

Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós Graduação em Ciência Animal

**PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE
TAMBAQUI E SUA REDUÇÃO COM SUPLEMENTAÇÃO DE
AMINOÁCIDOS**

CHARLYAN DE SOUSA LIMA

CHAPADINHA

2013

CHARLYAN DE SOUSA LIMA

**PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE
TAMBAQUI E SUA REDUÇÃO COM SUPLEMENTAÇÃO DE
AMINOÁCIDOS**

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

2013

Lima, Charlyan de Sousa

Proteína bruta em rações para alevinos de tambaqui e sua redução com suplementação de aminoácidos / Charlyan de Sousa Lima - Chapadinha: MA, 2013.

71 f.: il.

Impresso por computador: fotocópia

Orientador: Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2013.

1. Nutrição proteica. 2. *Collossoma macropomum*. I. Título.

CDU 591.13:597

CHARLYAN DE SOUSA LIMA

**PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE
TAMBAQUI E SUA REDUÇÃO COM SUPLEMENTAÇÃO DE
AMINOÁCIDOS**

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.

Aprovada em 17/12/2013

BANCA EXAMINADORA:



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



Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro (Coorientador)
Universidade Federal do Maranhão



Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira
Universidade Federal do Maranhão



Prof. Dr. Eduardo Arruda Teixeira Lanna
Universidade Federal de Viçosa

*“A sabedoria é a maior perfeição da razão e sua principal função é perceber a ordem nas coisas.”
(São Tomás de Aquino)*

DEDICO,
À DEUS, fonte inesgotável de sabedoria,
À minha família, por auxiliar no meu aprendizado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar forças para continuar lutando e superando as dificuldades.

Ao Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim, por me aceitar como orientando, por sua paciência e incentivo, tornando possível a elaboração deste trabalho.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro pelas sugestões e incentivo.

Ao Prof. Dr. Eduardo Arruda Teixeira Lanna, por ter aceitado o convite para participar da defesa desta dissertação, e por me orientar em meu estágio, no laboratório de Nutrição e Produção de Organismos Aquáticos no DZO/UFV. Agradeço ainda, pela contribuição dada a este trabalho, através da doação de alguns ingredientes para elaboração das dietas experimentais.

Ao Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira pela grande ajuda nas análises estatísticas e por ter aceitado o convite para participar da defesa desta dissertação.

A Universidade Estadual do Maranhão, através da Prof^a Dra. Maria Inez Fernandes Carneiro, por ceder seu laboratório para a realização das análises laboratoriais.

A Prof^a Dra. Jane Mello Lopes e ao Prof. Dr. Celso Yoji Kawabata pela amizade, estímulo e sugestões.

A Danielli dos Santos Firmo, pela amizade e pela grande contribuição na realização das análises laboratoriais.

A todos os integrantes do laboratório de Nutrição e Produção de Organismos Aquáticos no DZO/UFV, pela amizade e troca de informações: Rafael Alves Vianna, Guisela Monica Rojas Tuesta, Thiago Bernardes Fernandes Jorge, Alexmiliano Vogel de Oliveira, Naiara Motta, Felipe Martins, Leandro Pereira, Mariana Molica Silveira e Vinicius Silva.

Pelo companheirismo e amizade dos mestrandos e futuros mestres da primeira turma de Mestrado em Ciência Animal do CCAA/UFMA: Aldilene da Silva Lima, Antônio José Temístocles de Lima, Ariel de Almeida Coelho, Carlos Eduardo Martins de Lima, Clemeson Cardoso Vale, Diego Amorim dos Santos, Flávio Oliveira Souza, Ivan Hudson Cassimiro Lino, Mayanna Karlla Lima Costa, Sandra Paula Gasparini, Xerxes Moraes Tosta. Especialmente Mayara da Cruz Ribeiro e Karlyene Sousa da Rocha, pela ajuda nas atividades experimentais e ao Marcio Luís Pontes Bernardo da Silva, pela contribuição na confecção do biofiltro.

Agradeço aos amigos e amigas pela colaboração e o empenho durante as atividades de pesquisa: Amós, Augusto (Foguinho), Carlos Willian, Conceição (Ceixa), Dayane Louyse, Francivaldo Costa, Francisco Loiola, Hélylda Gomes, Humberto, Janayra Silva, Jonh Lennon, José Willian, Juliana, Kayro Kesed, Karina Coelho, Luan Sousa, Mayara Coelho, Paulo Roberto, Rafael Silva, Ruan Mourão, Thayara Kelly, Thales Rego e William Alves.

Aos meus pais Francisco das Chagas Lima e Antonia Carvalho de Sousa pelo constante incentivo, amor e confiança. E minhas irmãs Mirian, Maria Clean e Wandrian pela constante colaboração.

