

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**LUCAS PEDRO GONÇALVES JUNIOR**

**NECESSIDADE DE TREONINA, METIONINA+CISTINA E  
LISINA DIGESTÍVEL PARA JUVENIS DE TAMBAQUI  
(*Colossoma macropomum*)**

**ALEGRE – ES**

**2015**

**LUCAS PEDRO GONÇALVES JUNIOR**

**NECESSIDADE DE TREONINA, METIONINA+CISTINA E  
LISINA DIGESTÍVEL PARA JUVENIS DE TAMBAQUI  
(*Colossoma macropomum*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Veterinárias, linha de pesquisa em Nutrição e Reprodução Animal.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Pierro Mendonça.

**ALEGRE – ES**

**2015**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

G635n Gonçalves Júnior, Lucas Pedro, 1993-  
Necessidade de treonina, metionina+cistina e lisina digestível para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) / Lucas Pedro Gonçalves Junior. – 2015.  
68 f. : il.

Orientador: Pedro Pierre Mendonça.  
Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Aminoácidos. 2. Caracideos. 3. Espécie nativa. 4. Nutrição animal. 5. Tambaqui (Peixe) I. Mendonça, Pedro Pierre. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 619

---

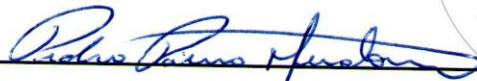
**LUCAS PEDRO GONÇALVES JUNIOR**

**NECESSIDADE DE TREONINA, METIONINA+CISTINA E LISINA  
DIGESTÍVEL PARA JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Veterinárias, linha de pesquisa em Reprodução e Nutrição.

Aprovado em 04 de Fevereiro de 2015.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



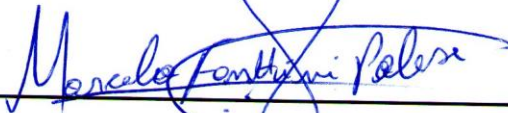
**Prof. Dr. Pedro Pierro Mendonça**

**Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo  
(Orientador)**



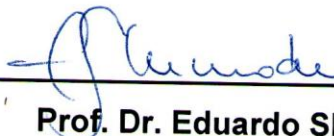
**Prof. Dr. José Geraldo de Vargas Junior**

**Universidade Federal do Espírito Santo**



**Prof. Dr. Marcelo Fanttini Polese**

**Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo**



**Prof. Dr. Eduardo Shimoda**

**Universidade Candido Mendes - Campus**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pelas oportunidades e conquistas.

Ao Prof. Dr. Pedro Pierro Mendonça pela orientação e pelas horas dedicadas nesses últimos cinco anos.

Aos amigos que ajudaram na montagem e execução desse trabalho: José Gilmar da Silva Souza, Paula Del Caro Selvatic, Leonardo Francisco Mendes, Marcelo Darós Matielo, Pattryk Santos Rodrigues, Willes Marques Farias, Braulio Pegô de Faria, João Victor da Silva Santos. Bruno Dias dos Santos.

Aos funcionários Izaias e Dário pela ajuda na realização da reprodução e larvicultura do tambaqui.

Ao Prof. Dr. José Geraldo de Vargas Junior pela colaboração na formulação das dietas e no planejamento dos experimentos.

A todos os demais amigos que de alguma forma contribuíram.

## RESUMO

GONÇALVES JUNIOR, LUCAS PEDRO. Necessidade de treonina, metionina+cistina e lisina digestível para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). 2015. 68p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2015.

Objetivando-se determinar as necessidades nutricionais de lisina, treonina e metionina+cistina digestível para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Foram realizados três experimentos no Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais, Setor de Aquicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo *Campus* de Alegre. Todos experimentos foram realizados utilizando-se delineamento inteiramente ao acaso (DIC). Os tratamentos corresponderam aos níveis de aminoácido digestível (Treonina= 0,70; 0,77; 0,84; 0,91; 0,98%; Metionina+cistina= 0,66; 0,73; 0,80; 0,87; 0,94%; Lisina= 1,15; 1,45; 1,75; 2,05%). As dietas basais foram isoproteicas (25% de proteína bruta) e isocalóricas (3200 Kcal.Kg<sup>-1</sup>). As unidades experimentais foram compostas por oito juvenis de tambaqui em caixas de volume útil de 40L em sistema de recirculação de água, equipado por filtragem biológica e aquecimento por aquecedores com termostato. O desempenho produtivo foi avaliado pelo ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de eficiência proteica (TEP), taxa de crescimento específico (TCE), índice hepatossomático (IHS) e o índice de gordura visceral (IGV). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) dos níveis de treonina digestível na taxa de crescimento específica e a conversão alimentar aparente. Os níveis de treonina também influenciaram a taxa de eficiência proteica ( $P = 0,057$ ) e taxa de eficiência de treonina ( $P = 0,053$ ). Os níveis de metionina+cistina digestível não influenciaram ( $P < 0,05$ ) o índice hepatossomático, índice de gordura visceral e o consumo de ração. O ganho de peso e a taxa de eficiência proteica apresentaram aumento ( $P < 0,05$ ) linear crescente em função do aumento dos níveis de metionina+cistina digestível. Os níveis de lisina digestível não influenciaram ( $P < 0,05$ ) o índice hepatossomático, índice de gordura visceral, o ganho de peso e o consumo de ração. O comprimento total e taxa de eficiência

proteica apresentaram comportamento linear crescente ( $P < 0,05$ ) em função dos níveis de lisina digestível. Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que os níveis de 0,98%, 0,94% e 2,05% de treonina, metionina+cistina e lisina digestíveis respectivamente atendem a necessidade para juvenis de tambaqui.

Palavras chave: Aminoácido, *caracideos*, espécie nativa, nutrição.

## ABSTRACT

GONÇALVES JUNIOR, LUCAS PEDRO. Digestible threonine, methionine+cystine and lysine requirement of tambaqui *Colossoma macropomum*. 2015. 68p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2015.

Aiming to determine the nutritional needs of digestible threonine, methionine+cystine and lysine, for tambaqui (*Colossoma macropomum*). Three experiments were conducted in the Nutrition Laboratory and Production of Ornamental Species, Aquaculture Sector of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Espírito Santo Campus Alegre. All experiments were performed using the completely randomized design (CRD). The treatments of digestible amino acid (threonine = 0,70; 0,77; 0,84; 0,91; 0,98%; methionine+cystine = 0,66; 0,73; 0,80; 0,87; 0,94%; Lysine= 1,15; 1,45; 1,75; 2,05%). The basal diets were isonitrogenous (25% crude protein) and isocaloric (3200 Kcal.Kg<sup>-1</sup>). The experimental units consisted of eight tambaqui accommodated in boxes of usable volume of 40 L in water recirculation equipped for biological filtration and heater with thermostat. The productive performance was evaluated by weight gain (GP), feed conversion (CAA), protein efficiency rate (TEP), specific growth rate (TCE), hepatosomatic index (IHS) and the index of visceral fat (IGV). The results were submitted to variance of analysis and regression analysis. Quadratic effect was observed (P<0.05) levels of threonine in the specific growth rate and feed conversion. Threonine levels also influenced the protein efficiency ratio (P=0,057) and threonine efficiency rate (P=0,053)The methionine+cystine did not influence (P<0,05) hepatosomatic index, index of visceral fat and feed intake. The weight gain rate and efficiency of protein had (P<0,05) linear increase according to the methionine+cystine levels. The lysine levels did not affect (P<0,05) hepatossomatic index, visceral fat index, weight gain and feed intake. The total length and protein efficiency ratio showed a linear behavior (P<0,05) according to the lysine levels. Based on the results obtained it can be concluded that the levels of 0,98%, 0,94% and 2,05% threonine, methionine+cystine and lysine respectively meet the need for tambaqui.



**Key words:** Amino acid, *caracideos*, native species, nutrition.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Capítulo 1. Efeito dos níveis de treonina na taxa de crescimento específica e na conversão alimentar aparente.....39.
- Figura 2. Capítulo 1. Efeito dos níveis de treonina na taxa de eficiência proteica e taxa de eficiência de treonina..... 41.
- Figura 1. Capítulo 2. Efeito dos níveis de metionina+cistina digestível no ganho de peso, conversão alimentar aparente, taxa de eficiência proteica e taxa de eficiência da metionina+cistina digestível.....52.
- Figura 1. Capítulo 3. Efeito dos níveis de lisina digestível na taxa de eficiência proteica e na taxa de eficiência da lisina.....65.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação nutricional dos aminoácidos para os peixes..... 20.

Tabela 1. Capítulo 1. Composição calculada das dietas experimentais para os diferentes níveis de treonina digestível..... 35.

Tabela 2. Capítulo 1. Valores médios  $\pm$  desvio padrão encontrado para as variáveis sobrevivência (S), peso (P), ganho de peso (GP), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura (A), consumo de ração (CR), consumo de treonina (C) índice hepatossomático (IHS) e índice de gordura visceral (ICV) para os juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de treonina digestível.....38.

Tabela 1. Capítulo 2. Composição calculada das dietas experimentais para os diferentes níveis de metionina+cistina digestível..... 48.

Tabela 2. Capítulo 2. Valores médios  $\pm$  desvio padrão para as variáveis sobrevivência (S), peso (P), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura (A), índice hepatossomático (IHS) e índice de gordura visceral (ICV), taxa de crescimento específica (TCE), consumo de ração (CR) e consumo de metionina+cistina (C) para os juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de metionina+cistina digestível..... 51.

Tabela 1. Capítulo 3. Composição calculada das dietas experimentais para os diferentes níveis de lisina digestível.....61

Tabela 2. Capítulo 3. Valores médios  $\pm$  desvio padrão para as variáveis sobrevivência (S), peso (P), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura (A), ganho de peso (GP), índice hepatossomático (IHS), índice de gordura visceral (ICV), taxa de crescimento específica (TCE), consumo de ração (CR) e consumo de lisina (C) para os juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de lisina digestível.....63

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
2.1. Fontes de proteína .....	15
2.2. Proteína bruta .....	17
2.3. Digestibilidade .....	18
2.3. Aminoácidos.....	20
2.4.1. Treonina .....	22
2.4.2. Metionina+cistina .....	23
2.4.3 Lisina .....	24
3. REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO 1: Necessidade de treonina digestível para juvenis de tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> .....	31
Resumo.....	32
Abstract.....	32
Introdução .....	33
Materiais e Métodos.....	34
Resultados e discussões.....	36
Conclusões .....	41
Referências .....	41
CAPÍTULO 2: Necessidade de metionina+cistina digestível para juvenis de tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> .....	44
Resumo.....	45
Abstract.....	45
Introdução .....	46
Material e métodos.....	47
Resultados e discussões.....	49
Conclusão .....	53
Referências .....	54
Capítulo 3: Necessidade de lisina digestível para juvenis de tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> .....	57
Resumo.....	58
Abstract.....	58

Introdução .....	59
Materiais e Métodos .....	60
Resultados e Discussões .....	62
Conclusões .....	66
Referências .....	66

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta grande potencial para a produção de organismos aquáticos, como o clima, capacidade hídrica (diversas áreas alagadas e reservatórios naturais de água doce), e demanda crescente por produtos aquícolas, tanto no mercado interno como no externo. Também deve-se destacar o fato do país ser um dos maiores produtores de grãos do mundo, disponibilizando matéria prima para mais variáveis formulações de rações.

A piscicultura nacional apresenta grande número de espécies nativas com potencial para o cultivo, tais como os peixes redondos como tambaqui (*Colossoma macromum*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*); os surubins (*Pseudoplatystoma corruscans* e *P. fasciatum*); os jundiás (*Rhamdia quelen*, *Rhamdia* sp. e *Rhamdia voulezi*); o pirarucu (*Arapaima gigas*); o lambari (*Astyanax* sp.).

Assim, para explorar o máximo desempenho das espécies, é necessário o conhecimento das suas necessidades nutricionais. Os lipídios, minerais, carboidratos, proteínas e vitaminas são necessários em proporções adequadas para suprir as necessidades fisiológicas dos animais (FERNANDES JUNIOR *et al.*, 2010).

A diferença das rações para peixes, em relação àquelas produzidas para os animais domésticos tradicionais, está no seu elevado nível de proteína. Diferente dos mamíferos e das aves, os peixes apresentam limitada capacidade de utilização dos carboidratos como fonte de energia, resultando melhor conversão de proteína como fonte de energia, o que explica os elevados níveis de recomendação para os peixes quando comparado com os outros animais (TEIXEIRA *et al.*, 2006).

Entre os nutrientes que compõem as dietas dos peixes, as proteínas correspondem às maiores proporções do custo da ração e participam de todos os processos metabólicos vitais. Os gastos relacionados com a alimentação, normalmente correspondem a mais de 50% do custo de produção na piscicultura, isso porque ainda não temos ração específica para cada etapa de vida, assim como estratégia eficiente de manejo alimentar para a maioria das espécies de peixes produzidas (RIBEIRO *et al.*, 2007).

A necessidade proteica de uma espécie de peixe representa a quantidade mínima de uma mistura de aminoácidos que leva à obtenção do máximo crescimento possível. Tal requerimento pode ser influenciado por vários fatores,

incluindo a relação proteína:energia da dieta, fase de desenvolvimento, temperatura ambiente e a qualidade da proteína (SILVA *et al.*, 2003; GUTIÉRREZ *et al.*, 2009).

De maneira geral, os animais jovens apresentam maior requerimento de proteína do que animais adultos, pois nas fases iniciais há uma elevada taxa de crescimento, conseqüentemente, grande atividade de síntese proteica destinada a formação de tecidos, órgãos e estruturas. Posteriormente quanto maior a idade, menor a taxa de crescimento, tendo significativa redução no requerimento de proteína.

Somente a ingestão regular de proteína supre o animal dos aminoácidos exigidos continuamente tanto para crescimento e reprodução, como para repor proteínas degradadas no corpo do peixe, manutenção de tecidos e órgãos (ROLLIN *et al.*, 2003). Dessa forma, uma vez conhecido a importância do balanceamento em aminoácidos na nutrição dos peixes e a carência de informações específica para o tambaqui, torna-se necessário a determinação do requerimento em aminoácidos, possibilitando assim, a formulação de dietas que melhor atenda a necessidade da espécie.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Fontes de proteína

Dentre as fontes proteicas, a farinha de peixe é o ingrediente utilizado em dietas para organismos aquáticos devido ao perfil de aminoácidos essenciais e não essenciais e as funções específicas de cada um (TEIXEIRA *et al.*, 2006). Além da alta concentração de proteína bruta, é excelente fonte de ácidos graxos essenciais, energia digestível, minerais e vitaminas. Entretanto, a farinha de peixe representa a fonte de proteína mais cara das dietas (FURUYA *et al.*, 2001).

No Brasil, a farinha de peixe é proveniente da indústria do processamento do pescado (TEIXEIRA *et al.*, 2006). Nesse sentido, com o aumento da produção de pescado cultivado, a tendência é o aumento da oferta e redução do custo desse produto no mercado. Por outro lado, dependendo da matéria prima utilizada, a farinha de peixe pode apresentar alta variação em sua composição, em termos de proteína, gordura, cinzas e aminoácidos. Essas variações irão afetar a digestibilidade e disponibilidade desses nutrientes, resultando em prejuízo no desempenho dos peixes e conversão alimentar (BOSCOLO *et al.*, 2001).

A atual produção limitada de farinha de peixe de boa qualidade e seu elevado preço levou a busca de fontes alternativa de proteína. Resultados satisfatórios foram obtidos com a redução parcial ou total da farinha de peixe na dieta de peixes cultivados, sendo as fontes de proteína animal mais estudadas, a farinha de vísceras de frango (SIGNOR *et al.*, 2007), a farinha de carne e ossos (PEZZATO *et al.*, 2002), e a farinha de sangue (BARROS *et al.*, 2004).

Entre as fontes de proteína de origem vegetal com grande potencial para substituição da farinha de peixe podemos destacar a soja. O farelo de soja é o ingrediente com elevado valor proteico e boa disponibilidade dos nutrientes, o mesmo é um dos principais ingredientes utilizados como fonte proteica de origem vegetal na formulação de ração para peixes, substituindo a farinha de peixe (FABREGAT, *et al.* 2011). Entretanto o farelo de soja possui alguns fatores anti-nutricionais que devem ser eliminados durante o processamento tais como, inibidores de protease, hemaglutininas e compostos fenólicos.



