

Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós Graduação em Ciência Animal

**RELAÇÃO DA METIONINA MAIS CISTINA COM A LISINA
EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum*)**

FLÁVIO OLIVEIRA SOUZA

CHAPADINHA – MA
2014

FLÁVIO OLIVEIRA SOUZA

**RELAÇÃO DA METIONINA MAIS CISTINA COM A LISINA
EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

CHAPADINHA - MA

2014

Souza, Flávio Oliveira

Relação da Metionina mais cistina com a lisina em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macromum*) Chapadinha-Ma. / Flávio Oliveira Souza – Chapadinha, 2014.

49f.: il

Impresso por computador: fotocópia

Orientador: Prof^o. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Maranhão, 2014.

1. Lisina digestível 2. Aminoácidos industriais. 3. Nutrição Protéica
4. Proteína ideal I. Título

CDU 639.3.043

Flávio Oliveira Souza

**RELAÇÃO DA METIONINA MAIS CISTINA COM A LISINA
EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TAMBACUI (*Colossoma
macropomum*)**

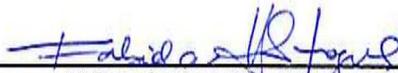
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Aprovado em: 27/03/2014.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão



1ª Examinadora Dra. Fabiana Helena dos Santos Fogaça
Embrapa Meio Norte



2º Examinador Prof. Dr. Zinaldo Firmino da Silva
Universidade Federal do Maranhão

*“Tudo que um sonho precisa para ser realizado
é alguém que acredite que ele possa ser realizado.”
(Roberto Shinyashiki)*

A Deus por todas as bênçãos em minha vida.

Aos meus pais, Maria José Oliveira Souza e Mirócles Freitas Souza (*in memoriam*), que sempre confiaram em mim e dedicaram toda a sua vida a minha educação e a de meus irmãos, nos ensinando o verdadeiro significado de humildade e perseverança. Obrigado por tudo e saudades eternas de meu pai.

Aos meus irmãos e sobrinhos que sempre acreditaram em meu potencial e me apoiaram e incentivaram em todos os momentos.

Todo meu amor e essa conquista

Dedico a vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre iluminar meus caminhos e me dar força para correr atrás de meus sonhos.

A coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, por todas as oportunidades a mim proporcionadas e em especial ao Prof. Dr. Lívio pelos conselhos e oportunidades.

Ao Professor Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim, por aceitar minha orientação, e por sua confiança, dedicação, ensinamentos, motivação e amizade. É um exemplo de profissionalismo e ética, colaborando com meu crescimento profissional e pessoal.

Ao Professor Dr. Felipe Barbosa Ribeiro, por ceder às instalações do Laboratório de Alimentação e Nutrição de Organismos Aquáticos do Maranhão.

Ao Professor Dr. Jefferson Costa de Siqueira pela grande ajuda nas análises estatísticas.

Aos colegas: Thales Jose Rego de Sousa, Karina da Costa Coelho, Amós Silva Feitosa e Luan de Sousa Lima, pela ajuda que foi de fundamental importância para a execução deste trabalho.

Aos amigos: Diego Amorim do Santos, Carlos Eduardo Martins de Lima e Sônia de Sousa Silva Lima que me apoiaram, incentivaram e me acolheram em todo esse processo.

A Dra. Fabíola Helena dos Santos Fogaça e ao senhor Expedito Barbosa dos Santos (o Delegado) pela colaboração na realização das análises no Laboratório de Análises de Alimento da Embrapa Meio Norte.

A minha namorada Barbara Thais Sousa Amaral por todo apoio, companheirismo e incentivo.

E a todos que contribuíram de uma forma direta ou indiretamente para a realização desse trabalho e conclusão de mais esta fase em minha vida.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	5
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	5
2. OBJETIVO GERAL.....	12
REFERÊNCIAS	13
CAPÍTULO 2 – RELAÇÃO DE METIONINA MAIS CISTINA COM A LISINA EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI (<i>Colossoma macropomum</i>).....	21
ANEXOS.....	40

RESUMO

Objetivou-se determinar a relação da metionina mais cistina com a lisina em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Foram utilizados 600 alevinos de tambaqui de dois pesos iniciais distintos, $0,28 \pm 0,08\text{g}$ e $0,94 \pm 0,33\text{g}$, em experimento com delineamento em blocos ao acaso (critério em função do peso médio inicial), composto por seis tratamentos, cinco repetições em dois blocos, e vinte peixes por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de seis rações experimentais isolisínicas digestíveis (1,45%), isoenergéticas, isofosfóricas e isocálcicas, contendo diferentes relações de metionina mais cistina com a lisina digestível (50, 55, 60, 65, 70 e 75%). Os peixes foram mantidos em caixas de polietileno de 1.000 litros dotados de abastecimento de água e aeração individuais, e foram alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias durante 45 dias. Avaliaram-se parâmetros de desempenho, composição corporal, deposição de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. O aumento da relação de metionina mais cistina:lisina digestível da dieta influenciaram na taxa de crescimento específico, na conversão alimentar, no consumo de metionina mais cistina digestíveis e no teor de gordura corporal dos peixes. Os efeitos foram quadráticos para as duas primeiras, melhorando essas variáveis até a relação metionina mais cistina:lisina digestível de 64,4% e 64,8%. O consumo de metionina mais cistina digestível aumentou e o teor de gordura corporal reduziu linearmente com a elevação da relação metionina mais cistina:lisina digestível. A relação metionina mais cistina com a lisina digestível recomendada nas rações para alevinos de tambaqui é de 64,8%, que corresponde ao nível de metionina mais cistina digestível de 0,94% (0,313% Mcal de ED).

Palavras-chave: lisina digestível, aminoácidos industriais, fase inicial, nutrição proteica, proteína ideal.

ABSTRACT

The aim was to determine the methionine plus cystine with lysine ratio in diets for tambaqui (*Colossoma macropomum*) fingerlings. Six hundred tambaqui fingerlings of two distinct initial weights, $0.28 \pm 0.08\text{g}$ and $0.94 \pm 0.33\text{g}$, were used in an experiment with randomised block design (criterion dependent upon initial average weight) composed of six treatments, five repetitions in two blocks and twenty fish per experimental unit. The treatments consisted of six experimental diets isolysin digestible (1.45%), isoenergetic, isophosphorus and isocalcium containing different methionine plus cystine with digestible lysine ratio (50, 55, 60, 65, 70 and 75%). The fish were kept in 1,000 litre polyethylene tanks, equipped with individual aeration and water supplies, and were fed *ad libitum* in six daily meals for 45 days. Performance parameters, body composition, protein and body fat deposition and the efficiency nitrogen retention of the fishes were evaluated. The increase of the dietary digestible methionine plus cystine:lysine ratio in the diet affected the specific growth rate, feed:gain ratio, digestible methionine plus cystine intake and the body fat of the fishes. The effects were quadratic for the first two, with these variables improving up to methionine plus cystine:lysine ratio of 64.4% and 64.8%. The digestible methionine plus cystine intake increased and body fat decreased linearly with increase of methionine plus cystine:lysine ratio. The methionine plus cystine with lysine digestible ratio recommended in diets for tambaqui fingerlings is 64.8%, which corresponds the level of digestible methionine plus cystine of 0.94% (0.313% Mcal of ED).

Keywords: digestible lysine, industrial amino acids, initial phase, protein nutrition, ideal protein.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os alimentos provenientes da pesca e aquicultura representam 15,3% do total da proteína animal consumida no mundo. O consumo de peixe tem aumentado consideravelmente nas últimas cinco décadas, com taxa média de crescimento anual de 3,2 % no período de 1961 a 2009, superando a taxa de crescimento da população mundial de 1,7%. No mesmo período, a oferta global de peixes comestíveis *per capita* aumentou, em média, de 9,9 kg para 18,4 kg (peso vivo equivalente) (FAO, 2010).

A aquicultura é o setor de produção de alimentos que teve o maior crescimento no mundo. Por esse motivo, esta atividade tem contribuído para assegurar o fornecimento mundial de peixes em função da redução dos estoques pesqueiros, apresentando uma produção aquícola de 67 milhões de toneladas em 2012 e de 70 milhões de toneladas em 2013, representando 44% da produção total de peixes e 49% do pescado destinado para o consumo humano (ONU, 2014).

No Brasil, apenas em 1990 firmou-se como uma atividade econômica apresentando, desde então, taxas de crescimento de produção significativas. No período entre os anos de 2007 a 2009 registrou-se um crescimento na produção de 60,2% e, em 2010, apresentou uma produção aproximada de 479 mil toneladas. Apesar deste aumento significativo, o Brasil encontra-se apenas na décima oitava posição mundial entre os produtores de pescado cultivado (MPA, 2011).