A Universidade Federal do Maranhão, pela oportunidade de realizar o Curso de Mestrado em Ciência Animal.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão, pelo apoio financeiro.

E a todos aqueles e aquelas que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. OBJETIVO GERAL	9
REFERÊNCIAS	10
CAPÍTULO 2 – EXIGÊNCIA DE PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI	17
CAPÍTULO 3 – REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA, COM BASE NO CONCEITO DE PROTEÍNA IDEAL, EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI	38
ANEXOS	58

RESUMO

Objetivando-se avaliar os efeitos dos níveis de proteína bruta e de sua redução com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em dietas para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*), foram realizados dois experimentos no setor de pesquisas em nutrição de peixes do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão. Em ambos os experimentos, os alevinos foram mantidos em 30 aquários de polietileno, com capacidade volumétrica de 500 litros, em sistema de recirculação. As dietas experimentais foram fornecidas em cinco refeições diárias durante 45 dias e foram avaliados variáveis de desempenho, rendimento de carcaça, teores de umidade, gordura e proteína corporais, deposições de proteína e gordura corporais, e eficiência de retenção de nitrogênio. No primeiro experimento objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de proteína bruta (PB) para alevinos de tambaqui. Foram utilizados 750 alevinos, com peso inicial de $0,35 \pm 0,09$ g, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos, cinco repetições e vinte cinco peixes por unidade experimental. Os tratamentos constaram de seis rações experimentais isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas, com diferentes níveis de PB (20,0; 24,0; 28,0; 32,0; 36,0 e 40,0 %). Não foram observados efeitos dos níveis de proteína bruta sobre o consumo de ração e o rendimento de carcaça. O consumo de proteína bruta aumentou linearmente e a taxa de eficiência proteica reduziu linearmente com a elevação dos níveis de PB. Já o ganho de peso, a conversão alimentar e a taxa de crescimento específico melhoraram até o nível estimado de 31,57; 28,90 e 31,12% de PB, respectivamente. A umidade corporal não foi influenciada pela elevação dos níveis de PB na dieta. Observou-se efeito quadrático dos níveis de PB sobre a gordura corporal, deposição de gordura corporal, proteína corporal, deposição de proteína corporal e eficiência de retenção de nitrogênio apresentando nível mínimo estimado, nos dois primeiros, de 26,55; 23,77; e nível máximo estimado, nos demais, de 29,26; 32,50; 27,21% de PB, respectivamente. Concluiu-se que a recomendação de proteína bruta em dietas para alevinos de tambaqui é de 31,57%, que corresponde a uma relação energia digestível (ED):PB de 9,50 kcal de ED/g de PB, por proporcionar melhor ganho de peso. No segundo experimento, objetivou-se avaliar os efeitos da redução da PB com a suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tambaqui. Foram utilizados 750 alevinos, com peso inicial de $0,44 \pm 0,14$ g, em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos, cinco repetições e vinte cinco peixes por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em seis rações experimentais isoenergéticas, isocálcicas, isofosfóricas e isolisínicas, contendo diferentes níveis de PB (32,0; 30,5; 29,0; 27,5; 26,0 e 24,5%). Com a redução do teor de PB a partir de 27,5% de PB observou-se uma melhora no ganho de peso, na taxa de crescimento específico, na conversão alimentar e na taxa de eficiência proteica. O consumo de ração foi superior nos peixes alimentados com dietas contendo 26% de PB, seguidos de 29,0 e 27,5% de PB, os demais níveis não variaram entre si. O consumo de proteína bruta reduziu com a utilização de dietas de menor teor de PB e o rendimento de carcaça não foi influenciado pelos tratamentos. A redução do teor proteico da ração não influenciou composição corporal, a deposição de proteína e gordura corporais. A eficiência de retenção de nitrogênio foi superior nos níveis de 26,0 a 24,5% de PB. Conclui-se que é possível reduzir de 32,0 para 24,5% o teor de PB em rações para alevinos de tambaqui, e que a redução do teor de PB para os níveis entre 27,5 e 24,5% potencializa o desempenho dos peixes, desde que as rações sejam devidamente suplementadas com aminoácidos essenciais limitantes.

Palavras-chave: *Colossoma macropomum*, desempenho, nutrição proteica, proteína ideal.