Outro ponto a ser ressaltado é o efeito negativo do aumento da inclusão do farelo de soja no consumo de ração devido a redução da palatabilidade. Entretanto, Fernandes *et al.* (2000) verificou a viabilidade da substituição parcial ou total da farinha de peixe pelo farelo de soja, sem influir no ganho de peso, na conversão alimentar, na taxa de crescimento de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Entretanto, a mistura farinha de peixe mais farelo de soja proporcionou os melhores resultados devido o melhor balanceamento dos nutrientes.

Outras possíveis fontes de proteína vegetal também foram testadas em dietas para peixes. A canola é uma cultura alternativa de inverno que se adéqua bem às condições climáticas do Brasil, e foi desenvolvida a partir do melhoramento da colza (*Brassica campestris* e *Brassica napus*). A canola pode ser incluída nas rações quando os demais ingredientes utilizados na formulação das rações apresentarem o custo elevado e a conseqüente redução no desempenho não sejam suficientes para acarretar prejuízo. De maneira geral Viegas *et al.* (2008), demonstrou que o farelo de canola pode ser utilizado como fonte proteica alternativa, em dietas para animais, além disso, melhora sua palatabilidade. A resposta do peixe à inclusão de farelo de canola na dieta tem sido positiva, com algumas restrições quanto aos níveis de inclusão.

Nessa mesma linha de pesquisa Santos *et al.* (2010), verificaram que a adição de até 30% de farinha de resíduo de castanha-do-Pará não compromete o ganho em peso nem parâmetros hematológicos de juvenis de tambaqui. Lemos *et al.* (2011) concluíram que a substituição de até 25% do farelo de soja por farelo de coco resultou na elaboração de dietas mais viáveis economicamente, sem prejuízo no desempenho e na qualidade de carcaça do tambaqui..

Com base no apresentado anteriormente, pode-se inferir que a seleção de ingredientes para a formulação de dietas para peixes tem sido baseada no custo da proteína, energia digestível e no perfil de aminoácidos. Entretanto, tem sido demonstrada tendência de inibição do consumo em função do aumento da inclusão das fontes de proteína de origem vegetal nas rações.

## 2.2. Proteína bruta

Conforme o apresentado no NRC (2011) o conceito de proteína ideal pode ser definido como o melhor balanço possível de aminoácidos essenciais e não essenciais necessários para promover o máximo crescimento e a maior eficiência na utilização do nitrogênio dietético. O consumo de proteína em quantidade menor que o requerido pode resultar na redução do crescimento e síntese proteica, devido à degradação de proteína dos tecidos com o objetivo de manter as funções vitais (BOMFIM *et al.*, 2008a).

Por outro lado, a formulação de dietas com elevado nível de proteína bruta para atender a necessidade em aminoácidos não é a melhor estratégia. O excesso de aminoácidos é parcialmente utilizado para síntese de proteínas e o restante é desaminado e a estrutura carbônica depositada na forma de lipídio (GONÇALVES, *et al.*, 2009). Segundo Brandão *et al.*, (2009) a formulação de rações com excesso de proteína, pode resultar em elevada quantidade de aminoácidos não essenciais, o que aumenta a excreção de nitrogênio. Outras estratégias podem ser adotadas para balancear o perfil de aminoácidos das dietas, como a combinação de ingredientes que se complementam ou a suplementação com aminoácidos sintéticos (GAYLORD e BARROWS, 2009).

É possível diminuir o teor de proteína da ração sem prejudicar o desempenho dos animais, uma vez que o correto fornecimento de nitrogênio influencia positivamente na excreção nitrogenada, o que é desejável para manutenção da qualidade da água. Considerável número de trabalhos (SILVA *et al.*, 2006; BRANDÃO *et al.*; GAYLORD e BARROWS, 2009; ARARIPE *et al.*, 2011) foram realizados para verificar o efeito da redução da proteína bruta e a suplementação com aminoácidos sintéticos. Geralmente são incluídos os mais limitantes do crescimento. Aminoácidos limitantes refere-se àqueles que estão presentes no ingrediente ou dieta em uma concentração menor do que o necessário para o máximo crescimento do animal. O aminoácido que estiver em menor concentração da sua necessidade é o que mais afeta o desempenho.

Gutiérrez *et al.* (2009), verificou que a melhor resposta de crescimento para tambaquis de peso médio inicial de 53,2g foi obtida com dietas contendo 25% de proteína bruta e 2.700 kcal.g<sup>-1</sup> de energia digestível calculada. Resultado semelhante foi observado por Vidal Jr. *et al.*, (1998) onde 25,01% de proteína bruta

na ração foi suficiente para atender à exigência de proteína dos tambaquis com peso inicial de 37,5g.

Nesse sentido, a energia digestível também deve ser levada em consideração na determinação da necessidade de proteína bruta em dietas para peixes. As informações sobre as relações de energia digestível e proteína bruta são de extrema importância na formulação de dietas para peixes, pois o desempenho, a composição corporal e a exigência de proteína bruta podem ser afetados pelo nível de energia na ração (COTAN *et al.*, 2006).

Gutiérrez *et al.*, (2009) com o objetivo de determinar os níveis de energia digestível em função do nível de proteína bruta para tambaqui, alimentaram os animais com dietas contendo três níveis de energia digestível (2,3, 2,5 e 2,7 kcal/kg) combinados com dois níveis de proteína bruta (25 e 35,0%). No trabalho citado acima, o aumento do nível de energia digestível independente do nível de proteína utilizada, melhorou significativamente o ganho de peso, conversão alimentar e eficiência proteica. Entretanto, o requerimento em energia digestível do tambaqui não foi completamente atendido.

A relação entre energia:proteína influenciou o desempenho e a composição centesimal de juvenis de tambaqui na faixa de peso de 30 aos 180 g (CAMARGO *et al.*, 1998). Esses autores concluíram que o nível de 3.300kcal de energia digestível.Kg<sup>-1</sup> da dieta proporcionou os melhores resultados de ganho de peso, conversão alimentar aparente e taxa de deposição de proteína na carcaça.

### **2.3. Digestibilidade**

A determinação dos coeficientes de digestibilidade tem sido utilizada como uma importante ferramenta no processo de formulação de dietas e inclusão de novas fontes proteicas na nutrição de organismos aquáticos. Somente com rações de altos coeficientes de digestibilidade, será possível melhores respostas de conversão alimentar, maximizar os lucros e, principalmente, minimizar os impactos ambientais (PEZZATO *et al.*, 2002).

As diferenças nos coeficientes de digestibilidade podem estar relacionadas com a capacidade digestiva da espécie. Os diferentes hábitos alimentares dos peixes determinam acentuadas diferenças anatômicas e fisiológicas no aparelho digestório

(LANNA e BONFIM, 2004). Segundo esses autores, as espécies onívoras e herbívoras apresentam maior capacidade de absorção de proteínas de origem vegetal em relação aos peixes carnívoros. Isso se deve ao longo comprimento do intestino, resultando no maior tempo de passagem do alimento pelo tubo digestivo, o que aumenta a eficiência dos processos de digestão e absorção.

Os principais fatores que influenciam os coeficientes de digestibilidade são a metodologia utilizada para a coleta de fezes, a espécie do peixe, a idade do peixe, a composição do alimento, a salinidade, a temperatura da água e o tipo de processamento da dieta (LANNA e BONFIM, 2004). Entre outros benefícios, o processamento da dieta tem a finalidade de facilitar a captura da ração pelo animal, aumento da disponibilidade dos nutrientes, redução de fatores antinutricionais e redução da lixiviação dos nutrientes (RODRIGUES e FERNADES, 2006).

A digestibilidade varia em função da quantidade dos nutrientes digestíveis nos ingredientes. Silva *et al.* (2003) estudaram o efeito da incorporação de duas espécies de frutos e de duas espécies de sementes regionais da Amazônia incluídos em dieta referência para tambaqui. A incorporação de frutos e sementes alterou significativamente o tempo de trânsito do alimento pelo trato gastrointestinal e reduziu os coeficientes de digestibilidade total. Tal resultado foi atribuído pelos autores aos maiores níveis de fibras nos ingredientes testados em relação à dieta basal.

Como os peixes são animais pecilotérmicos, a variação da temperatura afeta seu metabolismo como um todo. Carneiro *et al.*, (1994) determinaram a influência da temperatura e a digestibilidade da proteína no tempo de trânsito do alimento pelo trato gastrointestinal do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), utilizando dietas contendo 20 ou 30% de proteína e 3600 ou 4000 kcal/kg de energia bruta. A composição da dieta não influenciou significativamente o tempo de trânsito. Entretanto, a temperatura influenciou significativamente o tempo de trânsito, que a 24°C foi de trinta e quatro horas e trinta e três minutos; a 28°C caiu drasticamente para onze horas e quarenta e dois minutos; e a 32°C reduziu para treze horas e trinta e nove minutos. Resultados que mostram que o aumento da temperatura diminui o tempo de permanência do alimento no trato gastrointestinal dos peixes.

Segundo o descrito por Rodrigues (2014) em uma revisão sobre a nutrição e alimentação do tambaqui, a grande maioria dos ingredientes testados para o tambaqui apresentam disponibilidade restritamente local e volume de produção

insuficiente para sua utilização pelas indústrias de ração. Onde foi ressaltada ainda, a necessidade da seleção e avaliação de novos ingredientes que apresentem elevados coeficientes de digestibilidade.

### 2.3. Aminoácidos

Assim como em outros grupos de vertebrados, para os peixes os aminoácidos são nutricionalmente classificados em dois grupos, os aminoácidos essenciais e os não essenciais (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação nutricional dos aminoácidos para os peixes.

<b>Essenciais</b>	<b>Não essenciais</b>
Arginina	Aspartato
Histidina	Glutamato
Isoleucina	Alanina
Leucina	Cistina
Lisina	Glicina
Metionina	Prolina
Fenilalanina	Serina
Treonina	Tirosina
Triptofano	
Valina	

(NRC, 2011)

O padrão de aminoácidos corporais vem sendo utilizado para determinar as exigências dos peixes por aminoácidos (MEYER e FRACALOSSO, 2005; ABIMORAD e CASTELLANI, 2011). Tal método é embasado no princípio que a necessidade em aminoácidos possui valor igual ou superior ao perfil de aminoácidos da carcaça. Entretanto, o estado fisiológico dos animais utilizados como referência tem resultado em divergências quanto à utilização desse método (BOMFIM *et al.*, 2008b; ABIMORAD e CASTELLANI, 2011).

Uma alternativa para os estudos com aminoácido para peixes é utilização da quantidade relativa do perfil de aminoácidos corporal em relação a um aminoácido referência, geralmente o mais limitante, o qual, o requerimento deve ser obtido pelo método de dose-resposta (FURUYA *et al.*, 2005). No entanto, o uso do perfil aminoacídico corporal pode não ser indicativo do padrão ideal proteico de uma ração, sendo indicado pelos pesquisadores o estudo individual de cada aminoácido pelo método dose-resposta (BOTARO, *et al.* 2007; ZEHRA e KHAN, 2014).

Estudos relacionados à determinação do requerimento em aminoácido demonstram as limitações da substituição da proteína intacta pela suplementação de aminoácidos sintéticos (DABROWSKI e GUDERLEY, 2002). Têm-se observado que os aminoácidos sintéticos apresentam preferência de absorção quando comparados aos aminoácidos oriundos das fontes proteicas, o que resulta em maior velocidade de absorção, elevando as concentrações plasmáticas desses aminoácidos, acarretando no desequilíbrio a nível celular (GAYLORD e BARROWS, 2009).

Segundo Bomfim, *et al.*, (2008a) esses efeitos podem ser reduzidos com a utilização de níveis moderados de aminoácidos sintéticos nas rações e intervalos curtos de alimentação, o que pode estabilizar a concentração plasmática dos aminoácidos e compatibilizar a capacidade ou velocidade de síntese proteica pelos tecidos especializados, aumentando a eficiência alimentar.

Gaylord e Barrows, (2009) estudaram dois níveis proteicos e a suplementação de aminoácidos em dietas para truta arco-íres (*Oncorhynchus mykiss*). Esses autores avaliaram cinco tratamentos (45% proteína bruta; 45% proteína bruta mais Lys, Met e Gly; 35% proteína bruta; 35% proteína bruta mais Lys, Met, Thr e Gly; 35% proteína bruta mais Lys, Met e Thr). Não foi encontrado diferença no ganho de peso entre os tratamentos com 45 e 35% PB; O maior valor para ganho de peso 247,7 g foi observado para o tratamento com 35% proteína bruta mais Lys, Met e Thr. Os piores resultados para conversão alimentar foi obtido para o tratamento com 35% proteína bruta. Segundo esses autores a utilização de aminoácido sintético não resulta na mesma eficiência da utilização da proteína intacta.

Bomfim *et al.*, (2008a) testaram a redução da proteína bruta (32, 31, 30, 29, 28 e 27% de PB) para alevinos de tilápia, linhagem tailandesa, com  $0,80 \pm 0,17$  g de peso. A redução do teor de proteína bruta (PB) da ração não influenciou ( $P > 0,05$ ) o ganho de peso, a taxa de crescimento específico, o consumo de ração, o consumo de lisina digestível e a taxa de sobrevivência dos peixes. Segundo esses autores, a

redução de quatro pontos percentuais (de 32 para 28%) no nível de proteína bruta da ração para alevinos de tilápia pode ser praticada sem prejuízos no desempenho dos animais, desde que as rações sejam devidamente suplementadas com aminoácidos essenciais limitantes.

Feiden *et al.* (2009) avaliaram a exigência de proteína bruta para alevinos de piavuçu (*L. macrocephalus*) em dietas formuladas com 22, 26, 30, 34 e 38% de proteína bruta e 3200kcal ED kg<sup>-1</sup>. Os melhores resultados de peso final, ganho de peso e conversão alimentar aparente foram observados para os peixes alimentados com rações contendo 34 e 38% de proteína bruta. Esses autores verificaram que a exigência de nutrientes para o seu máximo crescimento do piavuçu é atingida com o mínimo de 34% de proteína bruta na dieta. Os teores de aminoácidos aumentaram conforme a elevação do nível proteico da dieta. Correlacionando os resultados de desempenho com os teores calculados de metionina, cistina e lisina, foi observado que os níveis de 0,64% de metionina, 0,69% de cistina e 2,09% de lisina, correspondente a 1,88, 2,04 e 6,16% da proteína, respectivamente, foi suficiente para promover o crescimento satisfatório.

#### **2.4.1. Treonina**

A treonina, juntamente com a metionina e lisina, são aminoácidos essenciais para o crescimento dos peixes, particularmente no desenvolvimento das fibras musculares, durante o período de crescimento hipertrófico (RIGHETTI, *et al* 2011). No entanto, a treonina pode ter sua utilização reduzida quando a relação com os demais aminoácidos, principalmente, quando a lisina estiver desbalanceada.

Araripe *et al.*, (2011) com o objetivo de definir a menor relação treonina: lisina, que não interfira negativamente no desempenho de alevinos de tambatinga verificaram que a relação 48,97% treonina: lisina digestível, que corresponde aos teores de 1,11 e 1,00% de treonina total e digestível, respectivamente, pode ser utilizada na formulação de rações para alevinos de tambatinga, sem prejuízo para o desempenho produtivo.

Estudos tem demonstrado influência do nível de treonina dietético no ganho de peso (BENAKAPPA e VARGHESE, 2002; SILVA *et al.*, 2006), na taxa de eficiência proteica (BOMFIM, *et al.*, 2008c), síntese de imunoglobulinas no sistema imune (ZEHRÁ e KHAN, 2014). A treonina participa ainda da síntese e secreção de

enzimas digestivas no intestino e pâncreas, tais como tripsina, lipase e amilase (FENG, *et al.*, 2013).

Em um estudo realizado com juvenis de *Labeo rohita*, a melhor resposta para conversão alimentar foi obtida com o nível de 1,5% (ABIDI e KHAN *et al.*, 2008). Para juvenis de tilápia alimentado com níveis que variaram de 0,92% a 1,35% de treonina total, foi observado efeito linear na variável conversão alimentar, que melhorou com o aumento desse aminoácido (SILVA *et al.*, 2006). Conforme o apresentado no NRC (2011) o requerimento em treonina pode variar entre 0,5% e 1,5% da dieta.

#### **2.4.2. Metionina+cistina**

A metionina é um aminoácido essencial para o crescimento animal, no entanto pode ser metabolizada e convertida a cistina. Devido às dificuldades de monitorar e quantificar a conversão de metionina a cistina, os pesquisadores tem estudado a exigência desses aminoácidos em conjunto, onde normalmente é expressa a necessidade de metionina+cistina (FURUYA *et al.*, 2004; SILVA, *et al.*, 2006; MICHELATO, *et al.*, 2013).