A criação de espécies nativas foi incrementada em função da criação do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), em 1993. O objetivo do DNOCS era desenvolver pesquisas para melhorar os sistemas de reprodução, larvicultura, produção de juvenis, ecologia em grandes açudes e criação de determinadas espécies nativas com potencial zootécnico, com destaque para espécies provenientes da região amazônica (CRESCENCIO, 2005).

O tambaqui é um peixe da classe Osteichthyes, subclasse Actinopterygii, família Characidae e subfamília Serrasalminae, sendo originária da América do Sul, especificamente das bacias dos rios Amazonas e Orinoco. É uma espécie tropical, considerada a segunda maior espécie de peixe de escama de água dulcícola, perdendo apenas para o pirarucu

Arapaima gigas (SCHINZ, 1822). Atualmente, é a espécie nativa mais produzida e comercializada no Brasil, apresentando, em 2011, produção de 111.084,1 toneladas (MPA, 2011).

A sua criação está difundida em diversas regiões do Brasil e de países do continente sul-americano (GOMES; ARAUJO-LIMA, 2010). Esta espécie destaca-se por seu elevado potencial produtivo, valor comercial, fácil manuseio, rápido crescimento e por possuir hábito alimentar onívoro/frugívoro/zooplancetófago, possibilitando a utilização de rações comerciais na sua criação (Silva et al., 2007; DAIRIKI; SILVA, 2011). Essas características vêm estimulando a realização de pesquisas que objetivam o aprimoramento das tecnologias de sua produção (Melo et al., 2001; Chagas et al., 2003; Izel et al., 2004).

A nutrição de peixes ainda é uma das áreas carentes da piscicultura brasileira, juntamente com melhoramento genético, sanidade e parâmetros de qualidade da água (Ostrensky et al., 2008). Na piscicultura intensiva, a alimentação é responsável pela maior parte dos custos da produção, podendo corresponder a até 80% (EL-SAYED, 1999). Por sua vez os alimentos protéicos são os mais onerosos na formulação de uma ração, somando-se ao fato dos peixes apresentarem maior exigência dietética desse nutriente em relação a aves e suínos (Meurer et al., 2003; Furuya et al., 2004; Santos et al., 2009).

A proteína é o nutriente que mais tem influenciado nos indicadores de desempenho produtivo dos peixes. De acordo com Thoman et al. (1999) a utilização de dietas contendo níveis de proteína adequados em balanceamento com os demais nutrientes e energia, proporciona aumento da retenção de nutrientes pelos peixes, diminuindo as perdas de nitrogênio ao ambiente e os custos de produção. Por outro lado, em níveis dietéticos sub-ótimos prejudica o desempenho, e a utilização de dietas com níveis excessivos não garante uma melhoria adicional de desempenho, aumentando a excreção nitrogenada ao meio (BEVERIDGE, 2004). Assim, os pesquisadores têm buscado informações para a elaboração de dietas que proporcionem a máxima eficiência na conversão da proteína dietética em proteína muscular, buscando otimizar o desempenho com menor exceção nitrogenada (Sá et al., 2008; Bomfim et al., 2008; Feiden et al., 2009).

Por outro lado, a qualidade protéica de rações é dependente do perfil de aminoácidos. Segundo Van der Meer et al. (1996), o escore químico seria um dos índices que se poderia estabelecer a relação entre a composição da proteína da ração e sua qualidade nutricional, quando comparada com o perfil de aminoácidos de uma proteína de referência

(por exemplo, a do músculo da espécie estudada), possibilitando estimar os aminoácidos que podem estar limitantes para o crescimento da espécie.

Os níveis de proteína devem assegurar quantidades mínimas de aminoácidos para atender uma espécie em particular. As exigências em proteína podem variar de acordo o peso corporal, idade e espécies (FRACALOSSI; CYRYNO, 2013), como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Exigência em proteína para algumas espécies de peixes tropicais.

Peixe	Peso (g)	Proteína Bruta (%)	Referência
Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	0,01-0,132	38,68*	Hayashi et al. (2002)
Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	05-10	28,7*	Furuya et al. (1996)
Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	0,80-15,5	28,0*	Bomfim et al. (2008)
Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	4,5-125	27,31*	Furuya et al. (2005)
Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	100-500	25,11*	Righetti et al. (2011)
Jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)	1,50-10	33,0	Meyere e Fracalossi. (2004)
Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	14-320	250	Bechara et al. (2005)
Pintado (<i>Pseudoplasystoma corruscans</i>)	16-44	32,0	Carneiro e Gonçalves. (2002)
Pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>)	126,6-354,1	48,6	Itaussú et al. (2005)
Dourada (<i>Salminus brasiliensis</i>)	075-3,4	45,4	Teixeira et al. (2010)

*Com base em valores de proteína digestível
Fonte: Adaptado de Fracalossi e Cyrino (2013).

Resultados de pesquisas têm demonstrado que existe a viabilidade da redução dos níveis de proteína em dietas para peixes, utilizando, adicionalmente, fontes mais baratas de proteína e ingredientes de origem vegetal, suplementados com aminoácidos (NRC, 2011).

Isto se deve pelo fato de que os peixes não possuem exigência verdadeira de proteína, mas de um balanceamento quantitativo de aminoácidos essenciais e não-essenciais. Neste sentido, uma dieta formulada com base em proteína bruta pode não atender às necessidades nutricionais para todos os aminoácidos (CRAIG; HELFRICH, 2009; BARROS, 2010). Desta forma, a determinação da exigência de cada aminoácido se faz necessária para a formulação de rações que favoreçam uma maior eficiência de retenção protéica, produtividade e capacidade de suporte dos sistemas de produção (FURUYA, 2001; CHO; BUREAU, 2001; Twibell, et al., 2003; Marcouli et al., 2006).

Podemos encontrar 20 aminoácidos nas proteínas, onde dez são considerados essenciais, a arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, valina, fenilalanina, treonina, lisina e triptofano (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994). Dentre os aminoácidos essenciais, destacam-se a lisina, metionina, treonina e o triptofano, porque podem estar limitantes em

fontes proteicas utilizadas na formulação de rações para peixes, em especial as alternativas à farinha de peixe (Pezzato et al., 2009).

A metionina é um aminoácido sulfurado, que atua na síntese protéica e desempenha funções fisiológicas importantes, além de ser essencial para o crescimento dos peixes (Teshima et al., 2002; Alam et al., 2005). Uma das principais funções deste aminoácido é atuar como doador de grupos metil, para uma variedade de substratos incluindo ácidos nucleicos, proteínas, fosfolipídios e aminas biogênicas (Mato et al., 1997), sendo considerado o primeiro aminoácido limitante em rações à base de farelo de soja e milho.

A exigência de metionina para peixes cultivados têm sido amplamente investigada, apresentando uma variação entre 1,8% e 3,2% do teor de proteína da ração (WILSON, 2002; NRC, 2011). Um dos sinais de sua deficiência em peixes é a baixa taxa de sobrevivência, embora também seja comum o aparecimento de catarata, redução no ganho de peso e eficiência alimentar, e maior propensão de ataques por fungos (Kelly et al., 2006; Espe et al., 2008). A suplementação com metionina pode melhorar a atividade hepatossomática, bem como das enzimas glutamiltransferase intestinal e creatinaquinase (Espe et al., 2008; Tang et al., 2009).

A determinação dos níveis de metionina, entretanto, deve estar vinculada aos de cistina, que, em níveis subótimos, é sintetizado utilizando a metionina como precursor. Consequentemente a concentração desse aminoácido não-essencial pode interferir na disponibilidade da metionina para deposição de proteína corporal. A cistina é um aminoácido dimérico formado pela oxidação de duas moléculas de cisteína unidas por uma ponte dissulfeto (LEWIS, 2003); e seu teor pode variar entre 50 a 70% da concentração de metionina (GOFF; GATLIN III, 2004; Tang et al., 2009).

Como há carência de informações relativas às exigências em aminoácidos em rações para o tambaqui, tem-se procurado estimá-los utilizando como critério de referência a composição corporal do tambaqui (Van der Meer, 1996) ou levando-se em consideração ao obtido para outras espécies de peixe (MEYER; FRACALOSSO, 2005), com como demonstrado na Tabela 2.

Entretanto, há de se destacar que a utilização do padrão aminoacídico dietético determinado para uma espécie de peixe pode não ser representativo do ideal para outra espécie de peixe (Akiyama et al., 1997). Além disso, estudos que visaram estimar o padrão aminoacídico corporal como referência para formulação do perfil aminoacídico dietético para

uma mesma espécie apresentaram resultados conflitantes, como observado nos estudos conduzidos com tilápia do Nilo por Fagbenro (2000), Furuya (2000) e Teixeira et al. (2004).