ABSTRACT

The current study was aimed at evaluate the effect of dietary crude protein reduction with amino acids supplementation, based on the concept of ideal protein in diets for fingerling tambaqui (*Colossoma macropomum*), two experiments were carried the research sector of fish nutrition of Center of Agrarian Sciences and Environmental of Federal University of Maranhão. The fingerlings were kept in 30 polythene tanks with capacity volume of 500 litres in recirculation system. Diets were supplied in five meals a day with duration of 45 days. Performance parameters, carcass yield, corporal composition, the daily protein and fat deposition rates and nitrogen retention efficiency of the fishes were evaluated. The first experiment was aimed to determine the requirement of crude protein (CP) for tambaqui fingerlings diets. 750 fingerlings were used with initial weight 0.35 ± 0.09 g, distributed in completely randomized design with six treatments, five repetitions and twenty five fish per experimental unit. The treatments had consisted of in six isocaloric, isocalcic and isophosphoric experimental diets, with different levels of CP (20, 24, 28, 32, 36 and 40%). We're not observed effects of crude protein levels on feed intake and carcass yield. Crude e protein consumption increased linearly and the protein efficiency ratio decreased linearly with the increase in levels of CP. The weight gain, feed conversion ratio and specific growth rate improved to the level of estimated 31.57, 28.90 and 31.12% of CP, respectively. Quadratic effect was observed in levels of CP on body fat, body fat deposition, body protein deposition of body protein and nitrogen retention efficiency showing estimated minimum level, in the first two, 26.55; 23.77; and maximum estimated, on the others, of 29.26; 32.50; 27.21% PB, respectively. It was concluded that the recommendation of crude protein diets for tambaqui fingerling is 31.57%, which corresponds to a digestible energy ratio (DE): CP of 9.50 kcal of DE/g CP, by providing better weight gain. The second experiment was aimed at evaluate the effect of the reduction of crude protein (CP) of the diet with amino acids supplementation, based on the ideal protein concept in diets of tambaqui fingerlings. 750 fingerlings were used with initial weight 0.44 ± 0.14 g, in completely randomized design with six treatments, five repetitions and twenty five fish per experimental unit. The treatments has consisted of six isocaloric, isocalcic, isophosphoric and isolysininc experimental diets, containing different levels of CP (32.0; 30.5; 29.0; 27.5; 26.0 and 24.5%). With the reduction of the levels of PB after 27.5% PB, observed an improvement in weight gain, in specific growth rate, feed conversion and protein efficiency rate. Feed intake was higher than at level 26.0% of CP, followed by 29.0 and 27.5% of CP, and the remaining levels not varied among themselves. Crude protein consumption reduced with the use of smaller CP content of diet and carcass yield was not influenced by the treatments. The reduction in the protein content of the feed did not influence body composition, protein deposition and body fat. Nitrogen retention efficiency was higher in levels of 26.0 and 24.5% of CP. It is concluded that it is possible to reduction of from 32.0 to 24.5% the content for CP in diets for tambaqui fingerlings and that reduction of CP content for levels between 27.5 and 24.5% enhances the performance of the fish, since rations are supplemented with limiting essential amino acids.

Key words: *Colossoma macropomum*, ideal protein, performance, protein nutrition.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é um dos peixes brasileiros com potencial para exploração zootécnica, pois, além de possuir carne muito apreciada, pode atingir, em cativeiro, tamanho comercial em torno de 1 kg no primeiro ano de criação. Apesar dessas características, ainda há escassez de informações a respeito de suas exigências nutricionais, do valor nutritivo e dos efeitos de fatores antinutricionais nos alimentos (ingredientes) objetivando a elaboração de rações eficientes, de menor impacto ambiental e de baixo custo (Hernandez, et al., 1995; Van Der Meer et al., 1995; Vidal Júnior et al., 1998; Silva et al., 2006; Pezzato et al., 2009; Cyrino et al., 2010).

A prioridade dos estudos sobre exigências nutricionais para peixes tem sido dada às proteínas, porque, além de constituírem o componente mais caro das rações, quando em níveis excedentes às exigências proporcionam excessiva excreção de nitrogênio, constituindo, juntamente com as excreções do fósforo, os principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático (Sugiura, et al., 2001; Yamamoto et al., 2005; Bomfim et al., 2008).

Para a esta espécie, verifica-se uma grande variação na recomendação do nível proteico em rações para a espécie na fase de alevinagem, de 22 a 50% de PB (Hernandez, et al., 1995; Van Der Meer et al., 1995; Vidal Júnior et al., 1998; Silva et al., 2006).

Por outro lado, considerando que os peixes metabolicamente necessitam de um balanceamento quantitativo entre aminoácidos essenciais e não essenciais, e que as rações formuladas para atender as exigências dietéticas com base em proteína bruta normalmente contêm excessivos níveis de aminoácidos não limitantes, o teor de nitrogênio excretado ao meio tem sido significativo (Bomfim et al., 2008). Neste sentido, a redução da concentração de proteína da ração, com concomitante suplementação de aminoácidos limitantes, com base

no conceito de proteína ideal (PARSONS; BAKER, 1994), melhoraria o balanceamento entre os aminoácidos da ração, constituindo-se uma estratégia para redução do teor de nitrogênio excretado no meio ambiente sem prejuízos no desempenho dos peixes (Bomfim. et al., 2008).