Os aminoácidos sulfurados são os primeiros aminoácidos limitantes em dietas a base de ingrediente de origem vegetal como o milho e farelo de soja. Estudos tem demonstrado que a suplementação de metionina em nível adequado melhorou o desempenho e eficiência alimentar dos peixes (HUANG e LIN, 2002; MAI *et al.*, 2006; BOMFIM *et al.*, 2008b; NWANNA *et al.* 2012).

Bomfim *et al.*, (2008b) avaliaram o efeito dos níveis de metionina+cistina digestível, com base no conceito de proteína ideal, em dietas contendo níveis subótimos de lisina digestível (1,40%), para juvenis invertidos de tilápia (*Oreochromis niloticus*). O aumento da relação metionina+cistina:lisina da dieta não influenciou as variáveis avaliadas, com exceção dos teores de gordura e umidade corporais, cujos efeitos foram quadráticos e aumentaram e diminuíram, respectivamente, até a relação estimada de 67,0 e 66,7%. Contudo, a elevação da relação treonina:lisina digestível nas dietas com relações metionina+cistina:lisina digestível de 75,5% proporcionou aos peixes melhor conversão alimentar e maior eficiência de retenção de nitrogênio e de utilização da proteína e lisina para ganho.

Furuya *et al.*, (2004) chegaram na seguinte conclusão, para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) os melhores resultados de desempenho foram obtidos



com a utilização de 1,00% de metionina + cistina, correspondente a 3,54% da proteína bruta, contendo 0,54% de metionina na ração. Eles ressaltam ainda que a adequada suplementação de metionina em rações contendo o farelo de soja como principal fonte proteica resulta em aumento no crescimento, eficiência na utilização da proteína e rendimento de carcaça de alevinos de tilápia do Nilo.

### 2.4.3 Lisina

Normalmente, com os tradicionais ingredientes utilizados na alimentação de peixes a lisina é o primeiro aminoácido limitante do crescimento (MUÑOZ-RAMÍREZ e CARNEIRO, 2002). O balanceamento da lisina em dietas para peixes está relacionado com o aumento no ganho de peso, melhoria na conversão alimentar, aumento na retenção de nitrogênio e melhoria no rendimento de carcaça (TAKISHITA *et al.*, 2009; FURUYA *et al.*, 2013).

Brandão *et al.*, (2009) avaliaram o efeito da redução dos níveis de proteína e a suplementação de metionina e/ou lisina em rações com dois níveis proteicos (25 e 20%) e 4 níveis de inclusão de aminoácidos sobre a excreção de amônia em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). A redução em 5% do nível de proteína na dieta gerou uma diminuição de 28,4% na excreção de amônia. Contudo, a suplementação de lisina ou metionina não influenciaram nessa redução.

Takishita *et al.*, (2009) verificaram que a exigência de lisina digestível e total em rações para alevinos de tilápia do nilo é, respectivamente, de 2,17% (0,723%/Mcal de energia digestível) e de 2,32% (0,773%/Mcal de energia digestível) para atender às principais características de desempenho e de carcaça utilizando-se o conceito de proteína ideal na formulação das rações.

Furuya *et al.*, (2004) determinaram exigência de 1,42% de lisina em rações para tilápia na fase de terminação. Furuya *et al.*, (2006) concluíram para melhor desempenho, o nível de 1,44% de lisina digestível. Bomfim *et al.*, (2010) determinaram 1,70% de lisina digestível para os melhores resultados de desempenho para animais de peso inicial de 1,12g. Furuya *et al.*, (2013) estimaram que a tilápia na faixa de peso entre 87 a 226g necessita de 1,31% de lisina digestível.

### 3. REFERÊNCIAS

- ABIDI, S. F. e KHAN, M.A. Dietary threonine requirement of fingerling indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 39, n. 14, p. 1498-505, 2008.
- ABIMORAD, E.G.; CASTELLANI, D. Exigências nutricionais de aminoácidos para o lambari-do-rabo-amarelo baseadas na composição da carcaça e do músculo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.37, n.1, p.31-38, 2011.
- ARARIPE, M.N.B.A; ARARIPE, A.H.G.; LOPES, J.B.; CASTRO, P. L.; BRAGA, T.E.A.; FERREIRA, A.H.C; ABREU, L.T., Redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos em rações para alevinos de tambatinga, **Revista Brasileira Zootecnia**, v.40, n.9, p.1845-1850, 2011.
- BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E.; HISANO, H.; FALCON, D. R.; SÁ, M. V. C. Farinha de sangue tostada em dietas práticas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p: 5-13, 2004.
- BENAKAPPA, S.; VARGHES, T.J. Dietary threonine requirement of indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton), juveniles, **The Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh**, v.54, n.4, p. 183-188, 2002.
- BOMFIM, M.A.D.; DONZELE, J.L.; FERREIRA, A. L.; *et al.*, Exigência de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia do nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.783-790, 2008b.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. *et al.* Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia- do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2077-2084, 2008c.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevitos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1713-1720, 2008a.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES C.M.; FURUYA, W.M.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias-do-nilo,

linhagens Tailandesa e Comum, nas fases inicial e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1391-1396, 2001.

BOTARO, D.; FURUYA, W. M; SILVA, L. C. R. *et al.* 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.

BRANDÃO, L.V; PEREIRA-FILHO, M.; GUIMARÃES, S. F.; FONSECA, F.A.L., Suplementação de metionina e/ou lisina em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818), **Acta Amazônica**. vol. 39, n. 3, p.675 – 680, 2009.

CAMARGO, A.C.S.; VIDAL Jr, M.V.; DONZELE, J.L.; ANDRADE, D.R.; SANTOS, L.C. Níveis de energia metabolizável para tambaqui (*Colossoma macropomum*) dos 30 aos 180 gramas de peso vivo. Composição das Carcaças. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, p. 409-415. 1998.

CARNEIRO, D.J.; RANTIN, R.T.; DIAS, T.C.R. *et al.* Interaction between temperature and dietary levels of protein and energy in pacu (*Piaractus mesopotamicus*). 2. Effects on digestibility of protein and transit time through the gastrointestinal tract. **Aquaculture**, v.124, n.1-4, p.131-140, 1994.

COTAN, J.L.V.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D.; DONZELE, J.L.; RIBEIRO, F.B., SERAFINI, M.A., Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para alevinos de lambari tambuí. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.634-640, 2006.

DABROWSKI, K.; GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.) Fish nutrition. 3.ed. Washington, D.C.: Academic Press, p.309-365. 2002.

FABREGAT, T.H.P.; PEREIRA, T.S.; BOSCOLO, C.N. Substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para juvenis de curimba, **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 3, p. 289 – 294, 2011.

FEIDEN, A., SIGNORI, A.A.; BOSCOLOI, W. R.; SIGNORII, A.; REIDEL, A., Exigência de proteína de alevinos de piavuçu, **Ciência Rural**, v.39, n.3, 2009.

FENG L, PENG Y, WU P, HU K, JIANG W-D. Threonine Affects Intestinal Function, Protein Synthesis and Gene Expression of TOR in Jian Carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Plos One**, v. 8, n. 7, 2013.

FERNANDES JUNIOR, A.C.; PEZZATO, L.E.; GUIMARÃES, I.G.; TEIXEIRA, C.P.; KOCH, J.F.A.; BARROS, M.M. Resposta hemática de tilápias-do-nilo alimentadas com dietas suplementadas com colina e submetidas a estímulo por baixa temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1619-1625, 2010.

FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.646-653, 2000.

FURUYA, W. M. SILVA L.C.; 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**, Santa Maria, 34(6): 1933-1937, 2004.

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; SANTOS, V.G. et al. Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1933-1937, 2006.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G; SANTOS, V.D.; 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.; GONÇALVES, G.S.; FURUYA, V.R.B. et al. Fitase na alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.924-929, 2001.

GAYLORD, T. G.; BARROWS, F.T., Multiple amino acid supplementations to reduce dietary protein in plant-based rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, feeds, **Aquaculture**, n. 287 p. 180–184, 2009.

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; HISANO, H.; ROSA. M.J.S.; Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilápias-do- nilo formuladas com base no conceito de proteína ideal, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2289-2298, 2009.

GUTIÉRREZ, F.W.A.; ZALDÍVAR, J.R.; CONTRERAS, G.S. Efecto de varios niveles de energía digestible y proteína em la dieta sobre el crecimiento de gamitana (*Colossoma macropoum*) Cuvier 1818. **Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú**, 29: 178-186. 2009.

HUANG, C.H.; LIN, W.Y., Estimation of optimal dietary methionine requirement for softshell turtle, *Pelodiscus sinensis*., **Aquaculture**, v. 207. p. 281–287, 2002.

LANNA, E. A. T.; BOMFIM, M. A. D.; Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes, **Nutritime**. v.1, nº1, p.20-30, 2004.

LEMOS, M.V.A; GUIMARÃES, I.G.; MIRANDA, E.C., Farelo de coco em dietas para o tambaqui (*Colossoma macropomum*), **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.1, p.188-198, 2011.

MAI, K.; WAN, J.; AI, Q. *et al.* Dietary methionine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. **Aquaculture**., v.253, p.564-572, 2006.

MEYER, G.; FRACALOSI, D. M. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v. 240, p. 331–343, 2004.

MICHELATO, M.; FURUYA, W.M.; GRACIANO, T.S., Digestible methionine + cystine requirement for Nile tilapia from 550 to 700 g, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.1, p.7-12, 2013.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, USA. 2011.

NWANNA, L.C.; LEMMEC, A.; METWALLYB, A.; SCHWARZ, FJ. Response of common carp (*Cyprinus carpio* L.) to supplemental DL-methionine and different feeding strategies, **Aquaculture**. p. 365–370, 2012.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C. DE; BARROS, M. M.; PINTO, L. G. Q.; FURUYA, W. M.; 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.

RIBEIRO, F.A.S.; RODRIGUES, L.A.; FERNANDES, J.B.K. Desempenho de juvenis de acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) com diferentes níveis de proteína bruta na dieta. **Boletim do Instituto de Pesca**, n.33 p.195-203, 2007.

RIGHETTI, J.S; FURUYA, W.M; CONEJERO, C.I; GRACIANO, T.S; VIDAL, L.V.O; MICHELLATO, M. Redução da proteína em dietas para tilápias-do-nilo por meio da suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.469-476, 2011.

RODRIGUES, A.; FERNANDES, J. B. K.; Influência do processamento da dieta no desempenho produtivo do acará bandeira (*Pterophyllum scalare*), **Acta Science Animal Science**. v. 28, n. 1, p. 113-119, 2006.

RODRIGUES, A.P.O., Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*), **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n.1, p. 135 – 145, 2014.

ROLLIN, X.; MAMBRINI, M.; ABOUDI, T.; The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing *Atlantic salmon (Salmo salar L.)*, **Journal of Nutrition**, v. 90, p. 865-876, 2003.

SANTOS, M.Q.C.; OISHI, C.A.; PEREIRA FILHO, M. *et al.*, Physiological response and performance of tambaqui fed with diets supplemented with Amazonian nut. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2181-2185, 2010.

SIGNOR, A. A.; BOSCOLO, W. R.; REIDEL, A.; SIGNOR, A.; GROSSO I. R. Farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Ciência Rural**, v.37, n. 3, p: 828-834, 2007.

SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D. *et al.* Níveis de treonina em rações para tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1258-1264, 2006.

TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.AT.; DONZELE, J.L., Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2099-2105, 2009.

TEIXEIRA, E.A; CREPALDI, D.V.; FARIA, P.M.C.; RIBEIRO, L.P.; MELO, D.C.; EULER, A.C.C.; SALIBA, E.O.S., Substituição de farinha de peixes em rações para peixes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, n.3/4, p.118-125, 2006.

VIEGAS, E.M.M., CARNEIRO D.J., *et al.* Canola meal in the diets of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887): effects on growth and body composition. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.6, p.1502-1510. 2008.

ZEHRA, S.; KHAN, M.A. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Catla catla* (Hamilton) estimated by growth, protein retention efficiency, threonine deposition, haematological parameters and carcass composition, **Aquaculture Research**, p.1–13, 2014.

**CAPÍTULO 1: Necessidade de treonina digestível para juvenis de tambaqui**  
*Colossoma macropomum*



## **Necessidade de treonina digestível para juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum***

### **Digestible threonine requirement of tambaqui *Colossoma macropomum***

#### **Resumo**

Objetivou-se determinar a necessidade de treonina digestível para juvenis de tambaqui na fase inicial de desenvolvimento ( $0,94 \pm 0,02$  g). Foram utilizados 160 juvenis de tambaqui distribuídos em DIC, com cinco tratamentos (níveis de treonina digestível= 0,70; 0,77; 0,84; 0,91; 0,98%) quatro repetições e oito animais por unidade experimental. As dietas utilizadas foram isoproteicas (25% proteína bruta) e isoenergéticas ( $3200 \text{kcal.Kg}^{-1}$ ). Foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. O experimento teve duração de 60 dias. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Os parâmetros físicos e químicos da água do sistema de recirculação de água ficaram dentro do recomendado para a espécie (Oxigênio dissolvido:  $5,2 \pm 1,1 \text{mg.L}^{-1}$ ; pH:  $6,3 \pm 0,33$ ; Temperatura:  $28,7 \pm 0,78^\circ\text{C}$ ; Amônia total  $2,59 \pm 2,07 \text{mg.L}^{-1}$ ; Condutividade elétrica  $129,2 \pm 19,5 \mu\text{Sm}$ ). Os níveis de treonina avaliados não influenciaram ( $P < 0,05$ ) a sobrevivência dos juvenis de tambaqui, uma vez que não foi observado mortalidade durante o período experimental. Os níveis de treonina digestível não influenciaram ( $P > 0,05$ ) o índice hepatossomático e o índice de gordura visceral. Foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para a taxa de crescimento específica e a conversão alimentar aparente. Os níveis de treonina influenciaram a taxa de eficiência proteica ( $P = 0,057$ ) e taxa de eficiência de treonina ( $P = 0,053$ ), sendo observado efeito quadrático. O requerimento de treonina digestível de juvenis de tambaqui foi estimado em 0,89% equivalente a 4,86% da proteína bruta.

**Palavras-chave:** Aminoácidos, *Caracídeos*, Piscicultura, Nutrição.

#### **Abstract**

This study aimed to determine threonine requirement of juveniles of tambaqui in early stage of development ( $0,94 \pm 0,02$  g). Five levels of threonine were evaluated in diets (0.70, 0.77, 0.84, 0.91, 0.98%). The basal diets were isonitrogenous (25% crude protein) and isocaloric ( $3200 \text{Kcal.Kg}^{-1}$ ). The design used was completely randomized with five treatments and four replications each level. The experiment

lasted 60 days. The results were submitted to variance of analysis and regression analysis. The physical and chemical parameters of water from the water recirculation system were within recommended for the species (dissolved oxygen:  $5.2 \pm 1.1 \text{ mg L}^{-1}$ , pH:  $6.3 \pm 0.33$ ; Temperature:  $28.7 \pm 0.78^\circ\text{C}$ ; Total Ammonia  $2.59 \pm 2.07 \text{ mg L}^{-1}$ ; electrical conductivity  $129.2 \pm 19.5 \mu\text{Sm}$ ). Threonine levels did not influence ( $P < 0.05$ ) the survival of tambaqui, since mortality was not observed during the experimental period. The digestible threonine levels did not influence ( $P > 0.05$ ) hepatosomatic index and visceral fat index. Quadratic effect was observed ( $P < 0.05$ ) in the rate of specific growth and feed conversion. Threonine levels affected the protein efficiency ratio ( $P = 0.057$ ) and threonine efficiency rate ( $P = 0.053$ ), and quadratic effect. The threonine requirement of tambaqui was estimated at 0.89% equivalent to 4.86% crude protein.

**Keywords:** Amino acids, *Caracídeos*, Nutrition.

## Introdução

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é uma espécie que pertence à subfamília Myleinae que inclui também o pacu (*Piractus mesopotamicus*) e a pirapitinga (*Colossoma bidens*). No ano de 2010, o tambaqui foi a principal espécie nativa produzida no Brasil, totalizando 54.313,1 de toneladas (MPA, 2010). Tal fato requer atenção devido ao potencial que essas espécies possuem e que atualmente continua limitado devido ao não conhecimento da exigência nutricional, como por exemplo, de aminoácidos.

O requerimento quantitativo de aminoácidos em peixes tem sido tradicionalmente determinado pelo perfil corporal ou fornecimento de dietas experimentais no método dose resposta (BOTARO, *et al.*, 2007; ZEHRA e KHAN, 2014). Normalmente, os principais ingredientes utilizados na alimentação de peixes, apresentam perfil desbalanceado de aminoácidos, sendo as deficiências corrigidas com a combinação de ingredientes e suplementação dos aminoácidos ditos mais importantes.