Pesquisas realizadas com trutas arco-íris (GREEN; HARDY, 2002) e com salmão do Atlântico (Rollin et al., 2003) demonstraram que, o uso do padrão aminoacídico corporal como base para o padrão aminoacídico dietético pode não ser o indicativo do padrão ideal protéico, uma vez que a proporção dos aminoácidos utilizada para os processos de crescimento difere daquela utilizada para manutenção (BOMFIM, 2008).

Tabela 2. Exigências nutricionais de aminoácidos essenciais (AAE) para o bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), jundiá (*Rhamdia quelen*) e estimativa da exigência em aminoácidos para o tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Exigências					
Aminoácido	Bagre do canal ¹	Tilápia ²	Jundiá ³	Tambaqui ⁴	Tambaqui ⁵
% da Proteína					
Arginina	4,3	4,2	5,5	6,75	5,8
Histidina	1,5	1,7	2,0	2,38	2,0
Isoleucina	2,6	3,1	5,5	4,56	3,9
Leucina	3,5	3,4	9,2	7,66	6,6
Lisina	5,1	5,2	5,1	8,34	7,2
Metionina	---	2,7	---	2,54	2,2
Metionina+cistina	2,3	3,2	4,3	---	---
Fenilalanina	---	3,7	---	4,16	3,6
Fenilalanina+tirosina	5	5,5	6,2	---	---
Treonina	2,2	3,7	5,0	4,59	4,0
Triptofano	0,5	1,0	1,0	---	---
Valina	3,0	2,8	5,3	5,15	4,4
Total de AAE	30,00	40,3	49,1	46,13	39,8

¹Wilson e Poe (1985).

²Santiago e Lovell (1988).

³Montes-Girão e Fracalossi (2005).

⁴ Estimativa da exigência em aminoácidos essenciais (AAE) para tambaqui (% da proteína). Van Der Merr et al (1997).

⁵Exigência estimada pela fórmula = [(AAE do tambaqui) x (média total de AAE das espécies utilizadas)] / média do total de AAE.

Fonte: Adaptado de Fracalossi e Cyrino (2013).

Desta forma, a utilização desse critério para estimativa das exigências dietéticas dos aminoácidos deve ser de caráter interino para espécies em que ainda não foram determinadas suas exigências em experimento de dose-resposta (GREEN; HARDY, 2002; Rollin et al., 2003; Bicudo; Cyrino, 2009; Montes-Girão 2006).

O termo proteína ideal define-se como uma mistura de aminoácidos com total disponibilidade de digestão e metabolismo em níveis adequados para a produção e manutenção, favorecendo a deposição de proteína com maior eficiência pelos animais (PARSONS;BARKER, 1994). Este conceito baseia-se na hipótese de que embora as exigências quantitativas dos aminoácidos possam ser alteradas por inúmeros motivos, suas

proporções podem permanecer estáveis (MACK, 1998), e que os aminoácidos essenciais devem ser expressos em proporções ideais ou relacionados a um aminoácido de referência (BOMFIM, 2006). A lisina é utilizada como aminoácido de referência por ser exclusivamente para a síntese protéica, por sua disponibilidade comercial na forma sintética e por seu preço baixo (MIYADA, 2001; BOISEN, 2003; Pezzato et al., 2004).

Esse conceito teve uma aplicabilidade inicial para suínos, tendo em vista que suas exigências quantitativas de aminoácidos constantemente se alteram devido a melhoramentos genéticos obtidos, proporcionando uma dificuldade de obterem-se todas as exigências de aminoácidos com experimentos de dose-resposta (MACK, 1998).

A quantificação das exigências dos aminoácidos geralmente é feita através de experimentos de dose-resposta, sendo o ganho de peso o principal critério de resposta para a determinação das exigências dietéticas (WILSON, 2002; NRC, 2011). Nos experimentos são utilizados rações com nível de proteína abaixo da exigência com a suplementação dos aminoácidos limitantes na forma industrial, com exceção do aminoácido avaliado (ração basal). Para a formação dos demais tratamentos, o aminoácido a ser avaliado é gradativamente suplementado à ração basal (BOMFIM, 2010). Entretanto, a fixação dos níveis dos aminoácidos não avaliados nas rações pode limitar a resposta dos animais em níveis mais elevados do aminoácido avaliado, tornando sua exigência subestimada (Bomfim et al., 2010).

Segundo Lemme (2013) há uma grande possibilidade de esta situação ocorrer, pois as informações da capacidade genética de crescimento dos peixes ainda são incipientes. Também há necessidade de estabelecer um padrão nas condições experimentais para os diferentes ensaios de cada aminoácido avaliado, assim fazendo com que os resultados possam ser comparados. Para minimizar essas imprecisões, têm-se utilizado o conceito de proteína ideal na formulação de rações experimentais (Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2008; Bomfim et al, 2010).

Em pesquisas com tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), Furuya et al. (2001), Bomfim et al. (2008) e Quadros et al. (2009), estimaram as relações de metionina mais cistina:lisina digestível de 61, 59,5 e 60% respectivamente. Araripe (2009), em experimento com tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachipomum*), recomendaram a relação de metionina mais cistina:lisina digestível em rações para a espécie de 38,0%.

Como no conceito de proteína ideal os demais aminoácidos essenciais são relacionados em função da lisina, nos experimentos para determinação da relação de

determinado aminoácido essencial:lisina, os níveis de lisina devem ser fixados em valores considerados sub-ótimos, para assegurar que ele seja o segundo aminoácido limitante da ração basal; e os demais aminoácidos essenciais em quantidades, ou relações aminoácido:lisina, superiores aos valores de exigência reportados na literatura (Bomfim et al., 2008).

Diante do exposto, justifica-se a necessidade de determinar a relação de metionina mais cistina com a lisina em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

2. OBJETIVO GERAL

Determinar a relação da metionina mais cistina com a lisina em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

REFERÊNCIAS

ALAM, M.S.; TESHIMA, S.; ISHIKAWA, M. et al. Supplemental effects of coated methionine and/or lysine to soy protein isolate diet for juvenile Kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicas*. **Aquaculture**, v.248, p.13-19, 2005.

ARARIPE, M.N.B.A. **Redução da proteína bruta e relações metionina+cistina e treonina digestíveis com a lisina digestível em rações para alevinos de tambatinga**. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina/PI, 2009.

AKIYAMA, T.; OOHARA, T.; YAMAMOTO, T. Comparison of essential amino acid requirements with A/E ratio among fish species (review paper). **Fisheries Science**, v.63, p.963-970, 1997.

BARROS, A. F. **Análise sócio econômica e zootécnica da piscicultura na microrregião da baixada Cuiabana – MT**. Tese (Doutorado em Aquicultura) Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, Jaboticabal/SP, 2010.

BECHARA, J. A.; ROUX, J. P.; DIAZ, F. J. R.; QUINTANA, C. I. F.; MEABE, C. A. L. The effect and feed utilization efficiency of pacu *Piractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Aquaculture Research**, v.36, p.546-553, 2005.

BEVERIDGE, M. C. M. **Cage aquaculture**. 3th ed. United Kingdom: Blackwell, 2004, p. 159 – 163.

BISCUDO, A. J. A.; CYRINO, J. E. P. Estimating amino acid requirement of Brazilian freshwater fish from muscle amino acid profile. **Journal of the World Aquaculture Society** v.40, n.6, p.818-832, 2009.

BOISEN, S.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. **Livestock Production Science** v.64, p.239-251, 2000.

BOISEN, S. **Ideal dietary amino acid profiles for pigs**. In: Amino acid in farm animal nutrition. Wallingford: CAB International, 2003, p.157-168.

BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; SERAFINI, M. A.; RIBEIRO, F. B.; PENA, E. K. S. Proteína Bruta e Energia Digestível em Dietas para Alevinos de Curimatá (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, V.34, n.6, p.1795-1806, 2005.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; SERAFINI, M.A. et al. 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.

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 alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.37, n.10, p.1713-1720, 2008.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELLE, J.L.; QUADROS, M. RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.1-8, 2010.

CARNEIRO, D. J.; GONÇALVES, E. G. Exigência de proteína digestível em dietas praticas para pintado *Pseudoplatytoma corruscans*. **Anais do Simpósio Brasileiro de Aquicultura 12**, Goiania, GO, 2002. Resumos: 114.

CHAGAS, E.C.; LOURENÇO, J.N.P.; GOMES, L.C.; VAL, A.L. **Desempenho e estado de saúde de tambaquis cultivados em tanques-rede sob diferentes densidades de estocagem**. In: Urbinati, E.C.; Cyrino, J.E.P. (Eds.). XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Aquabio, Jaboticabal, SP. 2003. p. 83-93.

CHO, C.Y.; BUREAU, D. P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture Research** v.32, p.349-360, 2001 (Suppl.1).

COSTA, M. L. S.; MELO, F. P.; CORREIA, E. S. Efeitos de diferentes níveis protéicos da ração no crescimento na tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757), variedade chitralada, criadas em tange-rede. **Boletim do instituto de pesca**, v.35, n.2, p.285-294, 2009.