Pesquisas com alevinos de tilápia do Nilo (Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2008) demonstram que é possível a redução de até quatro pontos percentuais da proteína bruta, com suplementação de aminoácidos limitantes na forma industrial, com base no conceito de proteína ideal, sendo que maiores reduções resultaram em piora no desempenho. Já com tambatinga, Araripe et al. (2011), não observaram comprometimento no desempenho em alevinos quando testaram rações com redução de proteína bruta suplementadas com aminoácidos industriais, podendo reduzir até doze pontos percentuais. Esta variação nas respostas pode indicar que a viabilidade da redução dos níveis proteicos da ração, com suplementação de aminoácidos limitantes, pode ser espécie dependente.

Uma causa indicada para essa eventual piora no desempenho baseia-se nas evidências de que a utilização excessiva de aminoácidos sintéticos nas rações pode não garantir a mesma eficiência de utilização em relação aos oriundos da digestão dos ingredientes proteicos das rações, em função de sua maior capacidade de lixiviação no ambiente aquático, maior taxa de evacuação estomacal e rápida absorção em relação aos aminoácidos oriundos da proteína do alimento, acarretando um desequilíbrio (desbalanço) temporal de aminoácidos nos tecidos especializados para a síntese proteica (Zarate et al., 1999; Bomfim et al., 2008).

Para tambaquis, também se verifica uma carência de informações relativas à viabilidade da redução do teor de proteína bruta das rações associado à suplementação de aminoácidos limitantes, com base no conceito de proteína ideal.

Considerando a grande variação na recomendação do teor de proteína em rações para alevinos desta espécie (Pezzato et al., 2004; Vidal Júnior et al., 1998; Oishi et al., 2010), para se determinar até quantos pontos percentuais pode-se reduzir o teor deste nutriente, com

suplementação dos aminoácidos, deve-se realizar um ensaio preliminar para a determinação do nível dietético de proteína bruta que proporcione melhor desempenho (ração controle). Este procedimento padronizaria as condições experimentais (temperatura, regime alimentar, etc.) entre os experimentos, e proporcionaria aplicabilidade prática dos resultados nas condições distintas em que, eventualmente, o nível proteico que proporcione melhor desempenho diferir do determinado nas condições experimentais nos estudos de referência.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Características Gerais do Tambaqui

O tambaqui *Colossoma macropomum*, (Cuvier, 1818), é um peixe originário nas bacias do Rio Amazonas, nativo dos rios Solimões, Madeira e Orinoco (BALDISSEROTTO; GOMES, 2010). Pertencente à família Characidae e subfamília Serrasalminae, foi a primeira espécie de peixe amazônico que atraiu a atenção de um grande número de pesquisadores e aquicultores, em função de sua potencialidade para a piscicultura (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998).

Há registros indicando que o tambaqui é o segundo maior peixe de escama da América do Sul, podendo chegar a medir 90 cm de comprimento e a pesar 30 kg (Gomes et al., 2010; Lopera-Barrero et al., 2011), sendo superado em tamanho somente pelo Pirarucu (*Arapaima gigas*) (KUBITZA, 2004; FRACALOSSO; CYRINO, 2013). Esta espécie tem apresentado elevada produtividade em cativeiro, eficiente potencial de crescimento, facilidade de obtenção de alevinos, valor comercial (VILLACORTA-CORREA, 1997; ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998), hábito alimentar onívoro/frugívoro/zooplânctófago (Claro-Júnior et al., 2004), possibilidade de criação em elevadas densidades e capacidade de sobrevivência em ambientes com baixa concentração de oxigênio (Melo et al., 2001).

Em 1972, no nordeste brasileiro, precisamente em Pentecostes/Ceará, o tambaqui foi introduzido através do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) nos viveiros do Centro de Pesquisas Ictiológicas (Silva et al., 1984). Atualmente, é a espécie nativa mais criada no país, com produção em 24 dos 27 estados, atingindo, em 2011, cerca de 111 mil toneladas (MAPA, 2012). Destacam-se como maiores produtoras as regiões Norte e Centro-Oeste, e, em alguns estados do Nordeste, sobressaem-se o Maranhão, Piauí, Sergipe e Bahia (Kubitza et al., 2012).

No Maranhão, os números oficiais apontam uma produção de 1.603 toneladas em 2010. Em levantamento recente realizado pela Acqua Imagem, foi verificado que apenas três grandes piscicultores do Vale do Mearim produzem, em conjunto, cerca de 410 toneladas de peixes/ano (Kubitza et al., 2012).

Muitos dos trabalhos de referência existentes agrupam o tambaqui juntamente com o pacu, pirapitinga e/ou seus híbridos como peixes redondos, devido às semelhanças no sistema produção e no mercado dessas espécies (Barros et al., 2011). A criação de espécies de peixes redondos em policultivo tem sido realizada com o objetivo de minimizar os riscos, já que ainda não existem tecnologias de produção definidas para cada uma dessas espécies e nem quais as melhores condições de criação, como destacado por Barros et al. (2011).

