; QUADROS, M.; TAKISHITA, S. S.; RIBEIRO, F. B.; ABREU, M. L. T.; CASTILHO, F. Q; FREITAS, J.J. G.. Methionine plus cystine requirement, based on ideal protein concept, in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. In: Aquaculture 2007 – February 26 to March 2. 2007, San Antonio – Texas. **Anais...** Texas 2007. CD-ROM.

- BORGHETTI, N.R.B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, R.J. **Aqüicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo.** Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais. Curitiba. 128p., 2003.
- 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, 2002.
- 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 Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola.** 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, Mexico.
- CASTAGNOLLI, N. **Fundamentos de nutrição de peixes.** Piracicaba: **Livroceres**, 1979. 108p.
- CHANCE, R. E., E. T. MERTZ, AND J. E. HALVER. Nutrition of salmonid fishes. 12. Isoleucine, leucine, valine and phenylalanine requirements of chinook salmon and interrelations between isoleucine and leucine for growth. **J. Nutr.** 83: 177-185, 1964.
- COWEY, C.B. Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. **Aquaculture** v.124, p.1-11, 1994.
- DABROWSKI, K.; LEE, K.; RINCHARD, J. The smallest vertebrate, teleost fish, can utilize synthetic dipeptide-based diets. **Journal Nutrition** 133, p.4225-4229, 2003.
- 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.
- DeLONG, D.C.; HALVER, J.E.; MERTZ, E.T. Nutrition of salmonoid fishes: VI. Protein requeriments of chinook salmon at two water temperatures. **Journal of Nutrition**, v.65, p.589-599, 1958.
- DELONG, D. C., J. E. HALVER, AND E. T. MERTZ. Nutrition of salmonid fishes. 10. Quantitative threonine requirements of chinook salmon at two water temperatures. **J. Nutr.** 76: 174-178, 1962.
- 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.
- FAO. Fish and fishery products: world apparent consumption statistical base don food balance sheets.p.181-186. Yearbook of Fishery Statistics. FAO Fisheries **Circular** n. 821, Ver.6.Roma, Italy, 2002. http://www.fao.org/fi/sat/summ_00/Yb91aap1.pdf, (acesso em 20/10/2006).
- 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 20/10/2006).
- 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.; 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.).
- 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.
- HALVER, J. E. Nutrition of salmonoid fishes. IV. An amino acid test diet for chinook salmon. **J. Nutr.**, v.62, p.245-254, 1957.
- HALVER, J. E., D. C. DELONG, and E. T. MERTZ. Threonine and lysine requirements of chinook salmon. **FASEB** 17: 1873 (abstr.), 1958.
- HALVER, J. E.; HARDY, R. W. **Fish Nutrition**. Academic Press. p.755-769, 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.
- HILDSORF, A.W.S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas, uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.22, p.73-87, 1995.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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, Unité 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.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FRACALLOSSI, D.M.; CYRINO, J.E.C. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.; URBINATI, E.C.; FRACALLOSSI, 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.
- 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.
- 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.
- STEFFENS, W. **Principles of fish nutrition**. England: John Wiley & Sons, 379p. 1989.
- TIBALDI, E.; TULLI, F.; LANARDI, D. Arginine requirement and effect of different dietary arginine and lysine levels for fingerling sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). **Aquaculture**, v.127, p.207-218, 1994.
- 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.
- 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.
- WALTON, M. J., C. B. COWEY, AND J. W. ADRON. The effect of dietary lysine levels on growth and metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Br. J. Nutr.** 52: 115-122, 1984.
- 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., W. E. POE, AND E. H. ROBINSON. Leucine, isoleucine, valine and histidine requirements of fingerling channel catfish. **J. Nutr.** 110: 627-633, 1980.

- 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.
- 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 e relações de metionina+cistina e treonina digestíveis com lisina digestível em dietas para alevinos de tilápia do Nilo.