CRAIG, S.; HELFRICH, L. A. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. **Virginia Cooperative Extension Service Publication**, v.1, p.420-456, 2009.

CRESCENCIO, R. **Ictiofauna brasileira e seu potencial para criação**. In: BALDISSEROTTO, B. E GONES, L.C. (Ed.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: ed. da UFSM, 2005. Cap1. p.23-33.

DAIRIKI, J.K.; SILVA, T.B.A. DA. Revisão de literatura: **Exigências nutricionais do tambaqui compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros**.

Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. 44p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 91).

EL-SAYED, A.F.M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* **Aquaculture**, v.179, p.149-168, 1999.

ESPE, M.; HEVROY, E.M.; LIASET, B.; et al. Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, v.274, p.132–141, 2008.

FAGBENRO O.A. Validation of the essential amino acid requirements of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758), assessed by the ideal protein concept. In: Proceedings of the Fifth International Symposium on Tilapia. **Aquaculture**, v.1, p.154-156, 2000. SRG, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - **The state of world fisheries and aquaculture in 2008**. Rome: FAO, 2009.196p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - **The state of world fisheries and aquaculture 2009**. Rome: FAO, 2010. 218p.

FEIDEN, A.; SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R. et al. Exigência de proteína de alevinos de piavuçu. **Ciencia Rural**, v.39, n.3, p.859-865, 2009.

FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. **Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aqüicultura brasileira**. 1ª edição. Florianópolis – SC: Aquabio, 2013. 232p.

FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V. R. B.; MURAKAMI, A. E.; RIBEIRO, R. P. Exigencia de proteína para machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase inicial. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.18, p.307-319, 1996.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M.S. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.26, n.6, p.1912-1917, 2000 (Suplemento 1).

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B. et al. Exigências de metionina + cistina total e digestível para alevinos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), baseadas no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.885-889, 2001a.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B. et al. Exigências de metionina + cistina pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, na fase inicial. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001b. (CD-ROM).

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in diets with and without dicalcium phosphate for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, v.35, p.1110-1116, 2004.

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; MACEDO, R. M. G.; SANTOS, V. G.; SANTOS, L. D.; SILVA, T. S. C.; FURUYA, V. R. B.; SALES, E 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**. 34(5): 1433-1441, 2005.

GOFF, J.B.; GATLIN III, D.M. Evaluation of different sulfur amino acid compounds in the diet of red drum, *Sciaenops ocellatus*, and sparing value of cystine for methionine. **Aquaculture**, v.241, p.465-477, 2004.

GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; BALDISSEROTTO, B. In: **Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**, **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2ª. Ed. Editora UFSM, Santa Maria. 2010. p.175-204.

GREEN, J.A.; HARDY, R.W. The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. **Fish Physiology and Biochemistry** v.27, p.97-108, 2002.

HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; SOARES, C. M.; MEURER, F. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.823-828, 2002.

ITAUSSÚ, D. R.; PEREIRA FILHO, M.; ROUBACH, R.; CRESCENCIO, R.; CAVERO, B. A. S.; GANDRA, A. L. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.255-259, 2005.

IZEL, A.C.U.; MELO, L.A.S. 2004. **Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) tanques escavados no Estado do Amazonas**. Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 32: 20. Pereira-Filho, M. 1995. Alternativas para a alimentação de peixes em cativeiro, p. 75-82. In: Val, L. A. (Eds). Criando peixes na Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas.

KELLY, M.; GRISDALE-HELLAND, B. HELLAND, J.; GATLIN III, D.M. Refined understanding of sulphur amino acid nutrition in hybrid striped bass, *Morone chrysops* x *M. saxatilis*. **Aquaculture Research**, v.37, p.1546-1555, 2006.

LIMA, C. S. **Proteína bruta em rações para alevinos de tambaqui e sua redução com suplementação de aminoácidos**. 2013. 71p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha.

LEMME, A. **Recomendaciones de aminoácidos para carpas comunes – Avances en métodos para modelar**. AMINO News[®]. 2013. 17(1): 15-27.

LEWIS, A J. **Methionine – cystine relationships in pig nutrition**: In: D’MELLO, J.P.D. Amino acids in animal nutrition, CAB: Walling Ford, p.143-156, 2003.

MARCOULI, P.A.; ALEXIS, M.N.; ANDRIOPOULOU, A. Dietary lysine requirement of juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture Nutrition** v.12, p.25–33, 2006.

MATO, J.M.; ALVAREZ, L.; ORTIZ, P. ET al. S-Adenosyl methionine synthesis: Molecular mechanisms and clinical implications. *Pharmacology & Therapeutics - Elsevier*, v.73, n.3, p.265-280, 1997.

MELO, L.A.S.; IZEL, A.C.U.; Rodrigues, F.M, 2001. **Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros de argila/barragens no Estado do Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. Brasil. 30pp

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de alguns alimentos protéicos para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1801-1809, 2003.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D. M. Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentration. **Aquaculture**, v.240, p.331-343, 2004.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D. M. Estimation of jundiá (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirements based on muscle amino acid composition. **Scientia Agricola**, v.62, n.4, p.401-405, 2005.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MAP, 2011. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura** – Brasil 2011. Brasília, DF. 129p.

MIYADA, V.S. O uso do conceito de proteína ideal na alimentação e nutrição de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. Piracicaba. **Anais**. Piracicaba, 2001. p.195-201.

MONTES-GIRÃO, P. J.; FRACALOSSO, D. M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.37, n.4, p.388-396, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**, Washington: National Academy of Science, 2011. p376.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. FAO: **Pesca e aquicultura batem recorde de produção em 2013**. ONU, 2014. Disponível em.< <http://www.onu.org.br/fao-pesca-e-aquicultura-batem-recorde-de-producao-em-2013>>. Acesso em: 02 de abril de 2014.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. **Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília, 2008. 276 p.

PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and use of ideal proteins in the feeding nonruminants. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO - RUMINANTES, 1994, Maringá, PR. **Anais**. Maringá, SBZ. 1994. P.119-128.

PEZZATO, L.D.; CASTAGNOLLI, N.; ROSSI F. **Nutrição e alimentação de peixes**. Editora Aprenda Fácil, Viçosa, MG, 2001, 72p.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.C. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.) **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: tecArt, 2004. p.75-169.

PORTZ, L.; CYRINO, J.E.P. Comparison of the amino acid contents of roe, whole body and muscle tissue and their A/E ratios for largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802). **Aquaculture Research** v.34, p.585-592, 2003.

PROENÇA, C.E.M.; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. IBAMA: Brasília, DF, 1994, 196p.

QUADROS, M.; LANNA, E. A. T.; DONZELES, J. L.; ABREU, M. L. T.; RIBEIRO, F. B.; TAKISHITA, S. S. Crude protein reduction and digestible methionine+cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for Nile tilapia fingerlings. . **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1400-1406, 2009.

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

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

SÁ, R.; POUSÃO-FERREIRA, P.; OLIVA-TELES, A. Dietary protein requirement of white sea bream (*Diplodus sargas*) juveniles. **Aquaculture Nutrition**, v.14, p.309-317, 2008.

SANTOS, E. L.; LUDKE, L. M.; RAMOS, A. M.; BARBOSA, J. M.; LUDKE, J. B.; RABELO, C. B. Digestibilidade de subprodutos da mandioca pela tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Ciência Rural**, v.4, p.358 – 362, 2009.

SANTOS, L.; PEREIRA FILHO, M.; SOBREIRA, C.; ITUASSÚ, D.; FONSECA, F. A. L. Exigência protéica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. **Acta Amazônica**, v.40, n.3, p.597-604, 2010.

SILVA, A. M. D.; GOMES, L. C.; ROUBACH, R. Growth, yield, water and effluent quality in ponds with different management during tambaqui juvenile production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 733-740, 2007.

TANG, L.; WANG, G.X.; JIANG, J.; FENG, L.; YANG, L.; LI, S.H.; KUANG, S.Y. Effect of methionine on intestinal enzymes activities, microflora and humoral immune of juvenile jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture nutrition**, v.15, p.477-483, 2009.

TESHIMA, S.; ALAM, M. S.; KOSHIO, S. et al. Assessment of requirement values for essential amino acids in the prawn, *Marsupenaeus japonicas*. **Aquaculture Research**, v.33, p.395-402, 2002.

TEIXERA, E.A.; RIBEIRO, L.P.; CREPALDI, D.V.; MELO, D.C.; SOUSA, A.B. Exigências de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) estimadas com base no conceito de proteína ideal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande - MS. **Anais**. Campo Grande, 2004. CD-ROM. Aquicultura. AQUA 022.

TEIXEIRA, B.; MACHADO, C. C.;FRACALOSSI, D, M. Exigencia protéica em ditas para alevinos de dourado (*Salminus brasiliensis*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v32, p.33-38, 2010.