Atualmente, as práticas de produção existentes estão fundamentadas em experiências empíricas, vinculadas ao acompanhamento de piscicultores, e a reduzidas informações científicas sobre a criação dessa espécie (Cavero et al., 2009; Barros et al., 2011). Desta forma, tem-se buscado informações complementares que visem aperfeiçoar o desempenho produtivo e econômico da criação (Nunes et al., 2006; Chagas et al., 2007; Silva et al., 2007).

Proteína e Aminoácidos na Nutrição de Peixes

A proteína é o principal constituinte orgânico do tecido dos peixes, perfazendo 65 a 75% do total da matéria seca corporal (LALL; ANDERSON, 2005; BORGHESI, 2008). Atua na formação de compostos especializados, como as enzimas e hormônios, participam da renovação e formação de tecido proteico, e é considerada uma das principais fontes de energia metabólica para os peixes (LOGATO, 2000; WILSON, 2002; MACHADO, 2004; LALL; ANDERSON, 2005; FRACALOSI; CYRINO, 2013). Além dessas atribuições, é considerada um dos itens mais caros na formulação de rações (BOSCOLO, 2003; Sá et al., 2006; BARROS, 2010).

Para que o crescimento, a reprodução e outras funções fisiológicas dos peixes ocorram normalmente, é necessário que as exigências nutricionais sejam adequadamente atendidas, considerando-se as diferenças entre as espécies (ROTTA, 2002).

Os alimentos selecionados pelos peixes na natureza e em condições extensivas de produção (fitoplâncton e zooplâncton) têm apresentado elevada qualidade nutricional e constituem a principal fonte de alimentar sob essas condições de criação. Já em condições de produção em regimes mais intensificados, onde o alimento natural é restrito, todos os nutrientes essenciais devem ser obtidos do alimento fornecido, os quais devem ser altamente digestíveis e em proporções que permitam seu máximo aproveitamento (Jobling et al., 2001).

Destaque-se que as diferentes fontes proteicas não são idênticas nutricional e biologicamente. O valor biológico de uma proteína varia com a composição dos aminoácidos e suas respectivas disponibilidades (Anderson et al., 1995; Masumoto et al., 1996).

Segundo Sampaio (1998), se a dieta contiver uma quantidade deficiente em proteína, composição ou biodisponibilidade de aminoácidos inadequada, poderá reduzir o crescimento, diminuir a eficiência alimentar e o peso dos peixes em função da mobilização da proteína de alguns tecidos para manter suas funções vitais. Enquanto que, o excesso de proteína nas dietas é utilizado como fonte de energia, podendo, adicionalmente, proporcionar a redução na ingestão de ração, aumentar a excreção de nitrogênio na água, gerando impactos negativos ao ambiente, e elevar os custos de produção.

Em pesquisas realizadas com tambaquis na fase de alevinagem demonstram uma grande variação nas recomendações de proteína bruta em dietas, de 22 a 50 % de PB (Vidal Júnior et al., 1998; Silva et al., 2006; Oishi et al., 2010; Santos et al., 2010), indicando a necessidade de pesquisas adicionais.

Considerando que os peixes não possuem exigência verdadeira de proteína, mas de um balanceamento quantitativo de aminoácidos essenciais e não-essenciais, uma dieta formulada

com base em proteína bruta pode não atender às necessidades nutricionais para todos os aminoácidos (CRAIG; HELFRICH, 2009; BARROS, 2010). Em função disto, atualmente têm-se preconizado o conceito de proteína ideal na formulação de dietas para peixes, que consiste num balanço exato de aminoácidos de forma a atender as exigências individuais para manutenção e produção (CHUNG; BAKER, 1992; Ruchimat et al., 1997; NRC, 2011; FRACALOSSI; CYRINO, 2013).

Nesse conceito, os aminoácidos essenciais são relacionados ao aminoácido de referência, a lisina, em função de, principalmente, ser encontrada na forma industrial, da significativa quantidade de informações sobre sua exigência, da agilidade na realização de sua análise e de ser utilizada em maior proporção para a síntese de proteína corporal (VAN DER MEER; VERDEGEM, 1996; Abimorad et al., 2008). Neste sentido, com base na exigência dietética de lisina, estima-se a exigência dietética para os demais aminoácidos essenciais (WILSON, 1989).

Uma estratégia nutricional que tem demonstrado eficiência produtiva e ambiental é a redução do teor de proteína bruta nas rações com suplementação de aminoácidos industriais, com base no conceito de proteína ideal. Esta prática fundamenta-se na redução dos níveis excedentes de aminoácidos que estão acima da exigência associado à suplementação de aminoácidos limitantes na forma industrial. Em função disso há uma consequente melhora do balanceamento entre os aminoácidos, proporcionando redução do catabolismo de aminoácidos não limitantes e excreção de nitrogênio ao ambiente aquático, sem comprometer o desempenho produtivo (Bomfim et al., 2008; ARARIPE, 2009).