Estudos relacionados à determinação do requerimento em aminoácido demonstram as limitações da substituição da proteína intacta pela suplementação de aminoácidos sintéticos (DABROWSKI e GUDERLEY, 2002). Têm-se observado que os aminoácidos sintéticos apresentam preferência de absorção quando comparados aos aminoácidos oriundos das fontes proteicas, o que resulta em maior velocidade

de absorção, elevando as concentrações plasmáticas desses aminoácidos, acarretando no desequilíbrio a nível celular (GAYLORD e BARROWS, 2009).

Segundo Bomfim, *et al.*, (2008a) esses efeitos podem ser reduzidos com a utilização de níveis moderados de aminoácidos sintéticos nas rações e intervalos curtos de alimentação, o que pode estabilizar a concentração plasmática dos aminoácidos e compatibilizar a capacidade ou velocidade de síntese proteica pelos tecidos especializados, aumentando a eficiência alimentar.

A treonina, juntamente com a metionina e lisina, são aminoácidos essenciais para o crescimento dos peixes, particularmente no desenvolvimento das fibras musculares, principalmente durante o período de crescimento hipertrófico (RIGHETTI, *et al* 2011). Estudos tem demonstrado influência do nível de treonina dietético no ganho de peso (BENAKAPPA e VARGHESE, 2002; SILVA *et al.*, 2006), na taxa de eficiência proteica (BOMFIM, *et al.*, 2008b), síntese de imunoglobulinas no sistema imune (ZEHRA e KHAN, 2014). A treonina participa ainda da síntese e secreção de enzimas digestivas no intestino e pâncreas, tais como tripsina, lipase e amilase (FENG, *et al.*, 2013). Assim objetivou-se determinar a necessidade de treonina para juvenis de tambaqui na fase inicial de desenvolvimento.

## **Materiais e Métodos**

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes) - *Campus* de Alegre, no Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais (LNPEO) com duração de 60 dias. Foram utilizados 160 juvenis de tambaqui obtidos por meio de reprodução induzida de reprodutores do Setor de Aquicultura do Ifes – *Campus* de Alegre.

As pós-larvas de tambaqui foram estocadas em viveiro escavado na densidade de 60 pós-larva/m<sup>2</sup> com alimentação a vontade realizada quatro vezes ao dia (7h, 10h, 13h, 16h). Para adaptar os juvenis as condições do laboratório, estes foram capturados no viveiro e acondicionados em tanque com volume útil de 1500 L por 15 dias. Durante este período os peixe foram submetidos às rotinas de manejo, como sifonamento e arraçoamento.

Foram utilizados 160 juvenis com peso médio de 0,94±0,02 g, verificado com balança analítica de precisão de 0,1mg. Foram avaliados cinco níveis de treonina digestível (Tab. 1) em delineamento inteiramente ao acaso (DIC) com quatro

repetições cada nível. As rações experimentais foram fornecidas a vontade quatro vezes ao dia (7h 30min, 10h 30min, 13h 30min, 16h 30min).

Tabela 1. Composição calculada das dietas experimentais para os diferentes níveis de treonina digestível.

<b>Ingredientes g.Kg<sup>-1</sup></b>	<b>Treonina digestível (%)</b>				
	0,7	0,77	0,84	0,91	0,98
Milho grão	626,8	606,4	586,2	565,8	545,4
Glúten de milho 60%	212,7	168,7	124,6	80,5	36,4
Farinha de peixe 55%	100,0	95,0	90,0	85,0	80,0
Farelo de Soja 45%	32,3	102,0	171,7	241,5	311,2
Fosfato bicálcio	16,4	12,3	8,2	4,1	0,0
Sup. Vitamínico <sup>1</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Vitamina C	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sup. Mineral <sup>2</sup>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
BHT	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
L-lisina HCl	9,1	7,2	5,2	3,3	1,4
DL-Metionina	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0
L-treonina	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
Óleo de soja	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0
<b>Composição g.Kg<sup>-1</sup></b>					
Proteína bruta	250	250	250	250	250
Energia digestível MCal/kg <sup>3</sup>	3200	3200	3200	3200	3200
Fibra bruta <sup>3</sup>	14,9	17,8	20,6	23,5	26,4
Cálcio <sup>3</sup>	10,4	9,2	8,1	6,9	5,8
Fósforo disponível <sup>3</sup>	6,5	5,7	4,9	4,1	3,3
Lisina digestível <sup>3</sup>	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
Treonina digestível <sup>3</sup>	7	7,7	8,4	9,1	9,8
Met. + Cist. Digestível <sup>3</sup>	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3

<sup>1</sup>Composição por quilograma do produto: vit. A, 8.000.000 UI; vit. D3, 2.500.000 UI; vit. E, 8.000 mg; vit. K3, 1.500 mg; vit. B1, 1.000 mg; vit. B2, 4.000 mg; vit. B6, 1.000 mg; vit. B12, 12.000 mg; niacina, 20 g; pantotenato de cálcio, 8.000 mg; ácido fólico, 300 mg; biotina, 20 mg.

<sup>2</sup>Composição por quilograma do produto: Fe, 96 g; Cu, 20 g; Mn, 155 g; Zn, 110 g; I, 1.400 mg; Se, 360 mg.

<sup>3</sup>Valores calculados com base no determinado para a tilápia do nilo (FURUYA, 2010).

As unidades experimentais foram compostas por oito juvenis de tambaqui em caixas de volume útil de 40L em sistema de recirculação de água equipado por filtragem biológica e aquecimento por aquecedores com termostatos. Semanalmente foi realizado o sifonamento para retirar o excesso de fezes com renovação de água de 30%. Os seguintes parâmetros físico-químicos da água foram mensurados durante o período experimental após a última alimentação: temperatura (°C) diariamente com termômetro de bulbo de mercúrio; oxigênio dissolvido (mg/L), pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ) de três em três dias por meio de aparelhos digitais; amônia total uma vez na semana por kit colorimétrico.

Ao final do 59º dia, os animais foram mantidos em jejum por 24 horas e, após esse período, foi realizada a biometria final, com paquímetro de precisão de 1mm e balança analítica com precisão de 0,1mg. Assim, foram verificados os valores individuais de peso (g), comprimento total (cm), comprimento padrão (cm), altura (cm) e sobrevivência (S). Três animais de cada unidade experimental foram anestesiados com eugenol (10%) na dose de  $100\text{mg.L}^{-1}$  e eutanasiados. Posteriormente foi mensurado o peso do fígado e da gordura visceral. Assim foi possível estimar o índice hepatossomático (IHS) e o índice de gordura visceral (IGV).

O desempenho produtivo foi avaliado pelo ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), consumo de treonina (C), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de eficiência proteica (TEP), taxa de eficiência da treonina (TET), taxa de crescimento específico (TCE), essa última variável expressa à taxa de crescimento em peso dos animais, durante o período experimental. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão.

$\text{CAA} = (\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}) / \text{alimento consumido no período (g)}$ ;

$\text{TEP} = [(\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}) / \text{total de proteína ingerida (g)}]$ ;

$\text{TET} = [(\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}) / \text{total de treonina ingerida (g)}]$ ;

$\text{TCE} = [(\log \text{ peso final} - \log \text{ peso inicial}) / \text{n}^\circ \text{ de dias experimentais}] \times 100$ ;

$\text{IHS} = [(\text{Peso do fígado fresco} / \text{Peso corporal})] \times 100$ ;

$\text{IGV} = [(\text{Peso da gordura visceral} / \text{Peso corporal})] \times 100$ ;

## **Resultados e discussões**

Os parâmetros físicos e químicos da água do sistema de recirculação ficaram dentro do recomendado para a espécie (Oxigênio dissolvido:  $5,2 \pm 1,1 \text{mg.L}^{-1}$ ;

pH:6,3±0,33; Temperatura: 28,7±0,78°C; Amônia total 2,59±2,07 mg.L<sup>-1</sup>; Condutividade elétrica 129,2±19,5µSm) conforme o recomendado por Oliveira, *et al.* (2007). Segundo esses autores o tambaqui tolera ampla faixa para a maioria dos parâmetros de qualidade da água, desde que essas variações ocorram gradativamente.

Foi observado 100% de sobrevivência durante o período experimental. Os níveis de treonina não influenciaram ( $P>0,05$ ) o peso, ganho de peso e comprimento total (Tab. 2). O comprimento padrão e altura ( $P<0,05$ ) apresentaram comportamento quadrático, com ponto de máxima calculado em 0,89 e 0,88% treonina digestível respectivamente. A influência no tamanho dos animais não foi determinada pela ingestão do alimento, uma vez que o consumo de ração não foi afetado ( $P>0,05$ ). O consumo de treonina apresentou efeito linear crescente ( $P<0,05$ ) em função dos níveis de treonina digestível (Tab. 2). Tal resultado era esperado devido o aumento da suplementação desse aminoácido na dieta.

Assim como obtido no presente estudo, os níveis de treonina não afetaram o consumo de ração de juvenis de tilápia (SILVA *et al.*, 2006) e de juvenis de tambatinga (ARARIPE *et al.*, 2011). Em outro estudo o consumo de ração de juvenis de tilápia aumentou de forma linear em função do aumento do nível de treonina digestível de 0,93% a 1,13% (BOMFIM *et al.*, 2008b). O consumo de ração também aumentou de forma linear para juvenis de salmão (*Salmo salar*) alimentados com níveis de 1 a 35% de treonina (ABBOUDI *et al.*, 2007).

O índice hepatossomático não foi influenciado ( $P>0,05$ ) em função do acréscimo da treonina digestível (Tab. 2). Embora o fígado possa variar no formato e tamanho entre as espécies de peixes, o índice hepatossomático vem sendo utilizado para compreensão do grau de higidez e bem estar dos peixes em ambientes de cultivo (TAVARES-DIAS, *et al.*, 2008). Com o desbalanceamento dos aminoácidos em relação às exigências reais, poderia acarretar no aumento da utilização do fígado, e conseqüente hiperplasia (NRC, 2011), o que não foi observado. De maneira geral, os valores para o índice hepatossomático encontrados podem ser considerados normais para o tambaqui *C. macropomum*, pois são semelhantes ao observado por Ituassú *et al.*, (2005) para animais em confinamento e próximo ao observado para os peixes coletados em ambiente natural (TAVARES-DIAS, *et al.*, 2008).

Os níveis de treonina resultaram ( $P < 0,05$ ) em efeito quadrático na taxa de crescimento específica (Fig. 1). O máximo crescimento foi obtido no nível de 0,89% de treonina digestível, correspondente a 1,21% de treonina total e a 4,86% da proteína bruta.

Tabela 2. Valores médios  $\pm$  desvio padrão encontrados para variáveis sobrevivência (S), peso (P), ganho de peso (GP), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura (A), consumo de ração (CR), consumo de treonina (C) índice hepatossomático (IHS) e índice de gordura visceral (ICV) para os juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de treonina digestível.

Variáveis	Níveis de Treonina Digestível (%)					CV(%)
	0,70	0,77	0,84	0,91	0,98	
S (%)	100,00 $\pm$ 0,0	100,00 $\pm$ 0,0	100,00 $\pm$ 0,0	100,00 $\pm$ 0,0	100,00 $\pm$ 0,0	-
P <sup>ns</sup> (g)	12,41 $\pm$ 7,2	22,83 $\pm$ 12,4	33,05 $\pm$ 3,4	43,03 $\pm$ 5,5	25,91 $\pm$ 4,6	45,02
GP <sup>ns</sup> (g)	11,44 $\pm$ 7,2	21,88 $\pm$ 12,3	32,09 $\pm$ 3,4	42,09 $\pm$ 5,5	24,99 $\pm$ 4,6	46,68
CT <sup>ns</sup> (cm)	8,79 $\pm$ 1,4	10,53 $\pm$ 1,9	12,17 $\pm$ 0,3	13,38 $\pm$ 0,7	10,99 $\pm$ 0,7	18,25
CP1* (cm)	6,70 $\pm$ 0,8	8,10 $\pm$ 1,0	9,44 $\pm$ 0,2	10,30 $\pm$ 0,3	8,66 $\pm$ 0,3	18,76
A2* (cm)	3,39 $\pm$ 3,4	4,33 $\pm$ 8,6	5,05 $\pm$ 4,2	5,42 $\pm$ 4,3	4,58 $\pm$ 3,4	19,68
CR <sup>ns</sup> (g)	17,06 $\pm$ 7,5	28,08 $\pm$ 13,7	38,07 $\pm$ 2,6	48,43 $\pm$ 3,6	34,61 $\pm$ 4,5	38,01
C3* (mg.dia <sup>-1</sup> )	2,70 $\pm$ 1,1	4,72 $\pm$ 2,3	6,79 $\pm$ 0,4	9,12 $\pm$ 0,6	6,92 $\pm$ 0,9	41,46
IHS <sup>ns</sup>	3,75 $\pm$ 1,7	1,95 $\pm$ 0,0	2,26 $\pm$ 0,2	1,59 $\pm$ 0,3	1,67 $\pm$ 0,2	47,54
IGV <sup>ns</sup>	1,78 $\pm$ 1,2	1,64 $\pm$ 1,0	0,97 $\pm$ 0,5	0,79 $\pm$ 0,3	1,70 $\pm$ 0,6	59,70

Análise de Variância= \*Significância ( $P < 0,05$ ); <sup>ns</sup> Não significativo. <sup>1</sup>Efeito quadrático ( $P = 0,040$ ;  $\hat{Y} = -95,4680x^2 + 169,138x - 651,329$ ;  $R^2 = 0,915$ ); <sup>2</sup>Efeito quadrático ( $P = 0,020$ ;  $\hat{Y} = -56,9359x^2 + 100,626x - 392,348$ ;  $R^2 = 0,955$ ). <sup>3</sup>Efeito linear ( $P = 0,015$ ;  $\hat{Y} = 18,333x - 9,3462$ ;  $R^2 = 0,695$ ).

Benakappa e Varghese (2001) também verificaram menor crescimento para os peixes alimentados com o nível deficiente em treonina (1% de treonina total). Esses autores observaram que o crescimento foi reduzido somente com níveis acima de 1,7% de treonina total na ração, resultado superior ao encontrado no presente estudo, onde o ponto de máxima foi obtido com o nível de 1,21%. Tais divergências são atribuídas às diferenças na composição das dietas basais, fase de desenvolvimento, as condições ambientais e as particularidades do hábito alimentar

de cada espécie, os quais podem afetar o crescimento e a determinação do requerimento.

Semelhante aos resultados obtidos para o tambaqui, o nível de treonina total que proporcionou as melhores respostas de crescimento em juvenis de tilápia foi de 1,11% (SILVA *et al.* 2006). Araripe *et al.* (2011) com o objetivo de definir o nível de treonina para juvenis de tambatinga (Fêmea de tambaqui *Colossoma macropomum* com macho de pirapitinga *Colossoma bidens*), estimaram o nível de 1,11%. De maneira geral, não foi encontrado estudos com a finalidade de determinar a exigência em treonina para o tambaqui, sendo as informações utilizadas para a formulação de rações experimentais para essa espécie, normalmente tem sido baseadas em tabelas padronizadas para a tilápia (*Oreochromis niloticus*).

Foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) do nível de treonina na conversão alimentar aparente (Fig. 1). O mesmo comportamento para essa variável foi obtido para *Labeo rohita*, sendo a melhor resposta obtida com o nível de 1,5% (ABIDI e KHAN *et al.*, 2008). Para juvenis de tilápia alimentado com níveis que variaram de 0,92% a 1,35% de treonina total, foi observado efeito linear na variável conversão alimentar, que melhorou com o aumento desse aminoácido (SILVA *et al.*, 2006). No presente estudo o aumento da conversão alimentar dos animais alimentados com os níveis superiores a 0,89% treonina digestível, pode estar relacionado ao excesso e interações da treonina com os demais aminoácidos.