THOMAN, E.S.; DAVIS, D.A.; ARNOLD, C.R. Evaluation of growout diets with varying protein and energy levels for red drum (*Sciaenops ocellatus*). **Aquaculture**, v.176, p.343-353, 1999.

TWIBELL, R.G.; GRIFFIN, M.E.; MARTIN, B.; PRICE, J.; BROWN, P.B. Predicting dietary essential amino acid requirements for hybrid striped bass. **Aquaculture Nutrition** vol.9, p.373-381, 2003.

VAN DER MEER, M.B. et al. Feed consumption, growth and protein utilization of *Colossoma macropomum* (Cuvier) at different dietary fish meal/soya meal ratios. **Aquaculture Research**, v.27, p.531-538, 1996.

WILSON, R.P. **Amino acid and Proteins**. In: HALVER, J.E.; HARDY, R. W. (Ed.) Fish Nutrition. 3.ed. Washington: Academic Press, 2002. p.144-179.

**CAPÍTULO 2 – RELAÇÃO DA METIONINA MAIS CISTINA COM A LISINA EM RAÇÕES PARA
ALEVINOS DE TAMBACUI (*Colossoma macropomum*)**

Nas páginas a seguir, artigo elaborado com base nas normas vigentes da Revista Agropecuária Brasileira (PAB).

Relação da metionina mais cistina com a lisina em rações para alevinos de tambaqui

(Colossoma macropomum)

Flavio Oliveira Souza⁽¹⁾ e Marcos Antonio Delmondes Bomfim⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, MA-230, Km 04, s/n, Boa Vista, CEP 65500-000, Chapadinha, MA. E-mail: flaviosouza_bio@hotmail.com, madbomfim@yahoo.com.br

Resumo – Objetivou-se determinar a relação da metionina mais cistina com a lisina em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Foram utilizados 600 alevinos de tambaqui de dois pesos iniciais distintos, $0,28 \pm 0,08\text{g}$ e $0,94 \pm 0,33\text{g}$, em experimento com delineamento em blocos ao acaso (critério em função do peso médio inicial), composto por seis tratamentos, cinco repetições em dois blocos, e vinte peixes por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de seis rações experimentais isolisínicas digestíveis (1,45%), isoenergéticas, isofosfóricas e isocálcicas, contendo diferentes relações de metionina mais cistina com a lisina digestível (50, 55, 60, 65, 70 e 75%). Os peixes foram mantidos em caixas de polietileno de 1.000 litros dotados de abastecimento de água e aeração individuais, e foram alimentados *ad libitum* em seis refeições diárias durante 45 dias. Avaliaram-se parâmetros de desempenho, composição corporal, deposição de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio dos peixes. O aumento da relação de metionina mais cistina:lisina digestível da dieta influenciaram na taxa de crescimento específico, na conversão alimentar, no consumo de metionina mais cistina digestíveis e no teor de gordura corporal dos peixes. Os efeitos foram quadráticos para as duas primeiras, melhorando essas variáveis até a relação

metionina mais cistina:lisina digestível de 64,4% e 64,8%. O consumo de metionina mais cistina digestível aumentou e o teor de gordura corporal reduziu linearmente com a elevação da relação metionina mais cistina:lisina digestível. A relação metionina mais cistina com a lisina digestível recomendada nas rações para alevinos de tambaqui é de 64,8%, que corresponde ao nível de metionina mais cistina digestível de 0,94% (0,313% Mcal de ED).

Termos para indexação: lisina digestível, aminoácidos industriais, fase inicial, nutrição proteica, proteína ideal.

Methionine plus cystine with lysine ratio in diets for tambaqui (*Colossoma macropomum*) fingerlings

Abstract – The aim was to determine the methionine plus cystine with lysine ratio in diets for tambaqui (*Colossoma macropomum*) fingerlings. Six hundred tambaqui fingerlings of two distinct initial weights, $0.28 \pm 0.08\text{g}$ and $0.94 \pm 0.33\text{g}$, were used in an experiment with randomised block design (criterion dependent upon initial average weight) composed of six treatments, five repetitions in two blocks and twenty fish per experimental unit. The treatments consisted of six experimental diets isolysinic digestible (1.45%), isoenergetic, isophosphorus and isocalcium containing different methionine plus cystine with digestible lysine ratio (50, 55, 60, 65, 70 and 75%). The fish were kept in 1,000 litre polyethylene tanks, equipped with individual aeration and water supplies, and were fed *ad libitum* in six daily meals for 45 days. Performance parameters, body composition, protein and body fat deposition and the efficiency nitrogen retention of the fishes were evaluated. The increase of the dietary digestible methionine plus cystine:lysine ratio in the diet affected the specific

growth rate, feed:gain ratio, digestible methionine plus cystine intake and the body fat of the fishes. The effects were quadratic for the first two, with these variables improving up to methionine plus cystine:lysine ratio of 64.4% and 64.8%. The digestible methionine plus cystine intake increased and body fat decreased linearly with increase of methionine plus cystine:lysine ratio. The methionine plus cystine with lysine digestible ratio recommended in diets for tambaqui fingerlings is 64.8%, which corresponds the level of digestible methionine plus cystine of 0.94% (0.313% Mcal of ED).

Index terms: digestible lysine, industrial amino acids, initial phase, protein nutrition, ideal protein.

Introdução

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é uma espécie nativa dos rios Amazonas e Orinoco. Este espécime destaca-se na piscicultura pelo seu rápido crescimento, hábito alimentar onívoro, aceitação de alimentação artificial e adaptação ao cativeiro, com isso, este peixe tem despertado um grande interesse para a piscicultura, assim como para pesquisadores (Medonça et al., 2009). Contudo, há carência de informações sobre as exigências nutricionais para a espécie (DAIRIKI e SILVA, 2011).

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

A metionina é um aminoácido sulfurado, que atua na síntese protéica e desempenha funções fisiológicas importantes, além de ser essencial para o crescimento dos peixes (Teshima et al., 2002; Alam et al., 2005). A utilização de dietas deficientes em metionina poderá proporcionar baixa taxa de sobrevivência, embora seja comum o aparecimento de catarata, redução eficiência alimentar e redução no ganho de peso e maior propensão a ataque pro fungos (Kelly et al., 2006; Tang et al., 2009).

A suplementação com metionina pode melhorar a atividade hepatossomática, bem como das enzimas glutamiltransferase intestinal e creatinase (Espe et al., 2008; Tang et al., 2009). A metionina é considerada o primeiro aminoácido limitante em rações à base de farelo de soja e milho. Entretanto, a determinação dos níveis de metionina deve estar vinculada aos de cistina (metionina mais cistina), um aminoácido não essencial que, em níveis subótimos, é sintetizado a partir da metionina (LEWIS, 2003).

No conceito de proteína ideal os demais aminoácidos essenciais são relacionados em função da lisina. Em função disto, têm-se preconizado que nos experimentos para determinação da relação de determinado aminoácido essencial:lisina, os níveis de lisina são fixados em valores considerados sub-ótimos, para assegurar que ele seja o segundo aminoácido limitante da ração basal; e os demais aminoácidos essenciais em quantidades, ou relações aminoácido:lisina, superiores aos valores de exigência reportados na literatura (Bomfim et al., 2008).

Considerando a carência de informações sobre exigências de metionina mais cistina em rações para alevinos desta espécie com base no conceito de proteína ideal, realizou-se este trabalho com o objetivo de determinar a relação metionina mais cistina com a lisina em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida no período de agosto a outubro de 2013 no Laboratório de Alimentação e Nutrição de Organismos Aquáticos do Maranhão - LANUMA, do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), localizado no município de Chapadinha, Maranhão, com duração de 45 dias experimentais.

Foram utilizados 600 alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) de dois pesos iniciais distintos, $0,28 \pm 0,08\text{g}$ e $0,94 \pm 0,33\text{g}$, em um experimento com delineamento em blocos ao acaso (critério em função do peso médio inicial), composto por seis tratamentos, com cinco repetições em dois blocos e vinte peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de uma ração basal com seis níveis de DL-metionina, resultando em seis rações experimentais isonutricionais contendo diferentes relações metionina mais cistina:lisina digestível (50, 55, 60, 65, 70 e 75%). O teor de lisina digestível utilizado nas rações experimentais foi fixado em 1,45%, nível considerado subótimo em relação ao valor de exigência para tilápias do nilo proposto por Furuya et al. (2010), conforme procedimento metodológico preconizado por Boisen (2003). A relação treonina:lisina e triptofano:lisina, bem como dos demais aminoácidos essenciais com a lisina foram mantidas no mínimo três pontos acima daquelas estimadas por Takishita (2012) e por Furuya et al. (2010), respectivamente (Tabela 1).