A viabilidade desta prática pôde ser demonstrada em experimentos com diferentes espécies de peixes, conforme apresentado na Tabela 1. Contudo, observa-se que a recomendação de até quanto pode ser viável a redução dos níveis proteicos da ração, com suplementação de aminoácidos limitantes, pode ser espécie e fase dependente. Para alevinos

de tilápia do Nilo os experimentos realizados indicaram que há a viabilidade da redução do teor proteico em até quatro e três pontos percentuais para as fases de alevinagem e crescimento/terminação, respectivamente. Para truta arco-íris e tambatinga há indicativos de que se pode reduzir de dez a doze pontos percentuais, respectivamente.

Tabela 1 – Redução de proteína bruta em dietas para peixes

Espécie	Peso Vivo(g)	Redução da proteína (%)	Aminoácido suplementado*
<i>Oreochromis niloticus</i> ¹	0,8-16,32	32 -28	L/M/T
<i>Oreochromis niloticus</i> ²	1,83- 12.46	32-28	L/M/T
<i>Oreochromis niloticus</i> ³	4,4-127,26	30-27,5	L/M/T
<i>Oreochromis niloticus</i> ⁴	34,63- 273,90	27-24,3	L/M/T
<i>Oreochromis niloticus</i> ⁵	105,7- 493,05	26,7-24,5	L/M/T/A
<i>P. brachypomus x C. macropomum</i> ⁶	6,521-65,079	40-28	L/M/T
<i>Oncorhynchus mykiss</i> ⁷	25,20-272,9	45-35	L/M/T/G

¹Bomfim et al. (2008); ²Quadros et al. (2009); ³Furuya et al. (2005); ⁴Botaro et al. (2007); ⁵Righetti et al. (2011); ⁶Araripe et al. (2011); ⁷Gaylor et al. (2009).

*Aminoácidos suplementados: L = L-lisina; M =DL-metionina; T = L-treonina; G = Glicina e A = L-arginina.

Um fator que pode influenciar na viabilidade desta estratégia nutricional é referente às implicações na utilização dos aminoácidos industriais nas dietas, como: maior capacidade de lixiviação no ambiente aquático, elevada taxa de evacuação estomacal e rápida absorção em relação aos aminoácidos oriundos das fontes proteicas do alimento. As consequências dessas implicações resultam em desbalanço de aminoácidos nos sítios de síntese proteica e a redução da eficiência de utilização proteica (CHAKRABORTY, 1998; Righetti et al., 2011). Para minimizar esse problema, têm-se recomendado aumentar da frequência de alimentação (TANTIKITTI; MARCH, 1995).

3. OBJETIVO GERAL

Determinar os efeitos de níveis de proteína bruta e de sua redução, com suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E. G.; SQUASSONI, G. H.; CARNEIRO, D. J. Apparente digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture**, v.14, n.4, p.374 – 380, 2008.
- ARARIPE, M. N. B. A.; ARARIPE, H. G. A.; LOPES, J. B.; CASTRO, P. L.; BRAGA, T. E. A.; FERREIRA, A. H. C.; ABREU, M. L. T. Redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos em rações para alevinos de tambatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.09, p.1845-1850, 2011.
- 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.
- ANDERSON, J. S.; LALL, S. P.; ANDERSON, D. M.; McNIVEN, M. A. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v.138, p.291-301, 1995.
- ARAÚJO-LIMA, C.; GOULDING, M. **Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia**. Brasília, DF. Tefé Sociedade Civil Mamirauá/CNPq, 1998. 186 p.
- BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: UFSM, 2ª Ed, 2010. 175p.
- BARROS, A. F. **Análise sócio econômica e zootécnica da piscicultura na microrregião da baixada Cuiabana – MT**. 2010. 129f. Tese (Doutorado em Aquicultura) Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, Jaboticabal, SP.
- BARROS, A. F.; MARTINS, M. I. E. G.; SOUZA, O. M.. Caracterização da piscicultura na microrregião da baixada cuiabana, Mato Grosso, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 261 – 273, 2011.
- BORGHESI, R. **Exigências em proteína e energia e valor biológico de alimentos para o dourado *Salminus brasiliensis***. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2008.

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.

BOSCOLO, W.R. **Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.)**. 2003. 98f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Universidade Estadual de Maringá UEM, Maringá, PR.

BOTARO, D.; FURUYA, W. M.; SILVA, L. C. R.; SANTOS, L. D.; SILVA, T. S. C.; SANTOS, V. G. Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.517-525, 2007.