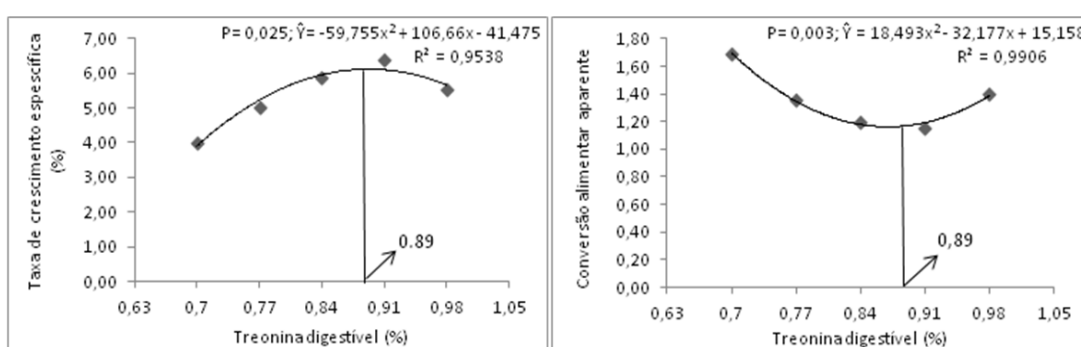


Figura 1. Efeito dos níveis de treonina na taxa de crescimento específica (CV= 20,13%) e na conversão alimentar aparente (CV= 20,65%).

Os níveis de treonina influenciaram a taxa de eficiência proteica ( $P = 0,057$ ) e taxa de eficiência de treonina ( $P = 0,053$ ) (Fig. 2), sendo as máximas eficiências



calculadas nos níveis de 0,86% e 0,83% respectivamente. As dietas experimentais foram formuladas com os níveis de lisina e metionina+cistina constante, conseqüentemente, o aumento do nível de treonina resultou na alteração da relação da treonina com os demais aminoácidos. O requerimento para máximo crescimento foi de 0,89% superior aos níveis que proporcionaram a melhor taxa de eficiência proteica e de utilização da treonina.

No entanto, vale ressaltar, que apesar da máxima eficiência de utilização de treonina ter sido obtida com o nível de 0,83%, o aumento na suplementação desse aminoácido não foi suficiente para afetar ( $P>0,05$ ) o índice do gordura visceral (Tab. 2). O índice de gordura visceral é importante indicador na avaliação das dietas. Em um estudo com o tambaqui alimentado com diferentes dietas comerciais (28% de proteína bruta), foi observada alterações no índice de gordura visceral em função da qualidade da dieta ofertada (FERNANDES *et al.*, 2010).

Apesar das divergências na determinação das necessidades nutricionais em peixes, devido às particularidades na realização dos ensaios experimentais, o estabelecimento de proporção entre aminoácidos tem sido uma tentativa de padronizar a interpretação dos resultados. Segundo Furuya *et al.*, (2005) além da quantidade mínima de cada aminoácido, também deve ser levado em consideração à proporção entre a lisina e os demais aminoácidos, uma vez que as necessidades individuais podem variar, mas as relações permanecem constantes nas várias fases de desenvolvimento. No presente estudo as relações entre treonina:lisina de 59,31% e 61,37% foram as que proporcionaram os melhores resultados para taxa de eficiência proteica e taxa de crescimento específica respectivamente.

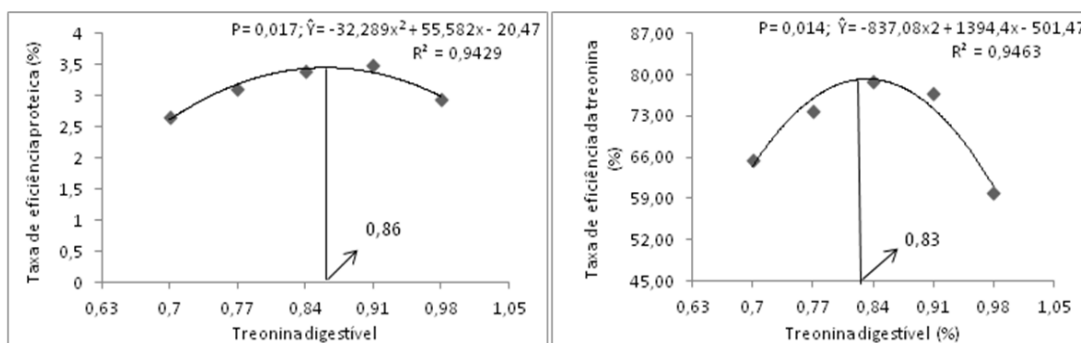


Figura 2. Efeito dos níveis de treonina na taxa de eficiência proteica (CV= 13,70%) e na taxa de eficiência de treonina (CV= 16,10%).

Araripe *et al.*, (2011) obtiveram relação de 48,97% treonina:lisina digestível para o ótimo crescimento de juvenis de tambatinga, tal relação foi equivalente ao nível de 1,00% de treonina digestível. No entanto, apesar do valor superior de treonina encontrado, esses autores não observaram nos alevinos de tambatinga, sintomas de deficiência por aminoácidos como mortalidade ou mesmo baixa eficiência de desempenho, uma vez que o requerimento foi determinado no menor nível estudado.

### **Conclusões**

Com base nos resultados obtidos determinou-se que a necessidade de treonina digestível para juvenis de tambaqui é 0,89%.

### **Referências**

- ABBOUDI, T.; OOGHE, W.; LARONDELLE, Y. *et al.*, Determination of the threonine requirement for maintenance in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry with the diet dilution procedure, *Aquacu. Nutrit.*, v. 13, p. 281-290, 2007.
- ABIDI, S. F. e KHAN, M.A. Dietary threonine requirement of fingerling indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). *Aquacu. Research, Oxford*, v. 39, n. 14, p. 1498-1505, 2008.
- ARARIPE, M.N.B.A; ARARIPE, A.H.G.; LOPES, J.B. *et al.*, Redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos em rações para alevinos de tambatinga, *Rev. Bras. Zootec.*, v.40, n.9, p.1845-1850, 2011.
- BENAKAPPA, S.; VARGHES, T.J. Dietary threonine requirement of indian major carp, *cirrhinus mrigala* (Hamilton), juveniles, *Isra. J. Aquacu. Bamid.*, v.54, n.4, p. 183-188, 2002.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. *et al.* Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nilo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, n.12, p.2077-2084, 2008b.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. *et al.*, Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevitos de tilápia-do-nilo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, n.10, p.1713-1720, 2008a.

- BOTARO, D.; FURUYA, W. M; SILVA, L. C. R. *et al.* Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede, Rev. Bras. Zootec., v.36, n.3, p.517-525, 2007.
- DABROWSKI, K.; GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.) Fish nutrition. 3.ed. Washington, D.C.: Academic Press, p.309-365. 2002.
- FENG, L.; PENG, Y.; WU, P., et al., Threonine affects intestinal function, protein synthesis and gene expression of TOR in Jian Carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). P. One, v. 8, n. 7, 2013.
- FERNANDES, T.R.C.; DORIA, C.R.C.; TAVARES, J. et al., Características de carcaça e parâmetros de desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*, cuvier, 1818) em diferentes tempos de cultivo e alimentado com rações comerciais, Bol. Inst. Pesca, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 45 – 52, 2010.
- FURUYA, W. M. Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. Toledo: GFM, 2010.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G. *et al.* Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev. Bras. Zootec., v. 34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- GAYLOR, T.G.; BARROWS, F.T. Multiple amino acid supplementations to reduce dietary protein in plant-based rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, feeds. Aquacu., v.287, p.180-184, 2009.
- GAYLORD, T. G.; BARROWS, F.T., Multiple amino acid supplementations to reduce dietary protein in plant-based rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, feeds, Aquacul., n. 287 p. 180–184, 2009.
- ITUASSÚ, D.R.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. *et al.*, Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. Pes. Agropec. Brasil., v.40, n.3, p.255-259, 2005.
- MPA, Boletim estatístico da pesca e aquicultura no Brasil, Ministério da Pesca e Aquicultura, 2010.
- OLIVEIRA, R.P.C.; SILVA, P.C.; PADUA, D.M.C. *et al.*, Efeitos da densidade de estocagem sobre a qualidade da água na criação do tambaqui (*Colossoma macropomum*, cuvier, 1818) durante a segunda alevinagem, em tanques fertilizados, Cien. Animal Brasil., v. 8, n. 4, p. 705-711, 2007.
- RIGHETTI *Brycon amazonicus*, J.S.; FURUYA, W.M.; CONEJERO, C.I. *et al.* Redução da proteína em dietas para tilápias do nilo por meio da suplementação de

aminoácidos com base no conceito de proteína ideal, Rev. Bras. Zootec., v.40, n.3, p.469-476, 2011.

SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D. *et al.* Níveis de treonina em rações para tilápias-do- Nilo. Rev. Bras. Zootec., v.35, n.4, p.1258-1264, 2006.

TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J.L.; LEMOS, J.R.G, *et al.*, Índices de condição corporal em juvenis de (Spix & Agassiz, 1829) e *Colossomoma macropomum* (CUVIER, 1818) na Amazônia, Bol. Inst. Pesca, São Paulo, v.34, n. 2, p. 197- 204, 2008.

ZEHRA, S.; KHAN, M.A., Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Catla catla* (Hamilton) estimated by growth, protein retention efficiency, threonine deposition, haematological parameters and carcass composition, Aquacu. Research, v. 13, n. 1, 2014.

**CAPÍTULO 2: Necessidade de metionina+cistina digestível para juvenis de  
tambaqui *Colossoma macropomum***

## **Necessidade de metionina+cistina digestível para juvenis de tambaqui**

### ***Colossoma macropomum***

## **Digestible methionine+cystine requirement for tambaqui *Colossoma***

### ***macropomum***

#### **Resumo**

Avaliou-se o efeito dos níveis de metionina+cistina digestível para juvenis de tambaqui na fase inicial de desenvolvimento ( $3,03 \pm 0,06g$ ). Foram utilizados 160 juvenis de tambaqui distribuídos em DIC, com cinco tratamentos (níveis de metionina+cistina digestível= 0,66; 0,73; 0,80; 0,87; 0,94%) quatro repetições e oito animais por unidade experimental. As dietas utilizadas foram isoproteicas (25%) e isoenergéticas ( $3200kcal.Kg^{-1}$ ). O experimento teve duração de 45 dias. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Os parâmetros físicos e químicos da água do sistema de recirculação de água ficaram dentro da faixa de tolerância para a espécie. Os níveis de metionina+cistina digestível avaliados não influenciaram ( $P < 0,05$ ) a sobrevivência dos juvenis de tambaqui, uma vez que não foi observado mortalidade durante o período experimental. Os níveis de metionina+cistina digestível não influenciaram ( $P > 0,05$ ) o índice hepatossomático, índice de gordura visceral e o consumo de ração. O ganho de peso e a taxa de eficiência proteica apresentaram aumento ( $P < 0,05$ ) linear crescente. Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que o nível de 0,94% de metionina+cistina digestível pode ser utilizado na formulação de dietas para juvenis de tambaqui.

**Palavras chave:** Aminoácido, *Caracídeos*, Nutrição.

#### **Abstract**

This study aimed to determine digestible methionine+cystine requirement of juveniles of tambaqui in early stage of development. Five levels of digestible methionine+cystine were evaluated in diets (0,66; 0,73; 0,80; 0,87; 0,94%). The basal diets were isonitrogenous (25% crude protein) and isocaloric ( $3200 Kcal.Kg^{-1}$ ). The design used was completely randomized with five treatments and four replications each level. The experiment lasted 45 days. The results were submitted to variance of analysis and regression analysis. The physical and chemical parameters of water from the water recirculation system were within recommended for the

species. Digestible methionine+cystine levels did not influence ( $P < 0.05$ ) the survival of tambaqui, since mortality was not observed during the experimental period. It was not observed any effects of digestible methionine+cystine in the diets on hepatosomatic index, visceral fat index and feed intake. A linear increased on weight gain and specific growth rate was observed when digestible methionine+cystine levels in the diet were increased. Based on the results obtained we can infer that the level of 0.94% digestible methionine+cystine can be used in diets for formulação tambaqui.

**Keywords:** Amino acids, *Caracídeos*, Nutrition.

## Introdução

A piscicultura nacional apresenta grande número de espécies nativas com potencial para o cultivo, tais como o tambaqui (*Colossoma macromum*) e o pacu (*Piaractus mesopotamicus*); os surubins, (*Pseudoplatystoma corruscans* e *P. fasciatum*); os jundiás (*Rhamdia quelen*, *Rhamdia* sp. e *Rhamdia voulezi*); o pirarucu (*Arapaima gigas*); e o lambari (*Astyanax* sp.). Boscolo *et al.*, (2011) ressaltaram a escassez de trabalhos com objetivo de determinar as exigências de aminoácidos para as espécies nativas. Entre as iniciativas, podem ser citados os estudos realizados com o jundiá (*Rhamdia quelen*) (MONTES-GIRÃO e FRACALLOSSI, 2006), o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (BICUDO *et al.*, 2009), o tambaqui (BRANDÃO *et al.*, 2009), e o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) (ABIMORAD e CASTELLANI, 2011).

O padrão de aminoácidos corporais vem sendo utilizado para determinar as exigências dos peixes por aminoácidos (MEYER e FRACALLOSSI, 2005; ABIMORAD e CASTELLANI, 2011). Tal método é embasado no princípio que a necessidade em aminoácidos possui valor igual ou superior ao perfil de aminoácidos da carcaça. Entretanto, o estado fisiológico dos animais utilizados como referência tem resultado em divergências quanto à utilização desse método (ABIMORAD e CASTELLANI, 2011; BOMFIM *et al.*, 2008).

Uma alternativa para os estudos com aminoácido para peixes é utilização da quantidade relativa do perfil de aminoácidos corporal em relação a um aminoácido referência, geralmente o mais limitante, o qual, o requerimento deve ser obtido pelo método de dose-resposta (FURUYA *et al.*, 2005). No entanto, o uso do perfil aminoacídico corporal pode não ser indicativo do padrão ideal proteico de uma

ração, sendo indicado pelos pesquisadores o estudo individual de cada aminoácido pelo método dose-resposta (BOTARO, *et al.* 2007; ZEHRA e KHAN, 2014).

A metionina é um aminoácido essencial para o crescimento animal, no entanto pode ser metabolizada e convertida a cistina. Devido às dificuldades de monitorar e quantificar a conversão de metionina a cistina, os pesquisadores tem estudado a exigência desses aminoácidos em conjunto, onde normalmente é expressa a necessidade de metionina+cistina (FURUYA *et al.* 2004; SILVA, *et al.*, 2006; MICHELATO, *et al.* 2013).

Os aminoácido sulfurados são os primeiros aminoácido limitante em dietas a base de ingrediente de origem vegetal como o milho e farelo de soja. Estudos tem demonstrado que a suplementação de metionina em nível adequado melhorou o desempenho e eficiência alimentar dos peixes (HUANG e LIN, 2002; MAI *et al.*, 2006; BOMFIM *et al.*, 2008; NWANNA *et al.* 2012). Assim, objetivou-se determinar o efeito dos níveis de metionina+cistina digestível para tambaqui.

### **Material e métodos**

O estudo foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes) *Campus* de Alegre, Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais (LNPEO) com duração de 45 dias. Foi utilizado 160 juvenis de tambaqui obtidos por meio de reprodução induzida de reprodutores do Setor de Aquicultura do IFES-*Campus* de Alegre. As pós-larvas de tambaqui foram estocadas em viveiro escavado na densidade de 60 pós-larva/m<sup>2</sup> com alimentação a vontade realizada quatro vezes ao dia (7h, 10h, 13h, 16h). Para adaptar os juvenis as condições do laboratório (sifonamento, arraçamento e manejo), estes foram capturados no viveiro e acondicionados em tanque com volume útil de 1500L.

Foram avaliados cinco níveis de metionina+cistina digestível (Tab. 1) em delineamento inteiramente ao acaso (DIC) com quatro repetições cada nível. As rações experimentais foram fornecidas a vontade quatro vezes ao dia (7h 30min, 10h 30min, 13h 30min, 16h 30min).

Foram utilizados 160 juvenis de tambaqui com peso médio de  $3,03 \pm 0,06$ g distribuídos em 20 caixas de volume útil de 40L (8 peixes por caixa) em sistema de recirculação de água equipado por filtragem biológica e aquecimento por



aquecedores com termostato. Semanalmente foi realizado o sifonamento para retirar o excesso de fezes com renovação de água de 30%.

Tabela 1. Composição calculada das dietas experimentais para os diferentes níveis de metionina+cistina digestível.