RESUMO - Objetivando-se avaliar as relações dos aminoácidos metionina+cistina e treonina digestíveis com a lisina digestível, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, foi realizado um experimento, com duração de 37 dias, no laboratório de nutrição de peixes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados 420 alevinos, com peso inicial de $1,83 \pm 0,02$ g, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, composto por cinco tratamentos, sete repetições por tratamento e doze peixes por unidade experimental. O tratamento um consistiu-se de uma dieta com 32,0% de proteína bruta (PB), relação de metionina+cistina com a lisina de 63,0% e de treonina:lisina de 74,0%. No tratamento dois, o nível de PB foi reduzido em quatro pontos percentuais e as relações aminoacídicas foram as mesmas do tratamento um, exceto do triptofano que foi reduzida em três pontos percentuais, garantindo-se o nível mínimo deste aminoácido. No tratamento três foi usada a relação da metionina+cistina com a lisina de 60,0%. No tratamento quatro a relação da metionina+cistina foi de 63,0% e a relação da Treonina com a Lisina foi de 69,0%. O tratamento cinco foi constituído de uma ração semelhante a do tratamento dois, porém foi acrescentado 3,0% de ácido glutâmico, para verificar uma possível deficiência de aminoácidos não essenciais. Os peixes foram mantidos em 35 aquários de 130 litros dotados de abastecimento de água, temperatura controlada e aeração individuais; e alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias. O tratamento um proporcionou menores eficiência de retenção de proteína e eficiência de retenção de nitrogênio, porém todos os outros parâmetros não tiveram diferenças significativas. O nível de PB da ração é de 28,0%, desde que seja suplementada com aminoácidos essenciais limitantes. As relações de metionina+cistina digestível e treonina digestível com a lisina são de 60,00% e 69,00%, respectivamente.

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

Crude protein reduction and digestible methionine+cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for fingerlings of Nile tilapia.

ABSTRACT - The current study was aimed at investigating methionine+cystine and threonine to lysine ratios, based on the ideal protein concept. Four hundred twenty reverted juveniles Nile tilapia with an average initial weight of 1.83 ± 0.02 g, were allotted in a completely randomized design, with five treatments (seven replications of twelve fishes each) in a 37-days trial. Treatment one consisted of a diet with 32.0% of crude protein (CP), methionine+cystine:lysine ratio of 63.0% and threonine:lysine of 74.0%. In treatment two, the level of CP was reduced in four percentiles points and the amino acids ratios were the same of the treatment one, except the triptofan that was reduced in three percentiles points to ensure the minimum level of this amino acid. In treatment three the methionine+cystine:lysine ratio of 60,0% was used. In treatment four the methionine+cystine:lysine ratio was 63.0% and the threonine:lysine ratio was 69.0%. The treatment five was similar to the treatment two, however was added 3.0% of glutamic acid, to verify a possible deficiency of nonessential amino acids. The fishes were maintained into 35 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. The fishes from treatment one had lower protein efficiency ratio and nitrogen efficiency ratio, whereas all the others parameters had no significant differences. The CP level of the diet is 28.0% since it is supplemented with limiting essential amino acids. The methionine+cystine and threonine to lysine ratios are 60.00% and 69.00%, respectively.

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

Introdução

A rápida expansão da aquicultura, juntamente com avanços nas técnicas de criação de peixes tem aumentado a demanda por rações balanceadas (Watanabe, 2002).

No entanto, é necessário conciliar a obtenção de alta produtividade com menor descarga de resíduos no ambiente aquático, principalmente de nitrogênio e fósforo, que são os grandes responsáveis pela eutrofização dos corpos d'água. (Furuya et al., 2001a; Sugiura, et al., 2001; Furuya et al., 2005; Lanna et al., 2005).

A tilápia do Nilo é uma espécie bem adaptada às nossas condições climáticas e sua criação é feita a partir de um pacote tecnológico muito bem definido. Além disso, 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 tornam-na apta ao processamento industrial e muito bem aceita pelo mercado consumidor. (Furuya et al., 2001b; Boscolo et al., 2002a; Boscolo et al., 2002b; Furuya et al., 2005).

A grande expansão da criação intensiva de tilápias em viveiros de terra, sistema de água corrente ou de recirculação, bem como em tanques-redes, onde o uso de rações é a principal fonte de nutrientes, elevou o teor de nitrogênio excretado no meio. Este problema pode ser minimizado com a diminuição da concentração de proteína da ração e suplementação de aminoácidos limitantes 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).

Para a formulação de dietas com base no conceito de proteína ideal, que proporcionem menor excreção de nitrogênio no meio ambiente, bem como para a determinação das exigências de aminoácidos dos peixes, é necessário a redução do teor protéico da ração (Bomfim et al., 2005a; Yamamoto et al., 2005; Furuya et al., 2005).

A determinação das exigências dietéticas de lisina, de metionina (metionina mais cistina) e treonina pode ter grande impacto para a produção de tilápias, visto que estes aminoácidos são limitantes na maioria dos ingredientes alternativos à farinha de peixe, como no farelo de soja e glúten de milho. Sendo que atualmente, são acessíveis e o seu uso é economicamente viável em dietas com teor protéico reduzido.