CAVERO, B. A. S.; RUBIM, M. A. L.; PEREIRA, T. M. Criação comercial do tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) In: TAVARES-DIAS, M. (Org.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: EMBRAPA Amapá, 2009. p. 33- 46.

CHAGAS, E. C. GOMES, L. C.; JUNIOR, H. M.; ROUBACH, R. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1109-1115, 2007.

CHAKRABORTY, S. C.; CHAKRABORTY, S. Effect of dietary protein level on excretion of ammonia in Indian major carp (*Labeo rohita*), fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v. 4, p.47-51, 1998.

CHUNG, T. K.; BAKER, D. H. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. **Journal of Animal Science**, v. 70, p.3102-3111, 1992.

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

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.68-87, 2010.

FRACALOSSI, 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.

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; MACEDO, R. M. G; SANTOS, V. G.; SILVA, L. C. R.; SILVA T. C.; FURUYA, V. R. B.; SALES, P. J. P. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilapia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.

GAYLOR, T. G.; BARROWS, F. T. Multiple amino acid supplementations to reduce dietary protein in plantbased rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, feeds. **Aquaculture**, v.287, p.180-184, 2009.

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

HERNANDEZ, M.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Effect of dietary energy sources on the utilization of protein by *Colossoma macropomum* fingerlings. **Fisheries Science** 61 (3), p. 507-511, 1995.

JOBLING, M.; GOMES, E.; DIAS, J. Feed types, manufacture and ingredients. In: HOULIHAN, D.; BOUJARD, T.; JOBLING, M. (Ed.). **Food intake in fish**. Oxford: Blackwell Science, 2001. p. 25-48.

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo de tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v.14, n.83, maio/jun. 2004.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L.; ONO, E. A.; ISTCHUK, P. I. Panorama da Piscicultura no Brasil: Estatísticas, espécies, pólos de produção e fatores limitantes à expansão da atividade. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro. vol. 22, nº132. Julho/Agosto, 2012.

LALL, S. P.; ANDERSON, S. Amino acid nutrition of salmonids: Dietary requirements and bioavailability. **Cahiers Options Méditerranéennes**, Montpellier, v. 63, p.73-90, 2005.

LOGATO, P.V.R. **Nutrição e alimentação de peixes de água doce**. Editora Aprenda Fácil: Viçosa, MG, 2000, 128p.

LOPERA-BARRERO, N. M.; RIBEIRO, R. P.; POVH, J. A.; VARGAS, L. D. M.; POVEDA-PARRA, A. R.; DIGMAYER, M. 2011. As principais espécies produzidas no Brasil, 143-215. In: Lopera-Barrero, N.M.; Ribeiro, R.P.; Povh, J.A.; Vargas, L.D.M.; Poveda-Parra, A.R.; Digmayer, M. **Produção de organismos aquáticos: uma visão geral no Brasil e no mundo**. Agrolivros, Guaíba.

MACHADO, C. C. **Exigência de proteína na dieta de alevinos de dourado *Salminus brasiliensis***. 2004. 44f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC.

MASUMOTO, T.; RUCHIMAT, T.; ITO, Y.; HOSOKAWA, H.; SHIMENO, S. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, v.146, p.109-119, 1996.

MAPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim da Pesca e Aquicultura: Brasil 2012**. Brasília, 2012. 129 p.

MELO, L. A. S.; IZEL, A. C. U.; RODRIGUES, F. M. **Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros de argila/ barragens no Estado do Amazonas**. Manaus, EMBRAPA, Amazônia Ocidental, 2001, 25p.

NUNES, Z. M. P.; LAZZARO, X.; PERET, A. C. Influência da biomassa inicial sobre o crescimento e a produtividade de peixes em sistema de policultivo. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1083-1090, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish**. Washington: National Academic Press, 2011.

OISHI, C. A.; NWANNA, L. C.; PEREIRA FILHO, M. Optimum dietary protein requirement for Amazonian Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, fed fish meal free diets. **Acta Amazonica**, v.40, n.4, p.757-762, 2010.

PARSONS, C. M.; BAKER, D.H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., Maringá, 1994. **Anais**. Maringá: SBZ, 1994. p.119-128.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATTI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. cap.5, p.75-169.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FURUYA, W. M. Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.43-51, 2009 (suplemento especial).

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.

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.03, p.469-476, 2011.

ROTTA, M. A. 2002. **Utilização da energia e proteína pelos peixes**, Corumbá: Embrapa Pantanal, 24p.

RUCHIMAT, T.; MASUMOTO, T.; HOSOKAWA, H.; ITOH, Y.; SHIMENO, S. Quantitative lysine requirement of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*), **Aquaculture**, v.158, p.331- 339, 1997.