Ingredientes g.Kg <sup>-1</sup>	Níveis de metionina+cistina digestível (%)				
	0,66	0,73	0,8	0,87	0,94
Milho grão	549,4	547,7	546,2	544,7	543,0
Glúten de milho 60%	40,2	38,1	35,9	33,8	31,7
Farinha de peixe 55%	80,0	80,3	80,5	80,8	81,1
Farelo de Soja 45%	305,3	308,2	311,0	313,8	316,7
Sup. Vitamínico <sup>1</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Vitamina C	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sup. Mineral <sup>2</sup>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
BHT	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
L-lisina HCl	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
DL-Metionina	0,2	0,9	1,7	2,4	3,1
L-treonina	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
Óleo de soja	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Composição g.Kg-1					
Proteína Bruta	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0
Energia digestível MCal/kg	3200,0	3200,0	3200,0	3200,0	3200,0
Fibra bruta <sup>3</sup>	26,1	26,2	26,3	26,4	26,5
Cálcio <sup>3</sup>	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8
Fósforo disponível <sup>3</sup>	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Lisina digestível <sup>3</sup>	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
Treonina digestível <sup>3</sup>	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Metionina+cistina digestível <sup>3</sup>	6,6	7,3	8	8,7	9,4
Metionina+cistina total	8,9	9,6	10,3	11	11,7
Metionina total	4,9	5,6	6,3	7	7,7
Relação cistina:metionina	81,63	71,42	63,49	57,14	51,94

<sup>1</sup>Composição por quilograma do produto: vit. A, 8.000.000 UI; vit. D3, 2.500.000 UI; vit. E, 8.000 mg; vit. K3, 1.500 mg; vit. B1, 1.000 mg; vit. B2, 4.000 mg; vit. B6, 1.000 mg; vit. B12, 12.000 mg; niacina, 20 g; pantotenato de cálcio, 8.000 mg; ácido fólico, 300 mg; biotina, 20 mg.

<sup>2</sup>Composição por quilograma do produto: Fe, 96 g; Cu, 20 g; Mn, 155 g; Zn, 110 g; I, 1.400 mg; Se, 360 mg.

<sup>3</sup>Valores calculados com base no determinado para a tilápia do nilo (Furuya, 2010).

Os seguintes parâmetros físico-químicos da água foram mensurados durante o período experimental após a última alimentação: temperatura (°C) diariamente com termômetro de bulbo de mercúrio; oxigênio dissolvido (mg/L), pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ) de três em três dias por meio de aparelhos digitais; amônia total uma vez na semana por kit colorimétrico.

Ao final do 44<sup>o</sup> dia, os animais foram mantidos em jejum por 24 horas e, após esse período, foi realizada a biometria final com paquímetro e balança analítica de precisão de 0,1mg. Assim, foram verificados os valores individuais de peso (g), comprimento total (cm), comprimento padrão (cm), altura (cm) e sobrevivência (S). Três animais de cada unidade experimental foram anestesiados com eugenol 100mg/L e eutanasiados. Posteriormente foi mensurado o peso do fígado e da gordura visceral. Assim foi possível estimar o índice hepatossomático (IHS) e o índice de gordura visceral (IGV).

O desempenho produtivo foi avaliado pelo ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), consumo de metionina+cistina (C) conversão alimentar aparente (CAA), taxa de eficiência proteica (TEP), taxa de eficiência da metionina+cistina (TEM), taxa de crescimento específico (TCE), essa última variável expressa à taxa de crescimento em peso dos animais, durante o período experimental. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Todos os cálculos foram realizados com auxílio do programa estatístico SAEG 9.0.

$CAA = (\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}) / \text{alimento consumido no período (g)}$ ;

$TEP = [(\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}) / \text{total de proteína ingerida (g)}]$ ;

$TEM = [(\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}) / \text{total de metionina+cistina ingerido (g)}]$ ;

$TCE = [(\log \text{ peso final} - \log \text{ peso inicial}) / \text{n}^{\circ} \text{ de dias experimentais}] \times 100$ ;

$IHS = [(\text{Peso do fígado fresco} / \text{Peso corporal})] \times 100$ ;

$IGV = [(\text{Peso da gordura visceral} / \text{Peso corporal})] \times 100$ ;

## Resultados e discussões

Os parâmetros físicos e químicos da água do sistema de recirculação ficaram dentro da faixa de tolerância para a espécie (Oxigênio dissolvido:  $4,4 \pm 1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ; pH:  $6,5 \pm 0,5$ ; Temperatura:  $28,9 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ ; Amônia total  $1,94 \pm 1,31 \text{ mg.L}^{-1}$ ; Condutividade elétrica  $119,2 \pm 14,1 \mu\text{Sm}$ ) conforme o recomendado por (OLIVEIRA, *et al.* 2007). O nível de amônia total foi relativamente elevado, entretanto, essa não interferiu no

crescimento e sobrevivência dos animais em função da baixa toxicidade em água com pH ligeiramente ácido (PEREIRA e MERCANTE, 2005).

Os níveis de metionina+cistina digestível não influenciaram ( $P>0,05$ ) a altura, mas o peso, comprimento total, comprimento padrão apresentaram efeito ( $P<0,05$ ) linear crescente (Tab. 2). O nível de 0,94% apresentou resultado satisfatório para o comprimento e peso, no entanto com base nos resultados obtidos pode-se inferir que a necessidade em aminoácidos sulfurados não foi completamente atendida. O valor obtido no presente estudo é superior ao estimado para a carpa comum (*Cyprinus carpio*) onde o nível ideal foi de 0,86% (SCHWARZ *et al.* 1998). No entanto é próximo a 0,90% encontrado por Furuya *et al.*, (2004) para o ótimo crescimento da tilápia (*Oreochromis niloticus*).

Apesar do maior nível estudado ter ficado abaixo do requerimento para tambaqui, o índice hepatossomático e o índice de gordura visceral não foram influenciados ( $P>0,05$ ), indicado que não houve sobrecarga de utilização do fígado e alterações nas reservas lipídicas na cavidade visceral. Esses dois índices vem sendo utilizados para compreensão do grau de higidez e bem estar dos peixes por serem indicadores do estado nutricional. De maneira geral, os valores encontrados para o índice hepatossomático no presente estudo são próximos, porém superiores ao observado por Ituassú *et al.*, (2005) para animais em confinamento e por Tavares-Dias, *et. al.*, (2008) para exemplares coletados em ambiente natural.

O consumo de metionina+cistina apresentou efeito linear crescente ( $P<0,05$ ) em função dos níveis de metionina+cistina digestível (Tab. 2). Tal resultado era esperado devido o aumento da suplementação desse aminoácido na dieta. O consumo de ração não foi influenciado ( $P<0,05$ ) pelo aumento do nível de metionina+cistina digestível (Tab. 2). O perfil de aminoácidos, geralmente afetam o crescimento e a utilização dos nutrientes. Dietas desbalanceadas tendem a inibição do consumo, conseqüentemente há significativa redução do crescimento (ABBOUDI *et al.*, 2007). Entretanto, no presente estudo, o consumo de ração não foi o fator determinante da redução linear ( $P<0,05$ ) da taxa de crescimento específica em função da redução dos níveis de metionina+cistina digestível.

Conforme apresentado por Wilson (2003) a ingestão de dietas desbalanceadas pode levar a redução do consumo devido à concentração de aminoácido na circulação. Assim, há aumento na degradação de proteína endógena no fígado e o aumento da retenção dos aminoácidos limitantes, sendo verificada

uma redução na quantidade de aminoácidos disponível nos tecidos periféricos como o músculo. Dessa maneira há queda significativa na síntese de proteína. Tanto o desequilíbrio de aminoácidos no plasma sanguíneo como no músculo são responsáveis pela regulação do apetite e do consumo.

Para variável conversão alimentar aparente, foi verificado efeito linear ( $P < 0,05$ ) decrescente em função do aumento da metionina+cistina digestível (Fig. 1). A melhoria na eficiência alimentar ocorreu pelo melhor balanceamento de aminoácido obtido com o maior nível estudado em comparação as dietas de quantidade insuficiente de aminoácidos sulfurados.

Tabela 2. Valores médias  $\pm$  desvio padrão para as variáveis sobrevivência (S), peso (P), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura (A), índice hepatossomático (IHS), índice de gordura visceral (ICV), taxa de crescimento específica (TCE), consumo de ração (CR), consumo de metionina+cistina (C) para os juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de metionina+cistina digestível.

Variáveis	Níveis de metionina+cistina digestível					CV (%)
	0,66	0,73	0,80	0,87	0,94	
S (%)	100,00 $\pm$ 0,0	100,00 $\pm$ 0,0	100,00 $\pm$ 0,0	100,00 $\pm$ 0,0	100,00 $\pm$ 0,0	-
P* <sup>1</sup> (g)	49,40 $\pm$ 2,2	51,94 $\pm$ 2,0	50,71 $\pm$ 1,6	54,11 $\pm$ 3,6	54,59 $\pm$ 1,0	5,64
CT* <sup>2</sup> (cm)	14,01 $\pm$ 0,2	14,31 $\pm$ 0,2	14,25 $\pm$ 0,2	14,57 $\pm$ 0,5	14,49 $\pm$ 0,6	3,11
CP* <sup>3</sup> (cm)	10,75 $\pm$ 0,1	10,82 $\pm$ 0,2	10,81 $\pm$ 0,2	11,14 $\pm$ 0,3	11,10 $\pm$ 0,1	2,41
A <sup>ns</sup> (cm)	5,82 $\pm$ 0,1	5,86 $\pm$ 0,1	5,81 $\pm$ 0,1	5,88 $\pm$ 0,1	5,90 $\pm$ 0,0	2,03
IHS <sup>ns</sup>	2,11 $\pm$ 0,4	2,27 $\pm$ 0,5	1,97 $\pm$ 0,1	2,20 $\pm$ 0,2	2,25 $\pm$ 0,3	17,86
IGV <sup>ns</sup>	1,01 $\pm$ 0,2	1,00 $\pm$ 0,3	1,26 $\pm$ 0,2	1,08 $\pm$ 0,1	1,07 $\pm$ 0,3	23,35
TCE* <sup>4</sup> (%)	4,66 $\pm$ 0,0	4,70 $\pm$ 0,0	4,68 $\pm$ 0,0	4,81 $\pm$ 0,1	4,81 $\pm$ 0,0	1,95
CR <sup>ns</sup> (g)	55,64 $\pm$ 5,9	54,39 $\pm$ 3,5	52,97 $\pm$ 0,2	56,07 $\pm$ 0,1,4	51,47 $\pm$ 0,9	5,03
C* <sup>5</sup> (mg.dia <sup>-1</sup> )	11,00 $\pm$ 0,6	11,39 $\pm$ 0,7	12,13 $\pm$ 0,05	13,61 $\pm$ 0,4	13,40 $\pm$ 0,2	9,48

Análise de variância= <sup>ns</sup>não significativo; \*Probabilidade ( $P < 0,05$ ). <sup>1</sup>Efeito linear ( $P = 0,018$ ;  $\hat{Y} = 17,919x + 37,821$ ;  $R^2 = 0,808$ ). <sup>2</sup>Efeito linear ( $P = 0,024$ ;  $\hat{Y} = 1,75x + 12,93$ ;  $R^2 = 0,776$ ). <sup>3</sup>Efeito linear ( $P = 0,023$ ;  $\hat{Y} = 1,4298x + 9,7842$ ;  $R^2 = 0,778$ ). <sup>4</sup>Efeito linear ( $P = 0,021$ ;  $\hat{Y} = 0,595x + 4,2598$ ;  $R^2 = 0,793$ ). <sup>5</sup>Efeito linear ( $P=0,042$ ;  $\hat{Y}= 10,018x+4,2969$ ;  $R^2 = 0,899$ ).

O ganho de peso aumentou até o nível de 0,94% de metionina+cistina digestível, correspondente a 3,76% da proteína bruta em aminoácidos sulfurados digestível. A relação dos aminoácidos sulfurados com a proteína bruta foi superior aos 2,8% obtido para o ótimo ganho de peso da tilápia do nilo (NGUYEN e DAVIS, 2009). Assim como no trabalho citado acima, juvenis de truta-arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*) apresentou resultados mais satisfatórios para ganho de peso quando alimentados com o nível de 0,8% de metionina+cistina na dieta, correspondendo a 2,3% da proteína bruta (KIM *et al.*, 1992).

Apesar das particularidades das dietas e condições experimentais, Walter *et al.*, (1995) encontraram resultados semelhantes ao do presente estudo. Esses autores utilizaram exemplares com peso médio inicial de 153g e também observaram maior relação entre os aminoácidos sulfurados e a proteína bruta para o tambaqui quando comparado com outras espécies. A melhor resposta foi obtida com a dieta contendo 25,94% de proteína bruta, relação entre aminoácidos sulfurados e proteína bruta de 3,93%, e 1,02% de metionina+cistina total (WALTER *et al.*, 1995).

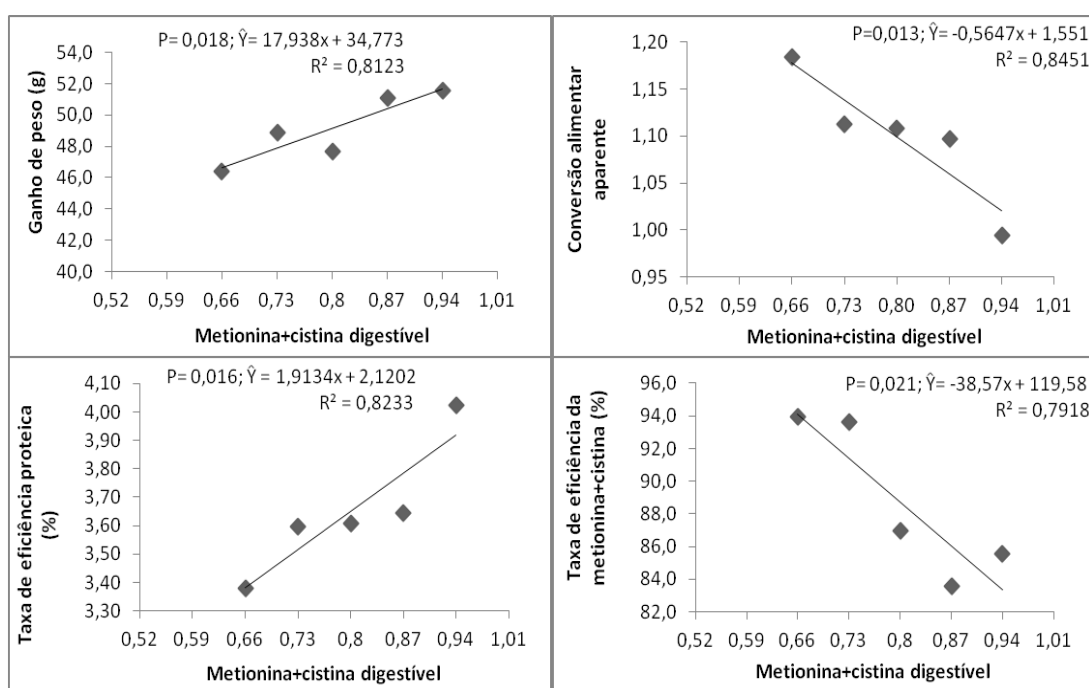


Figura 1. Efeito dos níveis de metionina+cistina digestível no ganho de peso (CV= 5,97%), conversão alimentar aparente (CV= 6,49%), taxa de eficiência proteica (CV= 6,55%) e taxa de eficiência da metionina+cistina digestível (CV= 5,40%).

Foi observado aumento linear na taxa de eficiência proteica ( $P < 0,05$ ) até o nível de 0,94% de metionina+cistina digestível (Fig. 1). Com base nos resultados obtidos, podemos concluir que o aumento do nível de metionina favoreceu a taxa de eficiência proteica, apesar da relação cistina:metionina não ter sido matinda constante.

Assim como observado por Silva *et al.*, (2006) ao estudar nível ideal de treonina para a tilápia do nilo, no presente estudo, o maior nível de metionina não promoveu redução no consumo de ração (Tab. 2), provavelmente pela baixa interação de antagonismos entre os aminoácido, o que pode ser confirmado pelos resultados obtidos para taxa de eficiência proteica (Fig.1). Outra evidência da obtenção do nível próximo a necessidade do tambaqui foi a ausência de efeito no índice de gordura visceral (Tab. 2).

A taxa de eficiência da metionina+cistina digestível reduziu ( $P < 0,05$ ) em função no aumento do nível de aminoácido livre. A queda na eficiência da utilização dos aminoácido tem sido atribuída à preferência de absorção dos aminoácidos livres quando comparados aos aminoácidos oriundos das fontes proteicas, o que resulta em maior velocidade de absorção, elevando as concentrações plasmáticas desses aminoácidos, conseqüentemente, há o aumento do catabolismo dos aminoácidos em excesso (GAYLORD e BARROWS, 2009).

Outro aspecto que vem sendo atribuída a redução da eficiência de utilização dos aminoácidos livres é o aumento da lixiviação desses na água (BOMFIM, *et al.*, 2010). No entanto, apesar da utilização de dieta peletizada, que por sua vez apresenta maior perda de nutrientes para a água quando comparada com as rações extrusadas (RODRIGUES e FERNADES, 2006). Entretanto, no presente estudo esse não foi o fator determinante, uma vez que os animais consumiram todo alimento logo após o fornecimento.