Além disso, são aminoácidos envolvidos no metabolismo intermediário de diversos compostos que são responsáveis por várias funções no organismo dos animais, como a mucina, que é rica em treonina, as imunoglobulinas (cistina e treonina e a glutatona (cistina) (Li Defa et al., 1999; De Blas et al., 2000; Obled, 2003; Machado & Fontes, 2005).

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

Objetivou-se com este trabalho estudar as relações dos aminoácidos metionina+cistina e treonina digestíveis com a lisina digestível em dietas para alevinos de tilápia do Nilo com base no conceito de proteína ideal.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de agosto e setembro de 2006, 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 37 dias.

Foram utilizados 420 alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, com peso inicial de $1,83 \pm 0,02$ g, em um experimento com delineamento inteiramente ao acaso, composto por cinco tratamentos, sete repetições e doze peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de cinco dietas experimentais isoenergéticas (3000 Kcal de energia digestível) e isolisínicas (1,7%). O tratamento um foi composto de uma ração com 32% de proteína bruta, formulada para conter 1,7% de lisina digestível, sem a adição de L-lisina-HCl, porém com suplementação dos demais aminoácidos sintéticos a medida que as suas relações com a lisina digestível ficassem abaixo daquelas estimadas na proteína ideal, calculadas a partir dos valores de exigência estabelecidos pelo NRC em 1993. O tratamento dois correspondeu a uma ração em que o nível de proteína bruta foi reduzido em quatro pontos percentuais em relação ao tratamento um e as relações aminoacídicas foram as mesmas do tratamento um, exceto do triptofano que foi reduzida em três pontos percentuais, garantindo-se o nível mínimo deste aminoácido. No tratamento três a ração conteve o mesmo nível de proteína bruta do tratamento dois, mantendo-se as relações para os aminoácidos treonina e triptofano, porém alterando-se a relação da metionina+cistina com a lisina para 60,0%, de acordo com o preconizado por Furuya et al. (2001a, 2004c) e Bomfim et al. (2007).

No tratamento quatro a ração conteve o mesmo nível de proteína bruta e lisina digestível que do tratamento dois, mantendo-se as relações para os aminoácidos metionina+cistina e triptofano, porém alterando-se a relação da treonina com a lisina para 69,0%, de acordo com o que foi preconizado por Lanna et al. (2007).

O tratamento cinco foi constituído de uma ração semelhante a do tratamento dois, porém com acréscimo de 3,0% de ácido glutâmico, para verificar uma possível deficiência de aminoácidos não essenciais

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

Os valores para os aminoácidos digestíveis e fósforo disponível foram estimados com base nos coeficientes de digestibilidade dos ingredientes de acordo com Rostagno et al. (2000), e de energia, de acordo com Boscolo et al. (2002b) e Pezzato et al. (2002).

Tabela 1 – Composição percentual e bromatológicas das rações experimentais (matéria natural) por tratamento.