Os alevinos foram mantidos em 30 caixas de polietileno de mil litros, dotados de sistemas individuais de abastecimento de água, drenagem e aeração.

A água utilizada foi proveniente de poço artesiano do sistema de abastecimento na Universidade Federal do Maranhão – UFMA, e com uma renovação mínima diária de 10% de seu volume.

A temperatura da água foi monitorada diariamente, às 08:00 e 18:00 h, com auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio, graduado de 0 a 50°C. O controle de pH, o oxigênio dissolvido e amônia total na água foram realizados a cada sete dias, com o auxílio de um potenciômetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia, respectivamente.

Os ingredientes foram misturados, umedecidos em água aquecida a cerca de 50°C, peletizados em moinho de carne, secados, triturados manualmente e peneirados, ficando os peletes com granulométrica entre 3 e 4 mm.

As rações foram oferecidas *ad libitum* diariamente, em seis refeições (08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 h). Em cada refeição, as rações eram oferecidas em pequenas quantidades, com repasses sucessivos até a saciedade aparente, evitando dessa forma, sobras ou subfornecimento.

A limpeza das caixas foi realizada diariamente por sifonagem, sempre após a aferição da temperatura da água.

Todos os peixes foram pesados no início e ao final do experimento. Para as análises de composição corporal, 50 peixes foram insensibilizados, eutanasiados e congelados no início do experimento, e os demais peixes de cada unidade experimental no final do experimento.

Após o congelamento, os peixes (carcaças e vísceras) foram secos em estufa com circulação forçada de ar, moídos em moinho de bola e logo após serem moídas, as amostras foram acondicionadas em recipientes para análises laboratoriais. As amostras foram analisadas quanto a sua composição corporal (teores de umidade, proteína bruta e lipídeos) conforme procedimentos descritos por AOAC (2005).

As análises dos peixes foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal da Universidade Federal do Maranhão – UFMA e no Laboratório de

Análises de Alimentos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMPRABA MEIO NORTE).

Foram avaliados: ganho de peso (GP), taxa de crescimento específica (TCE), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), taxa de eficiência protéica (TEP), a taxa de deposição diária de proteína (TPD) e gordura (TDG), composição química corporal (teores de umidade, proteína e gorduras corporais) e a taxa de eficiência de retenção de nitrogênio (TERN). Os parâmetros de desempenho, deposições corporais e eficiência alimentar, foram calculados de acordo com as equações abaixo:

$$\text{Ganho de peso (g)} = \text{Peso médio final} - \text{Peso médio inicial}$$

$$\text{Consumo de ração (g)} = \text{Ração consumida durante o experimental.}$$

$$\text{Consumo de metionina mais cistina digestíveis (mg)} = [\text{consumo de ração(mg)} \times \text{teor de metionina + cistina digestíveis da ração(\%)}] / 100.$$

$$\text{Conversão Alimentar (g/g)} = \text{consumo de ração} / \text{ganho de peso.}$$

$$\text{Taxa de crescimento específico (\%/dia)} = [(\text{logaritmo natural do peso final (g)} - \text{logaritmo natural do peso inicial (g)}) \times 100] / \text{período de observação experimental (dias).}$$

$$\text{Taxa de eficiência protéica (g/g)} = \text{ganho de peso médio na unidade ao final do período experimental} / \text{consumo de proteína bruta médio na unidade ao final do período experimental.}$$

$$\text{Deposição de proteína corporal (mg/dia)} = \{[(\text{teor corporal de proteína bruta final}) - (\text{teor corporal de proteína bruta inicial})] \times 100\} / (\text{período de observação experimental}).$$

$$\text{Deposição de gordura corporal (mg/dia)} = \{[(\text{gordura corporal final}) - (\text{gordura corporal inicial})] \times 100\} / (\text{período de observação experimental}).$$

$$\text{Eficiência de retenção de nitrogênio (\%)} = \{[(\text{teor de N na carcaça animal final}) - (\text{teor de N na carcaça animal inicial})] \times 100\} / \text{consumo de N.}$$

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do *software* SAEG 9.1 (2007). Os dados foram interpretados por meio de análise de variância ao nível de cinco por cento de probabilidade. Os efeitos das relações metionina mais cistina:lisina foram analisados mediante o uso dos modelos de regressão linear, quadrático ou descontínuo “Linear Response Plateau” (LRP), conforme o melhor ajustamento obtido para cada variável.

Resultados e Discussão

Os parâmetros de qualidade de água mantiveram-se dentro dos padrões recomendados para a criação da espécie, conforme preconizado por Gomes et al. (2010) e Mendonça et al. (2012). As temperaturas máximas e mínimas da água mantiveram-se em torno de $28,0 \pm 0,38^\circ \text{C}$ e $26,2 \pm 0,57^\circ \text{C}$, respectivamente. A concentração de oxigênio dissolvido na água ficou em torno de $8,96 \pm 0,84 \text{ppm}$, pH $7,1 \pm 0,13$ e amônia total $0,86 \pm 0,20 \text{ppm}$.

Observou-se que o ganho de peso, o consumo de ração e a taxa de eficiência proteica dos peixes não variaram ($P > 0,05$) em função da elevação da relação da metionina mais cistina com a lisina digestível. Contudo, houve efeito dos tratamentos ($P < 0,05$) na conversão alimentar, taxa de crescimento específico e consumo de metionina mais cistina digestível (Tabela 2).

O consumo de ração, energia e demais nutrientes dos peixes não variou ($P > 0,05$) entre as relações avaliadas. Entretanto, consumo de metionina mais cistina digestível aumentou ($P < 0,01$) com a elevação da relação metionina mais cistina:lisina da ração. Em função disto, pode-se inferir que os efeitos significativos ($P < 0,05$) dos tratamentos observados em variáveis foram causados apenas pela diferença no consumo de metionina mais cistina

digestível. A estabilidade no consumo das dietas pode estar associada ao fato das dietas serem isoenergéticas, uma vez que o nível energético das mesmas pode limitar o consumo dos peixes (CARNEIRO, 1990).

Para a taxa de crescimento específico dos peixes a elevação dos níveis de metionina mais cistina digestível proporcionaram efeito quadrático ($P < 0,01$), melhorando esta variável até o nível estimado de 0,934% de metionina mais cistina digestível, correspondente a uma relação metionina mais cistina:lisina digestível de 64,4%, com o maior valor estimado em 5,59%/dia. Este padrão de resposta difere-se do observado por Lima (2013) com alevinos de tambaqui, que observaram que a taxa de crescimento específico apresentou efeito Response Plateau – LRP em função do aumento do nível proteico da ração.

Embora o ganho de peso dos peixes não tenha variado ($P > 0,05$), observou-se um aumento de 31% desta variável na dieta contendo 0,942% de aminoácidos sulfurados em relação à dieta basal, assemelhando-se com o nível que proporcionou melhor taxa de crescimento específico. O fato de não ter se detectado variação estatística, provavelmente, se deve ao coeficiente de variação obtido para esta variável, que foi de 22,64%.

A elevação dos níveis de metionina mais cistina digestível proporcionou efeito quadrático ($P < 0,01$) sobre a conversão alimentar, que melhorou até o nível estimado de 0,939% de metionina mais cistina digestível (relação metionina mais cistina:lisina digestível de 64,8%).

O menor valor observado para a conversão alimentar nos peixes alimentados com níveis de metionina mais cistina digestíveis pode ser atribuído à sua maior taxa de crescimento, em especial de tecido magro, uma vez que o consumo de ração dos peixes não apresentou diferenças significativas entre os níveis de metionina mais cistina digestível avaliado. Esta hipótese é fundamentada no teor de matéria seca do tecido protéico, que é

menor em relação ao tecido adiposo, apresentando, desta forma, mais eficiência na utilização do alimento para sua deposição (FRACALOSSI e CYRINO, 2013).

Embora não tenha sido detectada variação ($P>0,05$) do teor de proteína e umidade corporais, o teor de gordura corporal dos peixes diminuiu ($P>0,05$) com o incremento dos níveis de metionina mais cistina digestível (aumento da relação metionina mais cistina:lisina digestível) (Tabela 3)

A variação observada para o teor de gordura corporal assemelha-se às detectadas por outros autores (BOMFIM et al., 2008; ARARIPE, 2009) que trabalharam com espécies de hábito alimentar similar. Este fato pode ser explicado pelo balanceamento de aminoácidos das dietas favorecerem a deposição de tecido magro, aumentando o gasto energético para este fim, reduzindo, conseqüentemente, a energia disponível para a deposição de gordura corporal (FRACALOSSI e CYRINO, 2013).

Com relação à deposição de gordura corporal, deposição de proteína corporal e eficiência de retenção de nitrogênio não foram observados efeitos ($P>0,05$) dos tratamentos sobre essas variáveis (Tabela 3).