## **Conclusão**

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que os níveis de de metionina+cistina digestível influenciarão o desempenho de juvenis de tambaqui sendo sendo indicado 0,94% metionina+cistina digestível na formulações de dietas para essa espécie.

## Referências

- ABBOUDI, T.; OOGHE, W.; LARONDELLE, Y. *et al.*, Determination of the threonine requirement for maintenance in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fry with the diet dilution procedure, *Aquacu. Nutrit.*, v. 13, p. 281-290, 2007.
- ABIMORAD, E.G.; CASTELLANI, D. Exigências nutricionais de aminoácidos para o lambari-do-rabo-amarelo baseadas na composição da carcaça e do músculo. *Bol. Inst. Pesca*, v.37, n.1, p.31-38, 2011.
- BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J.E.P. Dietary lysine requeriment of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Aquacu.*, v.297, p.151-156, 2009.
- BOLOSCO, A.S.; SIGNOR, A.; FREITAS, J.M.A.; *Nutrição de peixes nativos*, R. Bras. Zootec., v.40, p.145-154, 2011.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L. *et al.*, Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nylo. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 39, n. 1, p. 1-8, 2010
- BOMFIM, M.A.D.; DONZELE, J.L.; FERREIRA, A. L.; *et al.*, Exigência de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia do nulo. *Rev. Bras. Zootec*, v.37, n.5, p.783-790, 2008.
- BOTARO, D.; FURUYA, W. M; SILVA, L. C. R. *et al.* Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias do nulo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede, *R. Bras. Zootec.*, v.36, n.3, p.517-525, 2007.
- BRANDÃO, L.V; PEREIRA-FILHO, M.; GUIMARÃES, S. F.; FONSECA, F.A.L., Suplementação de metionina e/ou lisina em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818), *Acta Amazo.* vol. 39, n. 3, p.675 – 680, 2009.
- desempenho produtivo do acará bandeira (*Pterophyllum scalare*), *Acta Sci. Anim. Sci.*, v. 28, n. 1, p. 113-119, 2006.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G; *et a.*, Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia do Nulo (*Oreochromis niloticus* ). *Rev. Bras. Zootec.*, v. 34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. *et al.* Use of ideal protein concept for precise formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus L.*). *Aquacu. Research*, v.35, p.1110-1116, 2004.

- GAYLORD, T. G.; BARROWS, F.T., Multiple amino acid supplementations to reduce dietary protein in plant-based rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, feeds, *Aquacu.*, n. 287 p. 180–184, 2009.
- HUANG, C.H.; LIN, W.Y., Estimation of optimal dietary methionine requirement for softshell turtle, *Pelodiscus sinensis.*, *Aquacu.* v. 207. p. 281–287, 2002.
- ITUASSÚ, D.R.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. *et al.*, Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.40, n.3, p.255-259, 2005.
- KIM, K.; KAYES, T.B.; AMUNDSON, C.H. *et al.* Requirements for sulfur amino acids and utilization of D-methionine by the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacu.*, v.101, p.95-103, 1992.
- MAI, K.; WAN, J.; AI, Q. *et al.* Dietary methionine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea.* *Aquacu.*, v.253, p.564-572, 2006.
- MEYER, G.; FRACALOSSO, D. M. Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. *Aquacu.*, v. 240, p. 331–343, 2004.
- MICHELATO, M.; FURUYA, W.M.; GRACIANO, T.S., Digestible methionine + cystine requirement for Nile tilapia from 550 to 700 g, *R. Bras. Zootec.*, v.42, n.1, p.7-12, 2013.
- MONTES-GIRÃO, P.J.; FRACALOSSO, D.M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen.* *J. World Aquacu. Society*, v.37, n.4, p.388-396, 2006.
- NGUYEN, T.N.; DAVIS, D.A. Re-evaluation of total sulphur amino acid requirement and determination of replacement value of cystine for methionine in semi-purified diets of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus.* *Aquacu. nutrit.*, v.15, p.247-253, 2004.
- NWANNA, L.C.; LEMMEC, A.; METWALLYB, A.; SCHWARZ, FJ. Response of common carp (*Cyprinus carpio L.*) to supplemental DL-methionine and different feeding strategies, *Aquacu.* p. 365–370, 2012.
- OLIVEIRA, R.P.C.; SILVA, P.C.; PADUA, D.M.C. *et al.*, Efeitos da densidade de estocagem sobre a qualidade da água na criação do tambaqui (*Colossoma macropomum*, cuvier, 1818) durante a segunda alevinagem, em tanques fertilizados, *Cien. Animal Bras.*, v. 8, n. 4, p. 705-711, 2007.



PEREIRA, L.P.F.; MERCANTE, C.T.J.. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. uma revisão, Bol. Inst. Pesca, v. 31, n. 1, p. 81-88, 2005.

SCHWARZ, F.J.; KIRCHGESSNER, M.; DEURINGER, U. Studies on the methionine requirement of carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquacu., v.161, p.121-129, 1998

SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; SANTOS, L.D. *et al.* Níveis de treonina em rações para tilápias-do-Nilo. R. Bras. Zootec., v.35, n.4, p.1258-1264, 2006.

TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J.L.; LEMOS, J.R.G, *et al.*, Índices de condição corporal em juvenis de brycon amazonicus (Spix & Agassiz, 1829) e *Colossomoma macropomum* (CUVIER, 1818) na Amazônia, Bol. Inst. Pesca, São Paulo, v.34, n. 2, p. 197 - 204, 2008.

WALTER, G.A.; JAVIER, Z.R.; MARIANO, R.A., Utilizacion de dietas practicas con diferentes niveles de aminoacidos azufrados totales para el crecimiento de gamitana (*Colossoma macropopum*), pisces Characidae, F. Amazó. v. 7, p.195-203, 1995.

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

ZEHRA, S.; KHAN, M.A., Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Catla catla* (Hamilton) estimated by growth, protein retention efficiency, threonine deposition, haematological parameters and carcass composition, Aquacu. Research, v. 13, n. 1, 2014.

**Capítulo 3: Necessidade de lisina digestível para juvenis de tambaqui**  
***Colossoma macropomum***

## **Necessidade de lisina digestível para juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum***

### **Digestible lysine requirement for tambaqui *Colossoma macropomum***

#### **Resumo**

Avaliou-se o efeito dos níveis de lisina digestível para juvenis de tambaqui na fase inicial de desenvolvimento ( $3,0 \pm 0,07g$ ). Foram utilizados 128 juvenis de tambaqui distribuídos em DIC, com quatro tratamentos (níveis de lisina digestível= 1,15; 1,45; 1,75; 2,05%) quatro repetições e oito animais por unidade experimental. As dietas utilizadas foram isoproteicas (25%) e isoenergéticas ( $3200kcal.Kg^{-1}$ ). O experimento teve duração de 45 dias. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão. Os parâmetros físicos e químicos da água do sistema de recirculação ficaram dentro da faixa de tolerância para a espécie. Os níveis de lisina digestível não influenciaram ( $P < 0,05$ ) o índice hepatossomático, índice de gordura visceral, o ganho de peso e o consumo de ração. O comprimento total e taxa de eficiência proteica apresentaram comportamento linear em função dos níveis de lisina digestível com as melhores respostas observadas para o nível de 2,05%, correspondente a 8,2% da proteína bruta.

**Palavras chave:** Aminoácidos, Caracídeos, Piscicultura, Nutrição.

#### **Abstract**

Evaluated the digestible lysine requirement (1.15; 1.45; 1.75; 2.05%) in tambaqui juveniles ( $3.0 \pm 0.07g$ ) in isonitrogenous diets (25%) and isocaloric ( $3200kcal.Kg^{-1}$ ). The design was used completely randomized (CRD) with four treatments and four replications for each level. The experiment lasted 45 days. The results were submitted to variance of analysis and regression analysis. The physical and chemical parameters of the water recirculation system were within the tolerance range for the species. The lysine levels did not affect ( $P < 0.05$ ) hepatossomatic index, visceral fat index, weight gain and feed intake. The total length and protein efficiency ratio showed a linear behavior as a function of lysine levels with the best responses observed to the level of 2.05%, corresponding to 8.2% of crude protein.

**Keywords:** Amino Acids, Characins, Fish Farming, Nutrition

## Introdução

A necessidade proteica para os peixes representa a quantidade mínima de uma mistura de aminoácidos que leva à obtenção do máximo crescimento possível. Tal requerimento pode ser influenciada por vários fatores, entre eles a relação proteína:energia da dieta, fase de desenvolvimento, condição de sanidade e a qualidade da proteína (SILVA *et al.* 2003; GUTIÉRREZ *et al.*, 2009).

Normalmente, com os tradicionais ingredientes utilizados na alimentação de peixes a lisina é o primeiro aminoácido limitante do crescimento (MUÑOZ-RAMÍREZ e CARNEIRO, 2002). O balanceamento da lisina em dietas para peixes está relacionado com o aumento no ganho de peso, melhoria na conversão alimentar, aumento na retenção de nitrogênio e melhoria no rendimento de carcaça (TAKISHITA *et al.* 2009; FURUYA *et al.*, 2013).

Entre as dificuldades relacionadas à determinação do requerimento em aminoácidos, pode ser destacada a ausência de consenso entre os autores em relação as metodologias aplicadas para obtenção e interpretação dos resultados. Alternativas vêm sendo propostas, como a estimativa com base no perfil corporal (ABIMORAD e CASTELLANI, 2011), considerando as interações de antagonismo (FURUYA, *et al.* 2013), determinação da relação aminoácido:lisina (ARARIPE, *et al.* 2011), relação lisina:proteína (GONÇALVES, *et al.* 2009), com base no conceito de proteína ideal (FURUYA *et al.*, 2005; TAKISHITA *et al.* 2009; BOMFIM, *et al.* 2010).

No presente estudo, não foi possível a formulação das dietas seguindo a relação entre os principais aminoácidos com a lisina, pois poderia resultar em estimativas que não condizem com a real necessidade do tambaqui, uma vez que, não foi encontrado estudos determinando as relações entre aminoácidos:lisina para essa espécie.

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é uma espécie que pertencente à subfamília Myleinae que inclui também o pacu (*Piractus mesopotamicus*) e a pirapitinga (*Colossoma bidens*). No ano de 2010, o tambaqui foi a principal espécie nativa produzida no Brasil, totalizando 54.313,1 de toneladas (MPA, 2010). Tal fato requer atenção devido ao potencial que essas espécies possuem e que atualmente continua limitado devido ao desconhecimento da exigência nutricional, por exemplo, de aminoácidos. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de lisina digestível para juvenis de tambaqui.

## **Materiais e Métodos**

O estudo foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes) *Campus* de Alegre, Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais (LNPEO) com duração de 45 dias. Foi utilizado 118 juvenis de tambaqui obtidos por meio de reprodução induzida de reprodutores do Setor de Aquicultura do IFES-*Campus* de Alegre. As pós-larvas de tambaqui foram estocadas em viveiro escavado na densidade de 60 pós-larva m<sup>2</sup> com alimentação a vontade realizada quatro vezes ao dia (7h, 10h, 13h, 16h). Para adaptar os juvenis as condições do laboratório (sifonamento, arraçoamento e manejo), estes foram capturados no viveiro e acondicionados em tanque com volume útil de 1500L.

Foram utilizados 128 juvenis de tambaqui distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso (DIC), com quatro tratamentos (níveis de lisina digestível= 1,15; 1,45; 1,75; 2,05%) quatro repetições e oito animais por unidade experimental. As rações experimentais (Tab. 1) foram fornecidas a vontade quatro vezes ao dia (7h 30min, 10h 30min, 13h 30min, 16h 30min).

As unidades experimentais foram compostas por oito juvenis de tambaqui com peso médio de  $3,0 \pm 0,07$ g acomodados em caixas de volume útil de 40L em sistema de recirculação de água equipado por filtragem biológica e aquecimento por aquecedores com termostato. Semanalmente foi realizado o sifonamento para retirar o excesso de fezes com renovação de água de 30%. Os seguintes parâmetros físico-químicos da água foram mensurados durante o período experimental após a última alimentação: temperatura (°C) diariamente com termômetro de bulbo de mercúrio; oxigênio dissolvido (mg/L), pH, condutividade elétrica ( $\mu$ S) de três em três dias por meio de aparelhos digitais; amônia total uma vez na semana por kit colorimétrico.

Ao final do 44<sup>o</sup> dia, os animais foram mantidos em jejum por 24 horas e, após esse período, foi realizada a biometria final, com auxílio de um paquímetro e balança analítica com precisão de 0,1mg. Assim, foram verificados os valores individuais de peso (g), comprimento total (cm), comprimento padrão (cm), altura (cm) e sobrevivência (S). Três animais de cada unidade experimental foram anestesiados com eugenol 100mg/L e abatidos. Posteriormente foi mensurado o peso do fígado e da gordura visceral. Assim foi possível estimar o índice hepatossomático (IHS) e o índice de gordura visceral (IGV).

Tabela 1. Composição calculada das dietas experimentais para os diferentes níveis de lisina digestível.

Ingredientes g.Kg <sup>-1</sup>	Níveis de lisina digestível (%)			
	1,15	1,45	1,75	2,05
Milho grão	596,2	580,6	564,9	559,3
Glúten de milho 60%	118,6	89,9	61,2	32,5
Farinha de peixe 55%	80,0	92,3	104,6	116,9
Farelo de Soja 45%	191,3	217,8	244,4	271,0
Sup. Vitamínico <sup>1</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0
Vitamina C	1,0	1,0	1,0	1,0
Sup. Mineral <sup>2</sup>	0,5	0,5	0,5	0,5
BHT	0,1	0,1	0,1	0,1
L-lisina HCl	1,0	3,8	6,5	9,3
DL-Metionina	0,6	0,6	0,7	0,8
L-treonina	1,1	0,9	0,8	0,6
Óleo de soja	8,7	11,5	14,3	17,2
Composição g.Kg <sup>-1</sup>				
Proteína Bruta	250,0	250,0	250,0	250,0
Energia digestível MCal/kg	3200,0	3200,0	3200,0	3200,0
Fibra bruta <sup>3</sup>	21,7	22,5	23,4	24,2
Cálcio <sup>3</sup>	5,5	6,3	7,1	7,9
Fósforo digestível <sup>3</sup>	3,1	3,5	3,9	4,3
Lisina digestível <sup>3</sup>	11,5	14,5	17,5	20,5
Treonina digestível <sup>3</sup>	8,5	8,5	8,5	8,5
Metionina + cistina digestível <sup>3</sup>	7,3	7,3	7,3	7,3

<sup>1</sup>Composição por quilograma do produto: vit. A, 8.000.000 UI; vit. D3, 2.500.000 UI; vit. E, 8.000 mg; vit. K3, 1.500 mg; vit. B1, 1.000 mg; vit. B2, 4.000 mg; vit. B6, 1.000 mg; vit. B12, 12.000 mg; niacina, 20 g; pantotenato de cálcio, 8.000 mg; ácido fólico, 300 mg; biotina, 20 mg.

<sup>2</sup>Composição por quilograma do produto: Fe, 96 g; Cu, 20 g; Mn, 155 g; Zn, 110 g; I, 1.400 mg; Se, 360 mg.

<sup>3</sup>Valores calculados com base no determinado para a tilápia do nilo (Furuya, 2010).

O desempenho produtivo foi avaliado pelo ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), consumo de lisina (C) taxa de eficiência proteica (TEP), Taxa de eficiência da metionina+cistina (TEM), taxa de crescimento específico (TCE), essa

última variável expressa à taxa de crescimento em peso dos animais, durante o período experimental. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Todos os cálculos foram realizados com auxílio do programa estatístico SAEG 9.0.

TEP= [(peso final (g) – peso inicial (g))/total de proteína ingerida (g)];

TEM= [(peso final (g) – peso inicial (g))/total de metionina+cistina ingerido (g)];

TCE= [(log peso final – log peso inicial)/nº de dias experimentais] x 100;

IHS= [(Peso do fígado fresco/Peso corporal)] x 100;

IGV=[(Peso da gordura visceral/Peso corporal)]x 100;

## Resultados e Discussões

Os parâmetros físicos e químicos da água do sistema de recirculação ficaram dentro da faixa de tolerância para a espécie (Oxigênio dissolvido:  $4,7 \pm 0,3 \text{mg.L}^{-1}$ ; pH:  $6,7 \pm 0,4$ ; Temperatura:  $28,7 \pm 0,7^\circ\text{C}$ ; Amônia total  $1,9 \pm 0,9 \text{mg.L}^{-1}$ ; Condutividade elétrica  $119,8 \pm 10,7 \mu\text{Sm}$ ) conforme o recomendado por (OLIVEIRA, *et al.* 2007). O nível de amônia total foi relativamente elevado, entretanto, essa não interferiu no crescimento e sobrevivência dos animais em função da baixa toxicidade em água com pH ligeiramente ácido (PEREIRA e MERCANTE, 2005).