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

Ingredientes (%) <i>Ingredients (%)</i>	Tratamentos <i>Treatments</i>				
	T1	T2	T3	T4	T5
Farelo de soja (<i>Soybean meal</i>)	65,342	53,500	53,480	53,560	53,500
Milho (<i>Corn</i>)	26,167	36,594	36,509	36,588	36,594
Amido de milho (<i>Corn starch</i>)	1,000	1,922	2,022	1,922	1,673
Óleo de soja (<i>Soybean oil</i>)	3,122	2,843	2,844	2,829	2,793
L-Lisina-HCl (<i>L-lysine-HCl</i>) – 78,4%	0,000	0,351	0,352	0,349	0,351
DL-Metionina (<i>DL-methionine</i>) – 99%	0,197	0,308	0,257	0,308	0,308
L-Treonina (<i>L-threonine</i>) – 98,5%	0,139	0,305	0,306	0,216	0,305
L-Triptofano (<i>L-tryptophan</i>) – 99%	0,000	0,010	0,063	0,062	0,010
Ác. Glutâmico (<i>Glutamic acid</i>) – 99%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300
Fosfato bicálcico (<i>Dicalcium phosphate</i>)	2,960	3,100	3,100	3,100	3,100
Suplemento vitamínico e mineral ³ <i>Vitaminic and mineral mix</i>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Vitamina C (<i>Vitamin C</i>) ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal comum (<i>Salt</i>)	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
Total (<i>Total</i>)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição bromatológica calculada (<i>Calculated bromatological composition</i>)					
Proteína bruta (<i>Crude protein</i>) (%)	32,0	28,0	28,0	28,0	28,2
Energia digestível (Kcal/kg) <i>Digestible energy (Kcal/kg)</i>	3000	3000	3000	3000	3000
Ácido linoléico (<i>Linoleic acid</i>) (%)	2,6	2,6	2,6	2,6	2,4
Cálcio total (<i>Total calcium</i>) (%)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Fósforo disponível (%) <i>Available phosphorus (%)</i>	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Lisina digestível (%) <i>Digestible lysine (%)</i>	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Met. + Cist. Digestível (%) <i>Digestible met. + cys. (%)</i>	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1
Treonina digestível (%) <i>Digestible threonine (%)</i>	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3
Triptofano digestível (%) <i>Digestible tryptophan (%)</i>	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
Isoleucina digestível (%) <i>Digestible isoleucine (%)</i>	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1
Relação Met. + Cis/ Lis (%) <i>Met.+Cis/Lys ratio (%)</i>	63,0	63,0	60,0	63,0	63,0
Relação Treo/Lis(%) <i>Treo/Lys ratio (%)</i>	74,0	74,0	74,0	69,0	74,0
Relação Trip/Lis (%) <i>Try/Lys ratio (%)</i>	23,0	20,0	23,0	23,0	20,0

³ Contendo por quilograma do produto (*Containing per kilogram of product*): 1.200.000 UI de Vit. A; 200.000 UI de Vit. D₃; 1.200 mg de Vit. E; 2.400 mg de Vit. K₃; 4.800 mg de Vit. B₁; 4.800 mg de Vit. B₂; 4.800 mg de Vit. B₆; 4.800 mg de Vit. B₁₂; 48 g de Vit. C; 1.200 mg de ác. Fólico (*folic acid*); 12.000 mg de pantotenato de Ca (*panthotenic acid*); 48 mg de biotina (*biotin*); 108 g de cloreto de colina (*cholin*); 24.000 mg de niacina (*niacin*); 50.000 mg de Fe; 3.000 mg de Cu; 20.000 mg de Mn; 30.000 mg de Zn; 100 mg de I; 10 mg de Co; 100 mg de Se.

⁴ 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*).

Os alevinos foram mantidos em 36 aquários de polietileno, com capacidade volumétrica de 150 litros e volume útil de 130 litros cada um, 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 decolorada 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 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 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 às 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, uma vez por dia, para retirada das excretas por sifonagem, sendo realiada sempre após a leitura da temperatura da água do período da tarde.

Foram avaliados os seguintes índices zootécnicos: consumo de ração, consumo de lisina digestível, consumo de nitrogênio, ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência, 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), índice hepatossomático (IHS), rendimento de carcaça e eficiência de retenção de nitrogênio.

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

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

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, de acordo com as expressões descritas por Jauncey & Ross (1982).

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

Os pesos das vísceras e do fígado foram obtidos após a retirada das vísceras para determinação do rendimento de carcaça inteira. As vísceras foram pesadas em balança analítica (0,001 g), para a determinação da porcentagem das vísceras em relação ao corpo e do IHS.

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 em Silva &

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

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 5,0% de probabilidade e, no caso de diferença estatística, para a comparação das médias obtidas foi utilizado o teste de Student Neuman Keuls (SNK).

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 $28,0 \pm 0,90^{\circ}\text{C}$ para temperatura da água, de $7,1 \pm 0,20$ para o pH, de $7,4 \pm 0,40$ ppm para o oxigênio dissolvido e de $0,90 \pm 0,06$ mg/L de nitrogênio amoniacal. Estes valores encontram-se dentro da faixa recomendada para a criação desta espécie, segundo Kubitza (2000).

Os resultados médios dos parâmetros de desempenho estudados encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo em função das relações aminoacídicas:lisina digestível da ração por tratamento

Table 2 – Performance of Nile tilapia fingerlings due to dietary digestible amino acids:lysine ratio per treatment.