Esperava-se que houvesse melhora em pelo menos uma das variáveis de deposição de tecidos (gordura ou proteína corporal) e na eficiência de retenção de nitrogênio, em função de terem sido detectadas variação estatística para a taxa de crescimento específico em função da variação das relações aminoacídicas avaliadas neste estudo. Isto pode ter ocorrido pelos valores correspondentes de coeficiente de variação (CV%) obtido para estas variáveis. Contudo, observa-se para a taxa de deposição de proteína corporal e eficiência de retenção de nitrogênio uma melhora numérica média de 26,5% nos peixes alimentados com rações contendo entre 0,870% e 0,942% de aminoácidos sulfurados (relações metionina mais

cistina:lisina digestível de 60 e 65%, respectivamente) em relação ao obtido pelos peixes alimentados com a ração basal (relação metionina mais cistina:lisina digestível de 50%).

Considerando que o nível de proteína bruta recomendado para esta espécie e fase de criação, de 31,57% (Lima, 2013), assemelha-se aos recomendados para tilápias, de 32% (FURUYA, 2010; NRC, 2011), e considerando os níveis recomendados de lisina digestível para tilápias do Nilo de 1,60% (NRC, 2011), os níveis de aminoácidos sulfurados totais ou digestíveis de 1,12 e 1,04%, que correspondem as relações metionina mais cistina:lisina total e digestível de 60,5 e 64,8%, podem ser recomendados para alevinos de tambaqui até que a exigência de lisina para a espécie seja determinada experimentalmente.

A relação metionina mais cistina:lisina digestível recomendada neste estudo de 64,8% é ligeiramente superior as recomendadas para tilápia do Nilo por Furuya et al. (2001), Bomfim et al. (2008) e Quadros et al. (2009), que foram de 61, 59,5 e 60%, respectivamente, e superior a relação apresentada para Tambatinga por Araripe (2009), que foi de 38,0%. No último caso, esta diferença pode ter ocorrido devido ao nível de lisina digestível de 2,05% utilizado, que poderia não ter limitado a reposição do aminoácido avaliado, ou seja, acima dos níveis mínimos exigidos, ou a possibilidade de haver outro aminoácido limitante nas rações experimentais.

Conclusão

A relação ideal de metionina mais cistina:lisina digestível em rações para alevinos de tambaqui é de 64,8%, correspondente ao nível de 0,94% de metionina mais cistina digestível.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, pelo apoio financeiro e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pela colaboração com realização das análises.

Referências

AZEVEDO, K.S.P.; ALMEIDA, R.G.S.; SANTOS, M.C.; RESENDE, A.M.; BICUDO, A.J.A. Valores da exigência de aminoácidos essenciais do tambaqui (*Colossoma macropomum*) estimados pelo perfil de aminoácidos corporais. In: Congresso da sociedade brasileira de aquicultura e biologia aquática, 5., Palmas, 1-5/jul./2012. **Anais...** Palmas: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. p.R0495-1.

ALAM, M.S.; TESHIMA, S.; ISHIKAWA, M. et al. Supplemental effects of coated methionine and/or lysine to soy protein isolate diet for juvenile Kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicas*. **Aquaculture**, v.248, p.13-19, 2005.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. Arlington: Association of Analytical Chemists, 2005.

ARARIPE, M.N.B.A. **Redução da proteína bruta e relações metionina+cistina e treonina digestíveis com a lisina digestível em rações para alevinos de tambatinga**. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina/PI, 2009.

BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; RIBEIRO, F. B. QUADROS, M. Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1713-1720, 2008.

BOISEN, S. Ideal dietary amino acid profiles for pigs. In: **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2003, p.157-168.

DAIRIKI, J. K.; SILVA, T. B. A. **Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui – compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros.** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. 44p (Embrapa Amazônia Ocidental, 91).

ESPE, M.; HEVROY, E.M.; LIASET, B.; et al. Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, v.274, p.132–141, 2008.

FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutriaqua: **Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira.** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013, p.232.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B. et al. Exigências de metionina + cistina total e digestível para alevinos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), baseadas no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.885-889, 2001.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in diets with and without dicalcium phosphate for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, v.35, p.1110-1116, 2004.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias.** Toledo: GFM, 2010. 100p.

GOMES, L.C.; SIMÕES, L.N.; ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. In: **Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Espécies nativas para piscicultura no Brasil.** UFSM, Santa Maria. 2010. p.175-204

KELLY, M.; GRISDALE-HELLAND, B. HELLAND, J.; GATLIN III, D.M. Refined understanding of sulphur amino acid nutrition in hybrid striped bass, *Morone chrysops* x *M. saxatilis*. **Aquaculture Research**, v.37, p.1546-1555, 2006.

LEWIS, A J.; D'MELLO, J.P.D. Methionine – cystine relationships in pig nutrition: In: **Amino acids in animal nutrition**, CAB: Walling Ford, p.143-156, 2003.

LIMA, C. S. **Proteína bruta em rações para alevinos de tambaqui e sua redução com suplementação de aminoácidos.** 2013. 71p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha.

MARCOULI, P.A.; ALEXIS, M.N.; ANDRIOPOULOU, A. Dietary lysine requirement of juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture Nutrition** v.12, p.25–33, 2006.

MENDONÇA, P. P.; COSTA, P. C.; POLESE, M. F.; VIDAL JÚNIOR, M. V.; ANDRADE, D. R. Efeito da suplementação de fitase na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, v.61, n.235, p. 437-448. 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of fish and shrimp, Washington: **National Academy of Science**, 2011. p376.

QUADROS, M.; LANNA, E. A. T.; DONZELES, J. L.; ABREU, M. L. T.; RIBEIRO, F. B.; TAKISHITA, S. S. Crude protein reduction and digestible methionine+cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for Nile tilapia fingerlings. . **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1400-1406, 2009.

TANG, L.; WANG, G.X.; JIANG, J.; FENG, L.; YANG, L.; LI, S.H.; KUANG, S.Y. Effect of methionine on intestinal enzymes activities, microflora and humoral immune of juvenile jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture nutrition**, v.15, p.477-483, 2009.

TAKISHITA, S. S. **Relações de treonina e triptofano com a lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do nilo**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

TESHIMA, S.; ALAM, M. S.; KOSHIO, S. et al. Assessment of requirement values for essential amino acids in the prawn, *Marsupenaeus japonicas*. **Aquaculture Research**, v.33, p.395-402, 2002.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG**. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2007.

Tabela 1. Formulação e Composição das rações experimentais.

Ingredientes (%)	Relação metionina mais cistina: lisina digestível (%)					
	50	55	60	65	70	75
Farelo de soja (45%)	50,076	50,076	50,076	50,076	50,076	50,076
Milho	30,155	30,155	30,155	30,155	30,155	30,155
Farelo de trigo	8,918	8,918	8,918	8,918	8,918	8,918
Amido de milho	0,175	0,140	0,105	0,070	0,035	0,000
Óleo de soja	5,634	5,595	5,557	5,518	5,479	5,440
Lisina	0,191	0,191	0,191	0,191	0,191	0,191
DL – Metionina	0,000	0,074	0,148	0,221	0,295	0,369
L – Treonina	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420
Fosfato Bicálcico	3,359	3,359	3,359	3,359	3,359	3,359
Premix vitamínico e mineral ⁵	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Vitamina C ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Composição calculada ⁽¹⁾						
Proteína Bruta (%)	26,90	26,94	26,99	27,03	27,07	27,12
Proteína Digestível (%) ³	24,43	24,47	24,51	24,56	24,60	24,64
Energia Digestível (kcal/kg) ³	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Extrato Etéreo (%)	7,86	7,82	7,78	7,74	7,70	7,67
Fibra Bruta (%)	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98
Cálcio total (%)	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Fósforo disponível (%) ²	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Lisina total (%)	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672
Lisina Digestível (%) ²	1,450	1,450	1,450	1,450	1,450	1,450
Met. + Cist. Total (%)	0,792	0,865	0,938	1,011	1,085	1,158
Met. + Cist. Digestível (%) ²	0,725	0,797	0,870	0,942	1,015	1,087
Treonina Total (%)	1,447	1,447	1,447	1,447	1,447	1,447
Treonina Digestível (%) ²	1,319	1,319	1,319	1,319	1,319	1,319
Triptofano Total (%)	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354
Triptofano Digestível (%) ²	0,334	0,334	0,334	0,334	0,334	0,334
Relação Lis.Digestível/ED (g/Mcal)	0,483	0, 483	0, 483	0, 483	0, 483	0, 483
Relação Met.+Cist./Lisina Digestível	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0
Relação Treonina/Lisina Digestível	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0
Relação Triptofano/Lisina Digestível	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0