Os níveis de lisina digestíveis influenciaram ( $P < 0,05$ ) o comprimento total (CT) e a taxa de eficiência proteica (TEP) (Tab. 2 e Fig. 1), sendo observado aumento linear. Foi observada redução linear ( $P < 0,05$ ) na taxa de utilização da lisina (TEL). Já as demais variáveis avaliadas não foram influenciadas. Durante a realização do experimento foi verificado 100% de sobrevivência para todos os tratamentos. Os níveis de lisina digestível estudados foram insuficientes para proporcionar a máxima resposta para todas as variáveis avaliadas. Entretanto foi observado resultado satisfatório para taxa de crescimento específico (TCE) (Tab. 2).

Os resultados para TCE foram superiores aos 0,8% encontrado para o tambaqui no estudo realizado por Oishi *et al.* (2010) para juvenis de peso inicial de  $46,4 \pm 6,3 \text{g}$ . Superior a 1,99% observado por Lemos *et al.* (2011) para juvenis de peso médio inicial de  $7,71 \pm 0,17 \text{g}$ . Polese *et al.* (2010), avaliando o efeito de diferentes granulometrias do milho da ração no desempenho de juvenis de pacu, para animais de peso inicial de 8,6 g, observou taxa de crescimento específico de 1,14%.

Tabela 2. Valores médias  $\pm$  desvio padrão para as variáveis sobrevivência (S), peso (P), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura (A), ganho de peso (GP), índice hepatossomático (IHS), índice de gordura visceral (ICV), taxa de crescimento específica (TCE) e consumo de ração (CR) para os juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de lisina digestível.

Variáveis	Lisina digestível (%)				CV (%)
	1,15	1,45	1,75	2,05	
S (%)	100,00 $\pm$ 0,0	100,00 $\pm$ 0,0	100,00 $\pm$ 0,0	100,00 $\pm$ 0,0	-
P (g) <sup>ns</sup>	26,30 $\pm$ 0,9	34,11 $\pm$ 3,6	30,28 $\pm$ 5,7	38,36 $\pm$ 3,1	17,57
CT* <sup>1</sup> (cm)	11,35 $\pm$ 0,2	11,78 $\pm$ 0,4	12,05 $\pm$ 0,6	12,65 $\pm$ 0,6	5,56
CP (cm) <sup>ns</sup>	8,97 $\pm$ 0,1	9,64 $\pm$ 0,3	9,48 $\pm$ 0,5	10,10 $\pm$ 0,2	5,63
A (cm) <sup>ns</sup>	4,61 $\pm$ 0,1	4,91 $\pm$ 0,1	4,75 $\pm$ 0,1	5,19 $\pm$ 0,1	5,43
GP (g) <sup>ns</sup>	23,22 $\pm$ 1,0	31,12 $\pm$ 3,6	27,30 $\pm$ 5,7	35,33 $\pm$ 3,0	19,37
IHS <sup>ns</sup>	1,98 $\pm$ 0,1	2,16 $\pm$ 0,4	1,95 $\pm$ 0,6	2,02 $\pm$ 0,1	19,75
IGS <sup>ns</sup>	1,32 $\pm$ 0,3	1,03 $\pm$ 0,2	0,98 $\pm$ 0,3	0,92 $\pm$ 0,1	28,04
TCE (%) <sup>ns</sup>	3,57 $\pm$ 0,1	4,05 $\pm$ 0,1	3,86 $\pm$ 0,2	4,22 $\pm$ 0,1	7,52
CR (g) <sup>ns</sup>	23,20 $\pm$ 1,2	24,60 $\pm$ 5,8	23,42 $\pm$ 6,2	25,26 $\pm$ 9,0	24,19
C <sup>2</sup> (mg.dia <sup>-1</sup> )	6,00 $\pm$ 0,3	8,47 $\pm$ 1,93	8,73 $\pm$ 2,4	11,79 $\pm$ 4,1	36,02

Análise de Variância= <sup>ns</sup>Não significativo; \*significância (P<0,05). <sup>1</sup>Efeito linear (P= 0,005;  $\hat{Y}$ = 1,3929x+9,7357, R<sup>2</sup> = 0,9997); <sup>2</sup>Efeito linear (P= 0,008;  $\hat{Y}$ = 5,877x-0,6486; R<sup>2</sup> = 0,9201).

A divergência nos valores obtidos para TCE entre os trabalhos podem estar relacionadas ao crescimento acelerado observado em animais nas fases iniciais de desenvolvimento. A temperatura da água também é um fator particular de cada experimento, podendo influenciar na resposta de crescimento dos peixes. Outra possível explicação seria a composição da dieta basal. De maneira geral, os elevados valores para TCE obtidos no presente estudo indicam que as dietas ficaram próximas aos requerimentos do tambaqui.

O consumo de lisina apresentou efeito linear crescente (P<0,05) em função dos níveis de lisina digestível (Tab. 2). Tal resultado era esperado devido o aumento da suplementação desse aminoácido na dieta. Não foi observado efeito dos níveis de lisina no consumo de ração (Tab. 2). Conforme apresentado por Wilson (2003) a ingestão de dietas desbalanceadas poderia levar a redução do consumo devido à concentração de aminoácido na circulação. Essa situação resultaria no aumento na



degradação de proteína endógena no fígado e o aumento da retenção dos aminoácidos limitantes, sendo verificada uma redução na quantidade de aminoácidos disponível nos tecidos periféricos como o músculo. Dessa maneira há queda significativa na síntese de proteína. Tanto o desequilíbrio de aminoácidos no plasma sanguíneo como no músculo são responsáveis pela regulação do apetite e do consumo.

O índice hepatossomático e o índice de gordura visceral não foram influenciados ( $P > 0,05$ ). O desbalanceamento dos aminoácidos em relação às exigências reais poderia resultar no catabolismo dos aminoácidos excedentes e conseqüente, maior demanda de utilização do fígado, o que poderia resultar em hiperplasia. O índice hepatossomático vem sendo utilizado para compreensão do grau de higidez e bem estar dos peixes por ser um indicador do estado fisiológico dos animais (ITUASSÚ, *et al.*, 2005; TAVARES-DIAS, *et al.*, 2008).

Em estudo com o tambaqui alimentado com diferentes dietas comerciais (28% de proteína bruta), foi observada alterações no índice de gordura visceral em função da qualidade da dieta ofertada (FERNANDES *et al.*, 2010). O índice hepatossomático e índice de gordura visceral também foram influenciados pela substituição do farelo de soja pelo farelo de coco (LEMOS, *et al.* 2011). Entretanto, foi observado para tambaquis em ambiente natural, tendência de aumento da quantidade de gordura visceral em função da disponibilidade de frutos e sementes consumidos e estação reprodutiva. No período da seca foi constatada menor ocorrência de estômagos cheios e maior quantidade de gordura visceral (acima de 10% do peso corporal) (SILVA, *et al.* 2000).

Foi observado aumento linear na taxa de eficiência proteica ( $P < 0,05$ ) até o nível de 2,05% de lisina digestível (Fig. 1). Com base nos resultados obtidos, podemos inferir que o aumento do nível de lisina favoreceu a taxa de eficiência proteica. A melhora na taxa de eficiência proteica pode ser atribuída a substituição do glutém de milho 60% pela farinha de peixe realizado para obter os diferentes níveis de lisina digestível. Tal resposta pode ser atribuída a maior disponibilidade dos nutrientes presente na farinha de peixe em relação ao glutém de milho 60% (TEIXEIRA *et al.*, 2006).

A redução da eficiência de utilização da lisina em função do aumento do nível de lisina digestível ( $P < 0,05$ ), já era esperada, devido o aumento da suplementação desse aminoácido na dieta (Fig. 1). Tais resultados são semelhantes ao observado

em estudos com tilápia alimentas com níveis crescentes de lisina digestível (FURUYA *et al.* 2006; BOMFIM *et al.* 2010).

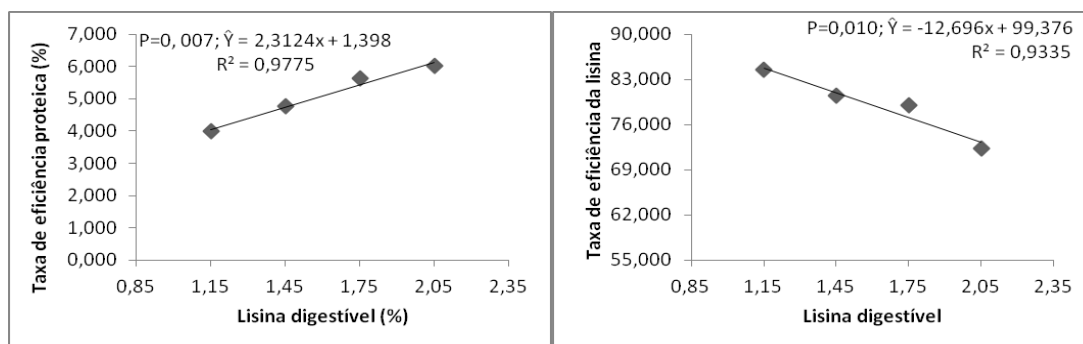


Figura 1. Efeito dos níveis de lisina digestível na taxa de eficiência proteica (CV= 28,15%) e na taxa de eficiência da lisina (CV= 20,80%).

A piora na eficiência de utilização de lisina dos peixes alimentados com rações suplementadas com aminoácidos sintéticos pode ser atribuída a maior velocidade de absorção, conseqüentemente, elevação das concentrações plasmáticas, acarretando no desequilíbrio a nível celular (GAYLORD e BARROWS, 2009), à possibilidade lixiviação dos aminoácidos no ambiente aquático; ou ao desbalanceamento do perfil aminoácido dietético (LANNA e BOMFIM, 2004).

Comparando os estudos realizados no Brasil que determinaram o requerimento em lisina digestível para tilápia com os níveis avaliados no presente estudo, pode-se inferir que o requerimento de lisina digestível requerido pelo tambaqui é superior as recomendações definidas para a tilápia. Furuya *et al.* (2004) determinaram exigência de 1,42% de lisina em rações para tilápia na fase de terminação. Furuya *et al.*, (2006) concluíram para melhor desempenho, o nível de 1,44% de lisina digestível. Bomfim *et al.*, (2010) determinaram 1,70% de lisina digestível para os melhores resultados de desempenho para animais de peso inicial de 1,12g. Furuya *et al.* (2013) estimaram que a tilápia na faixa de peso entre 87 a 226g necessita de 1,31% de lisina digestível.

Os resultados apresentados demonstraram a necessidade da realização de novos estudos específicos para tambaqui. A exigência em lisina digestível não foi completamente atendida, entretanto as melhores respostas para comprimento total e

taxa de eficiência proteica foram obtidas com o nível de 2,05% de lisina digestível, correspondente a 8,2% da proteína bruta.

### **Conclusões**

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que o nível de 2,05% de lisina digestível pode ser usado na formulação de dieta para tambaqui, no entanto há necessidade da realização de novos estudos, uma vez que o requerimento não foi completamente atendido.

### **Referências**

ABIMORAD, E.G.; CASTELLANI, D. Exigências nutricionais de aminoácidos para o lambari-do-rabo-amarelo baseadas na composição da carcaça e do músculo. Bol. Inst. Pesca, v.37, n.1, p.31-38, 2011.

ARARIPE, M.N.B.A; ARARIPE, A.H.G.; LOPES, J.B., *et al.*, Redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos em rações para alevinos de tambatinga, Rev. Bras. Zootec., v.40, n.9, p.1845-1850, 2011.

BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L. *et al.*, Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. Rev. Bras. Zootec., v. 39, n. 1, p. 1-8, 2010.

FERNANDES, T.R.C.; DORIA, C.R.C.; TAVARES, J. *et al.*, Características de carcaça e parâmetros de desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*, cuvier, 1818) em diferentes tempos de cultivo e alimentado com rações comerciais, Bol. Inst. Pesca, v. 36, n. 1, p. 45 – 52, 2010.

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; SANTOS, V.G. *et al.* Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, p. 1933-1937, 2006.

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; SANTOS, V.G. *et al.* Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Ver. Bras. de Zootec., v. 34, p. 1933-1937, 2006.

FURUYA, W. M.; SILVA L.C.; NEVES, P.R., *et al.* Exigência de metionina + cistina para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Cienc. Rural, v. 34, n. 6, p. 1933-1937, 2004.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G. *et al.*, Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev. Bras. Zootec., v. 34, n.5, p.1433-1441, 2005.

FURUYA, W.M.; MICHELATO, M.; GRACIANO, T.S. *et al.*, Exigência de lisina digestível para a tilápia-do-Nilo de 87 a 226 g alimentada com dietas balanceadas para a relação arginina:lisina, Cienc. Agr., v. 34, n. 4, p. 1945-1954, 2013.

GAYLORD, T. G.; BARROWS, F.T., Multiple amino acid supplementations to reduce dietary protein in plant-based rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, feeds, Aquacul., n. 287 p. 180–184, 2009.

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. *et al.* Relação lisina digestível:proteína digestível em rações para tilápias-do-nilo. Rev. Bras. Zootec, v.38, n.12, p.2299-2305, 2009.

GUTIÉRREZ, F.W.A.; ZALDÍVAR, J.R.; CONTRERAS, G.S. Efecto de varios niveles ITUASSÚ, D.R.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. *et al.*, Desenvolvimento de tambaqui submetido a periodos de privação alimentar. Pes. Agropec. Brasil., v.40, n.3, p.255-259, 2005.

LANNA, E. A. T.; BOMFIM, M. A. D.; Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes, Nutrit. Versão Eletrônica . v.1, nº1, p. 20-30, 2004.

LEMO, M.V.A; GUIMARÃES, I.G.; MIRANDA, E.C., Farelo de coco em dietas para o tambaqui (*Colossoma macropomum*), Ver. Bras. Saud. Prod. Ani., v.12, n.1, p.188-198, 2011.

MPA, Boletim estatístico da pesca e aquicultura no Brasil, Ministério da Pesca e Aquicultura, 2010.

MUÑOZ-RAMÍREZ, A.P.; CARNEIRO, D.J. Suplementação de lisina e metionina em dietas com baixo nível protéico para o crescimento inicial do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg). Acta Scient., v. 24, p. 909-916, 2003.

OISHI, C.A.; NWANNA, L.C.; PEREIRA-FILHO, M., Optimum dietary protein requirement for Amazonian tambaqui, *Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818, fed fishmeal free diets. Acta Amazonica, v. 40, p.757-762. 2010.

OLIVEIRA, R.P.C.; SILVA, P.C.; PADUA, D.M.C. *et al.*, Efeitos da densidade de estocagem sobre a qualidade da água na criação do tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) durante a segunda alevinagem, em tanques fertilizados, Cien. Animal Brasil., v. 8, n. 4, p. 705-711, 2007.

PEREIRA, L.P.F.; MERCANTE, C.T.J.. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. uma revisão, Bol. Inst. Pesca, v. 31, n. 1, p. 81-88, 2005.

POLESE, M.F; VIDAL JUNIOR, M.V.; MENDONÇA, P.P. *et al.*, Efeito da granulometria do milho no desempenho de juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.62, n.6, p.1469-1477, 2010.

SILVA, J.A.M. da; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I., Seasonal variation of nutrients and energy in tambaqui's (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) natural food. Ver. Bras. Biol., v. 60, p. 599-605, 2000.

SILVA, J.A.M.; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I., Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporados em rações. Digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal. Rev. Bras. Zootec., v. 32, p. 1815-1824. 2003.

TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.AT.; DONZELE, J.L., Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo, Rev. Bras. Zootec., v.38, n.11, p.2099-2105, 2009.

TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J.L.; LEMOS, J.R.G, *et al.*, Índices de condição corporal em juvenis de (Spix & Agassiz, 1829) e *Colossomoma macropomum* (CUVIER, 1818) na Amazônia, Bol. Inst. Pesca, v.34, n. 2, p. 197- 204, 2008.

TEIXEIRA, E.A; CREPALDI, D.V.; FARIA, P.M.C. *et al.* , Substituição de farinha de peixes em rações para peixes. Rev. Bra. Repro. Ani., v.30, n.3/4, p.118-125, 2006.

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