Parâmetro <i>Parameter</i>	Tratamentos <i>Treatments</i>					CV (VC) (%)
	T1	T2	T3	T4	T5	
Peso inicial (g) <i>Initial weight (g)</i>	1,83	1,84	1,83	1,82	1,82	1,16
Ganho de peso (g) <i>Weight gain (g)</i>	12,17	12,26	12,46	12,40	12,17	8,82
Taxa de crescimento específico (%/dia) <i>Specific growth rate (%/day)</i>	5,49	5,50	5,55	5,56	5,51	3,59
Taxa de sobrevivência (%) <i>Survival rate (%)</i>	100,00	98,81	100,00	100,00	98,81	2,00
Consumo de ração (g) <i>Feed intake (g)</i>	14,92	15,06	15,34	15,53	15,29	4,91
Consumo de lisina digestível (mg) <i>Lysine intake (mg)</i>	253,67	255,98	260,72	263,93	259,97	4,91
Consumo de nitrogênio (mg) <i>Nitrogen intake (mg)</i>	764,01a	674,58b	687,08b	695,54b	685,09b	5,00
Conversão alimentar (g/g) <i>Feed/gain ratio (g/g)</i>	1,23	1,24	1,22	1,25	1,26	5,98
Eficiência protéica para ganho (g/g) <i>Protein efficiency for growth (g/g)</i>	2,54b	2,90a	2,90a	2,85a	2,84a	5,80
Eficiência de lisina para ganho (g/g) <i>Lysine efficiency for growth (g/g)</i>	47,74	47,83	47,82	46,95	46,76	5,77

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

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

Means, in the same line, followed by different letters differ (P<0,01), by SNK test.

A redução do teor de proteína bruta da ração não influenciou (P<0,05) o ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência dos peixes, o consumo de ração e o consumo de lisina digestível. Estes resultados estão em conformidade com aqueles encontrados por Bomfim et al. (2006). Também não houve diferença estatística (P<0,05) nestes parâmetros entre os tratamentos com as diferentes relações aminoacídicas. Ao contrário do que foi encontrado por Bomfim et al. (2006), houve um aumento numérico no ganho de peso e no consumo de ração dos peixes alimentados com o nível inferior de proteína bruta (28,0%) em relação aos valores obtidos com a ração testemunha (32%).

Não houve diferença significativa (P<0,05) no consumo de ração entre as médias dos tratamentos, conseqüentemente o de maior PB apresentou um maior consumo de

nitrogênio, menores taxas de eficiência protéica para ganho ($P < 0,05$) e taxas de eficiência de retenção de nitrogênio ($P < 0,05$). Porém, os tratamentos com menor teor de proteína e diferentes relações aminoacídicas não apresentaram diferença ($P < 0,05$) entre si para os mesmos parâmetros.

Isto demonstra que, conforme Halver & Hardy (2002), a elaboração de rações para peixes utilizando-se o conceito de “proteína ideal” pode reduzir a emissão de compostos nitrogenados nos corpos d’água adjacentes as pisciculturas, o qual junto com o fósforo são os principais nutrientes responsáveis pela proliferação de algas que levam à eutrofização dos ecossistemas (Furuya, 2001a; Wilson, 2003; Pezzato et al., 2004; Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2005a). Esta maior eficiência de aproveitamento da fração protéica da ração pode também refletir no custo da produção, visto que a proteína constitui-se no componente mais caro da ração (Hepher, 1988), além de poder reduzir a concentração total de nitrogênio amoniacal, o que dependendo do pH da água pode comprometer a produtividade e aumentar a mortalidade (Losordo, 1997).

Os tratamentos proporcionaram taxas de crescimento específico de 5,5% ao dia que foram similares às observadas por Boscolo et al. (2002a), Hisano et al. (2003), Furuya et al. (2005), Boscolo et al. (2006), Furuya et al. (2006) e Ribeiro et al. (2006) com tilápias da mesma linhagem e mesma categoria de peso. Porém foram inferiores aos valores encontrados por Bomfim et al. (2005 a) e Bomfim et al. (2005 b) de 7,0% ao dia, bem como as taxas de 7,8% encontradas por Lanna et al. (2005) e de 8,7% ao dia observados por Furuya et al. (2000).

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.

O conceito de “proteína ideal” tem sido testado em outras espécies, mantendo-se o desempenho dos animais quando reduz-se o teor protéico da ração e suplementa-se com aminoácidos livres. Yamamoto et al. (2005) obteve resultados semelhantes trabalhando com trutas, Ferreira et al. (2003), Ferreira et al. (2005), Orlando et al. (2005) e Ferreira et al. (2006) com suínos e Burnham et al. (2001) e Araújo et al. (2001) com aves.