⁽¹⁾Com base nos valores propostos por Rostagno et al. (2011); ⁽²⁾Com base nos coeficientes de digestibilidade para os aminoácidos industriais propostos por Rostagno et al. (2011) e para os aminoácidos e da disponibilidade para o fósforo do milho, farelo de soja e farelo de trigo propostos por Furuya et al. (2010); ⁽³⁾Com base nos coeficientes de digestibilidade para o farelo de trigo e de amido propostos por Furuya et al. (2010) para tilápia do Nilo; e dos do milho, farelo de soja e óleo de soja propostos por Vidal Júnior (2000); ⁽⁴⁾Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo. ⁽⁵⁾Suplemento vitamínico e mineral comercial (5 kg/t), com níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D₃, 200.000 UI; Vit. E, 1.200 mg; Vit. K₃, 2.400 mg; Vit. B₁, 4.800 mg; Vit.B₂, 4.800 mg; Vit.B₆, 4.800 mg; Vit.B₁₂, 4.800 mg; Vit.C, 48 g; ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108 g; niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 30.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

Tabela 2. Peso inicial (PI), consumo de ração (CR), consumo de metionina mais cistina digestíveis (CMCD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), taxa de eficiência protéica (TEP) de alevinos de tambaqui e resumo da análise de variância, em função do nível de metionina mais cistina digestíveis da ração

Relação de metionina mais cistina com a lisina (%)	Variável						
	PI (g)	CR (g)	CMCD (mg)	GP (g)	TCE (%/dia)	CA (g/g)	TEP (g/g)
50,0	0,55	9,19	66,65	6,91	4,57	3,59	1,98
55,0	0,54	8,25	65,77	6,86	4,70	2,59	2,20
60,0	0,55	10,13	88,16	8,99	5,59	1,97	2,58
65,0	0,56	8,62	81,15	9,06	5,92	1,30	2,30
70,0	0,55	9,86	100,11	8,02	5,11	2,70	2,25
75,0	0,53	8,92	97,01	8,05	5,03	2,35	2,38
Valor de P linear	1,00	1,000	0,001	0,184	0,121	0,075	0,150
Valor de P quadrático	0,20	1,000	1,000	0,110	0,006	0,007	0,118
Coefficiente de variação (%)	3,30	13,24	17,00	22,64	12,40	38,64	14,21

Tabela 3. Teores de umidade (UC), gordura (GC) e proteína (PC) corporais, deposições de proteína (DPC) e gordura (DGC) corporais e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) de alevinos de tambaqui e resumo da análise de variância, em função do nível de metionina mais cistina digestíveis da ração.

Relação de metionina mais cistina com a lisina (%)	Variável					
	UC (%)	GC (%)	PC (%)	DGC (mg/dia)	DPC (mg/dia)	ERN (%)
50,0	79,42	1,32	15,84	3,69	24,20	30,91
55,0	78,56	1,24	16,65	3,35	24,24	35,07
60,0	79,01	1,28	16,47	4,10	31,40	40,76
65,0	82,72	1,09	16,52	3,47	29,57	37,60
70,0	79,78	1,05	15,40	2,98	27,41	34,04
75,0	79,55	1,12	15,70	3,58	28,43	36,75
Valor de P linear	0,219	0,028	0,225	1,000	0,198	0,272
Valor de P quadrático	0,200	1,000	0,112	1,000	0,187	0,060
Coefficiente de variação (%)	1,13	16,95	5,77	37,60	21,08	15,21

Tabela 4. Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis taxa de crescimento específico (TCE), consumo de metionina mais cistina digestíveis (CMCD), conversão alimentar (CA) e teor de gordura corporal (GC) em função dos níveis de metionina mais cistina digestíveis da ração.

Variável	Modelo	Equação	R ²	Exigência
TCE (%/dia)	Quadrático	$\hat{Y} = -17,9007 + 50,2869X - 26,9156X^2$	0,71	0,934
CMCD (mg)	Linear	$\hat{Y} = -5,47453 + 97,8095X$	0,81	-----
CA (g/g)	Quadrático	$\hat{Y} = 35,8851 - 72,6231X + 38,6647X^2$	0,73	0,939
GC (%)	Linear	$\hat{Y} = 1,81 - 0,01X$	0,73	-----

ANEXOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO	
COMITÊ DE ÉTICA EM EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL	
PARECER CONSUBSTANCIADO INICIAL	Nº do parecer: 14
PROJETO DE PESQUISA	Registro do CEUA:14/12 Nº do Protocolo:23115.004063/2012-95 Data de entrada no CEUA: 03/04/2012 Parecer: APROVADO

I – Identificação

Título do projeto: Redução de proteína bruta, relações aminoácidos digestíveis com a lisina digestível e níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tambaqui.		
Identificação da equipe executora: Marcos Antônio Delmondes Bonfim		
Instituição onde será realizado: UFMA		
Área temática: Não se aplica	Multicêntrico: Não	Data de recebimento: 17/04/2012
Cooperação estrangeira:		Data de devolução: 24/05/2012

II – Objetivos:**GERAL:**

Avaliar os efeitos da redução da proteína bruta com a suplementação de aminoácidos e determinar as exigências de metionina mais cistina, treonina e lisina, com base no conceito de proteína ideal, em dietas para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

ESPECIFICO:**III – Sumário do projeto:**

IV – Comentário do relator frente à resolução 779 de 26 de agosto de 2010 e complementares em particular sobre:

Os procedimentos a serem realizados e considerados como manipulação animal são: manejo em aquários de polietileno, com capacidade volumétrica de 500 litros, dotados de sistemas individuais de abastecimento de água e escoamento de fundo, dispostos em sistema de recirculação. A água de abastecimento dos aquários será proveniente de poço artesiano, com a limpeza diária dos aquários duas vezes por dia após as leituras da temperatura da água, por sifonagem, para retirada das fezes. Para as análises corporais, os peixes serão insensibilizados e sacrificados em água com gelo e congelados.

Assim, os procedimentos acima referidos asseguram direitos dos animais utilizados na pesquisa em conformidade com os padrões legais, em apoio à Lei, nº 11.794 de 8 de outubro de 2008, regulamentado o inciso VII, do § 1º, art. 225 da Constituição Federal, que estabelecem os procedimentos para o uso da animais para fins de ensino e/ou pesquisa científica.

Ainda, a metodologia atende aos princípios éticos na experimentação animal segundo o ANEXO I DA RESOLUÇÃO Nº 779-CONSEPE, de 26 de agosto de 2010, que Aprova o projeto de criação da comissão de Ética no uso de animais (CEUA) da Universidade Federal do Maranhão e seu Regimento Interno que cita:

Não se considera experimento:

- I. A profilaxia e o tratamento veterinário do animal que deles necessite;
- III. As intervenções não-experimentais relacionadas às práticas agropecuárias.

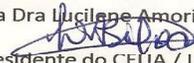
V – Pendências

VI – Recomendações:

VII – Parecer consubstanciado do CEUA

O projeto foi considerado APROVADO, após as pendências terem sido esclarecidas no processo

São Luís, 14 / 06 / 2010

Profa Dra Lucilane Amorim Silva

Presidente do CEUA / UFMA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
NÚCLEO INTEGRADO DE BIBLIOTECAS
DIVISÃO DE INFORMAÇÃO DIGITAL
Site: www.tedebc.ufma.br



**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO ELETRÔNICA NA
BIBLIOTECA DIGITAL DA UFMA**

TÍTULO DO TRABALHO: Relação da metionina mais cistina com a lisina em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*)

AUTOR: Flávio Oliveira Souza

CPF DO AUTOR: 657.236.783-53

CURRÍCULO LATTES DO AUTOR: <http://lattes.cnpq.br/7944612415495421>

E-MAIL PARA CONTATO: flaviosouza_bio@hotmail.com

SEU E-MAIL PODE SER PUBLICADO? SIM (x) NÃO ()

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO: em Ciência Animal

ORIENTADOR: Marcos Antonio Delmondes Bomfim

CPF DO ORIENTADOR: 376.269.303-04

CURRÍCULO LATTES DO ORIENTADOR: <http://lattes.cnpq.br/2299520175860743>

E-MAIL DO ORIENTADOR: madbornfim@yahoo.com.br

SEU E-MAIL PODE SER PUBLICADO? SIM (x) NÃO ()

Data de defesa: 27 de março de 2014

Data de entrega do arquivo a secretaria de pós-graduação: 28 de abril de 2014

Eu, Flávio Oliveira Souza, na qualidade de titular dos direitos autorais desta obra (Dissertação de Mestrado em Ciência Animal), e de acordo com a Lei nº.9610/98, autorizo a Universidade Federal do Maranhão (UFMA), a disponibilizar gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, a mesma na rede mundial de computadores (Internet), para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica gerada pela Universidade e sem fins comerciais.

São Luis, 24 de abril de 2014.

E-mails para contato: coord.bt.dg@ufma.br / ufma.bibliotecadigital.bibliot@gmail.com
Telefone: 3272-8654