A eficiência protéica para ganho (EPG) não apresentou uma variação entre os tratamentos com redução do teor de proteína e diferentes relações entre os aminoácidos e a lisina, porém foram superiores, em valores absolutos, ao tratamento com maior teor protéico. Valores de EPG similares foram encontrados por Bomfim et al. (2005 a), Furuya et al. (2005) e Bomfim et al. (2006), porém superiores aos observados por Furuya et al. (2000), Hisano et al. (2003), Furuya et al. (2004a), Boscolo et al. (2006) e Furuya et al. (2006) em experimentos com tilápia e Rodehutschord et al. (2000) trabalhando com truta arco-íris.

A maior eficiência protéica para ganho pode estar relacionada ao melhor balanceamento aminoacídico ocasionado pela redução dos aminoácidos excedentes às exigências do animal na ração com nível superior de proteína que, provavelmente, não contribuiriam para a formação de tecido magro e foram catabolizados (Bomfim et al., 2005 a, Bomfim et al. 2005b e Bomfim et al. 2006).

Por outro lado, a ausência de diferença significativa entre as médias dos tratamentos com menor teor de proteína indica que as relações da metionina+cistina e da treonina com a lisina podem ser menores que as preconizadas pelo NRC (1993). Isto mostra também que, neste experimento, o acréscimo de 0,3 % de ácido glutâmico na ração do tratamento cinco não resultou em diferença no desempenho, indicando que

provavelmente não houve deficiência em nenhum aminoácido não essencial. Ao contrário do que foi relatado por Schumacher et al. (1995) que observaram que uma fonte de aminoácidos não essenciais (ácido glutâmico) teve efeito altamente significativo no crescimento de trutas arco-íris.

Estes resultados evidenciam que rações formuladas com base nas relações entre aminoácidos digestíveis e a lisina digestível podem ser mais adequadas para atender as exigências da tilápia do que as formuladas apenas com o teor de proteína bruta (Boisen et al., 2000; Boisen, 2003; Orlando et al., 2005; Furuya et al., 2005; Yamamoto et al., 2005, Bomfim et al. 2005a e Bomfim et al. 2006).

Com relação aos demais parâmetros de desempenho, não foram observadas diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos. Ao contrário de Bomfim et al. (2005a), que observaram uma 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, não houveram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos para estes dois parâmetros.

Este resultado negativo tem sido atribuído a alguns problemas na utilização de rações suplementadas com níveis excedentes de aminoácidos sintéticos, tais como a possibilidade de maior lixiviação dos aminoácidos sintéticos do que os da proteína vegetal no ambiente aquático e o desbalanceamento do perfil aminoacídico ideal nos sítios de síntese protéica, devido a sua maior velocidade de absorção (Tantikitti & March, 1995; Schuhmacher et al., 1997; Zorate & Lovell, 1997; Zorate et al., 1999; Aoki et al., 2001; Dabrowski et al., 2003 e Lanna et al., 2005).

No presente trabalho estes efeitos deletérios da utilização de aminoácidos sintéticos podem ter sido minimizados pela maior frequência de arraçoamento que foi de seis vezes ao dia, em quantidades pequenas e em repasses sucessivos para garantir a

rápida e completa ingestão das rações, o que pode ter diminuído a lixiviação e contribuído para a estabilização da concentração plasmática dos aminoácidos e equilíbrio do “pool” de aminoácidos nos sítios de síntese protéica, reduzindo o seu catabolismo e posterior excreção (Tantikitti & March, 1995; Zorate et al., 1999; Barroso et al., 1999; Rodehutschord et al, 2000 e Lanna, et al., 2005).

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

Tabela 3 – Composição, deposições de proteína e de gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio em alevinos de tilápia do Nilo em função dos tratamentos

Table 3 – Body composition, body protein, fat deposition and nitrogen retention efficiency of Nile tilapia fingerlings due to treatments.

Parâmetro <i>Parameter</i>	Tratamentos <i>Treatments</i>						CV (VC) (%)
	Inicial <i>Initial</i>	T1	T2	T3	T4	T5	
Umidade corporal (%) <i>Body humidity (%)</i>	81,7	75,7	74,7	74,8	75,6	74,2	2,6
Gordura corporal (%) ¹ <i>Body fat (%)</i>	1,7	5,0	5,0	5,2	5,3	5,0	12,0
Proteína corporal (%) ¹ <i>Body protein (%)</i>	7,5	11,3	11,7	11,6	11,3	12,0	8,0
Deposição de gordura corporal (mg/dia) <i>Body fat deposition (mg/day)</i>	-	17,73	17,96	19,11	19,37	18,19	14,51
Deposição protéica corporal (mg/dia) <i>Body protein deposition (mg/day)</i>	-	38,88	40,80	40,77	39,91	41,37	11,79
Rendimento de carcaça (%) <i>Carcass yield(%)</i>	-	88,9	88,3	88,0	87,9	89,3	2,18
Índice hepatossomático <i>Hepatossomatic index</i>	-	1,14b	1,22ab	1,26ab	1,45a	1,17b	14,32
Eficiência de retenção de nitrogênio (%) <i>Nitrogen retention efficiency (%)</i>	-	30,1b	35,7a	35,5a	34,0a	36,0a	10,20

CV_ coeficiente de variação (VC_ coefficient of variation)

¹Matéria natural (Natural matter)

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

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

Verificou-se que a redução do teor protéico da ração não influenciou ($P < 0,05$) no rendimento de carcaça, teor de proteína corporal dos peixes, teores de umidade corporal e gordura corporal. Estes resultados direrem daqueles encontrados por Bomfim et al. (2005a) que observaram menores teores de gordura corporal em peixes alimentados com ração contendo maior nível protéico em relação aos alimentados com rações de menor teor protéico. Também são contrários aos resultados observados por Yamamoto et al. (2005), ao trabalharem com trutas. Estes resultados podem estar relacionados ao excesso de aminoácidos que são catabolizados (Dabrowski & Guderley, 2002), o que pode ter reduzido deposição de gordura corporal devido à menor energia líquida em função do maior incremento calórico produzido (Noblet, 2001).

O tratamento um, com maior teor protéico (menor relação energia digestível:proteína bruta), e o tratamento cinco, com suplementação adicional de ácido glutâmico resultaram em menores IHS, o que pode estar relacionado ao catabolismo dos aminoácidos excedentes, o qual pode ter proporcionado um maior incremento calórico e resultado em menor fração excedente de energia líquida para ser depositada como reserva energética (Bureau et al., 2000 e Noblet, 2001). A atividade metabólica implica na utilização de nutrientes obtidos a partir do alimento ingerido e de reservas energéticas depositadas em diferentes partes do organismo. Portanto, é possível esperar que o peso do fígado, provavelmente, reflita este metabolismo (Costa, 1999).

Com relação às deposições diárias de gordura e de proteína corporal não foram observadas diferenças ($P < 0,05$) entre os tratamentos, apesar da redução numérica, em valores absolutos, observada nestes parâmetros nos peixes alimentados com o maior nível de proteína bruta (32,0%) em relação aos valores obtidos com os demais tratamentos.

Contudo, pode-se observar que os peixes alimentados com os níveis inferiores de PB apresentaram maiores taxas de deposição de proteína e de gordura corporal, em valores absolutos, em relação aos alimentados com o nível maior de PB, ao contrário do observado por Bomfim et al. (2005a) e que a falta de uma diferença estatística para essa variável pode ter sido em função dos elevados coeficientes de variação.

Com relação à eficiência de retenção de nitrogênio, obteve-se melhora para esta variável ($P < 0,05$) nos peixes alimentados com as rações de níveis protéicos inferiores, similar ao obtido em outras pesquisas com tilápias (Furuya et al., 2005) e trutas arco-íris (Yamamoto et al., 2005).

Estes resultados corroboram a teoria de que o uso de rações elaboradas com base no conceito de proteína ideal constitui-se em uma estratégia alimentar eficaz na redução da excreção de nitrogênio para o ambiente sem afetar significativamente o desempenho zootécnico dos animais (Ferreira et al., 2003; Orlando et al., 2005; Furuya et al., 2005; Yamamoto et al., 2005; Bomfim et al., 2005a e Bomfim et al., 2006).

Conclusões

O nível de proteína bruta da ração para alevinos de tilápia do Nilo é de 28%, desde que as rações sejam devidamente suplementadas com aminoácidos essenciais limitantes.

As relações de metionina+cistina e treonina digestíveis com a lisina digestível são de 60,0% e 69,0%, respectivamente, nas rações para alevinos de tilápia do Nilo.

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.
- ARAUJO, LF, JUNQUEIRA, OM, ARAUJO, CSS et al. Proteína Bruta e Proteína Ideal para Frangos de Corte no Período de 1 a 21 Dias de Idade. **Rev. Bras. Cienc. Avic.**, vol. 3, no. 2, pp. 157-162, 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_Aquicultura211.htm2.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; FREITAS, A. S. ; 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: 43ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA - 24 A 27 DE JULHO DE 2006., 2006, João Pessoa - PB. Anais da 43ª **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia** - 24 a 27 de Julho de 2006. 2006.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; QUADROS, M.; TAKISHITA, S. S.; RIBEIRO, F. B.; ABREU, M. L. T.; CASTILHO, F. Q; FREITAS, J.J. G.. Methionine plus cystine requirement, based on ideal protein concept, in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. In: Aquaculture 2007 – February 26 to march 2. 2007, San Antonio – Texas. **Anais...**Texas 2007. CD-ROM.
- 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 Curimatá (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.34, n.6, p.1795-1806, 2005b.

- 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.
- BURNHAM, D. Treonina Cristalina na dieta usada para diminuir a proteína bruta e seu efeito sobre o crescimento e rendimento de carcaça de frangos de corte. 1º Workshop latino-americano da Ajinomoto Biolatina. **Anais**. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2001.
- COSTA A.P.R. Aspectos da biologia reprodutiva de fêmeas do Piau - Vermelho *Leporinus copelandii* (Steindachner, 1875) (Pisces, Anostomidae), na bacia do baixo rio Paraíba do Sul (RJ). Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências e Tecnologia Agropecuárias, **Universidade Estadual do Norte Fluminense**, Campos de Goytacazes, RJ. 113p, 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.
- 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.
- 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.

- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. et al. Effect of feeding reduced crude protein, amino acid-supplemented diets on performance of castrated swine from 15 to 30 kg on high environmental temperature. **R. Bras. Zootec**, vol. 35, no. 3, suppl., pp. 1056-1062, 2006.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M., DONZELE, J. L. et al. Reduction of crude protein levels of ration with amino acid supplementation to castrated swines maintained in a termoneutral environment from 30 to 60 kg. **R. Bras. Zootec.**, vol. 34, no. 2, pp. 548-556, 2005.
- 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.; 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, *Orteochromis niloticus* (L.), baseadas no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum** v.23, n.4, p.885-889, 2001a.
- 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 (*Oreochromis niloticus*), na terminação. **Ciência Rural** v.34, n.5, p.1571-1577, 2004a.
- 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.).
- 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.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.
- HALVER, J. E.; HARDY, R. W. **Fish Nutrition**. Academic Press. p.755-769, 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.
- HEPHER, B. **Nutrition of pond fishes**. Cambridge: Cambridge University Press, 388p. 1988.
- 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.
- JAUNCEY, K.; ROSS, B. **A guide to tilapia feed and feeding**. Scotland: University of Stirling, 111p, 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
- KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: F. Kubitza, 2000. 285p.
- LANNA, E. A. T.; BOMFIM, M. A. D.; DONZELE, J. L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F. B.; TAKISHITA, S. S.; ARAÚJO, W. A. G.; ABREU, M. L. T.. Threonine requirement, base on ideal protein concept, in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. In: Aquaculture 2007 – February 26 to march 2. 2007, San Antonio – Texas. **Anais...Texas 2007**. CD-ROM.
- 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.
- Losordo, T.M. Tilapia culture in intensive recirculating systems. In: Costa-Pierce, B. and Rakocy, J. (editors), Tilapia Aquaculture in the Americas, Volume 1. **World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA**. pp. 185-208, 1997.
- 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, Uniti de Nutrition et Metabolisme Proteique, 2003. p.73-88.
- 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 leitoas 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.

- 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.
- RIBEIRO, Felipe Barbosa; LANNA, Eduardo Arruda Teixeira; BOMFIM, Marcos Antonio Delmondes; DONZELE, Juarez Lopes; FREITAS, Anderson Saraiva de; SOUSA, Maíra Paula de; QUADROS, Moisés. Níveis de Fósforo Total em Dietas para Alevinos de Tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2006.
- 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.
- 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.
- 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.
- SCHUHMACHER, A.; SCHON, J.; GOLDBERG, M. and GROPP, J.M. Nonessential amino acid sources in crystalline amino acid diets for trout (*Oncorhynchus mykiss*). **J. Appl. Ichthyol**, 11,317, 1995.
- 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 Physiology and Biochemistry** v.14, p.179-194, 1995.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG** . Viçosa, MG: 1997 (Versão 8.0).
- WATANABE, W.O.; LOSORDO, T.M.; FITZSIMMONS, K. et al. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trend and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, v.10, p.465-498, 2002.
- WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.427-447.

- 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.