SAMPAIO, A. M. B. M. **Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré (*Cichla sp*)**. 1998. 49p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA, L. C. R.; FURUYA, W. M.; SANTOS, L. D.; SANTOS, V. G.; SILVA, T. S. C.; PINSETTA, P. J. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-Nilo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1258-1264, 2006.

SILVA, 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.

SILVA, J. W. B., NOBRE, M. I. S., PINHEIRO, F. A. E SOBRINHO, A. C. 1984. Resultado de um experimento de policultivo de Tambaqui *Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818, híbrido de tilapia, (*Oreochromis hornorum* TREW x *O. niloticus* L., 1766) e carpa espelho *Cyprinus carpio* L., 1758 vs Speculares. **Boletim Técnico do DNOCS**, Fortaleza, 42 (1): 63-89.

SUGIURA, S. H.; GABAUDAN, J.; DONG, F. M.; HARDY, R. W. Dietary microbialphytase supplementation and utilization of phosphorus, trace minerals and protein bu rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) fed soybean meal-based diets. **Aquaculture Research**. v.32, p.583-592, 2001.

TACON, A. G. J. **Nutritional fish pathology**. Rome: FAO, 1992. p.1-75.

TANTIKITTI, C.; MARCH, B. E. Dynamics of plasma free amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under variety of dietary conditions. *Fish Physiology Biochemistry*, v.14, p.179-194, 1995.

VAN DER MEER, M. B.; MACHIELS, M. A. M.; VERDEGEM, M. C. J. The effect of dietary protein level on growth, protein utilization and body composition of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research** n.26, p. 901-909, 1995.

VAN DER MEER, M. B.; VERDEGEM, M.C.J. Comparasion of amino acid profiles of feeds and fish as a quick method for selection of feed ingredients: a case study for *Colossoma macropomum* (Cuvier) at different dietary fish meal/soya meal ratios. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 27, p.531-538, 1996.

VILLACORTA-CORREA, M. A. **Estudo da idade e crescimento do tambaqui *Colossoma macropomum* (Characiformes: Characidae) na Amazônia Central, pela análise de marcas sazonais nas estruturas mineralizadas e microestruturas nos otólitos**. 1997, 214p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

WILSON, R. P. Amino acids and Proteins. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. **Fish Nutrition**. 3rd ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2002. p. 143-179.

WILSON, R. P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J.H. (Ed.). **Fish nutrition**. San Diego: Academic Press. 1989. p.112-153.

YAMAMOTO, T.; SUGITA, T.; FURUITA, H. Essential amino acid supplementation to fish meal-based diets with low protein to energy ratios improves the protein utilization in juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture** v.246, n.1-4, p.379-391, 2005.

ZARATE, D. D.; LOVELL, R.T; PAYNE, M. Effects of feeding frequency and rate of stomach evacuation on utilization of dietary free and protein-bound lysine for growth by channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture Nutrition**, v.5, p.17-22, 1999.

CAPÍTULO 2 – PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI

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

Proteína bruta em rações para alevinos de tambaqui

Charlyan de Sousa Lima⁽¹⁾, Marcos Antonio Delmondes Bomfim⁽¹⁾, Felipe Barbosa Ribeiro⁽¹⁾, Jefferson Costa de Siqueira⁽¹⁾ e Eduardo Arruda Teixeira Lanna⁽²⁾

⁽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: charlyansl@yahoo.com.br, madbomfim@yahoo.com.br, felipebribeiro@yahoo.com, jcsiqueira@ufma.br ⁽²⁾Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Avenida P. H. Holfes, s/n, Centro, CEP 36571-000, Viçosa, MG. E-mail: eduardoalanna@yahoo.com.br

Resumo – Objetivou-se avaliar os efeitos de níveis de proteína bruta (PB) em dietas para alevinos de tambaqui. Utilizou-se 750 alevinos com peso inicial $0,35 \pm 0,09$ g, em delineamento inteiramente casualizado, com 6 tratamentos, 5 repetições e 25 peixes por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em seis dietas isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas, com 20; 24; 28; 32; 36 e 40% de PB. Avaliou-se os parâmetros de desempenho, composição corporal, deposição de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio. Não observou-se efeitos dos níveis PB sobre o consumo de ração e o rendimento de carcaça. O consumo de PB aumentou linearmente e a taxa de eficiência proteica reduziu linearmente com a elevação dos níveis de PB. O ganho de peso, a conversão alimentar e a taxa de crescimento específico melhoraram até o nível estimado de 31,57; 28,90 e 31,12% de PB, respectivamente. A umidade corporal não foi influenciada pelos níveis de PB. Observou-se efeito quadrático dos níveis de proteína bruta sobre a gordura corporal, deposição de gordura corporal, proteína corporal, deposição de proteína corporal e eficiência de retenção de nitrogênio apresentando nível mínimo estimado, nos dois primeiros, de 26,55; 23,77; e nível

máximo estimado, nos demais, de 29,26; 32,50; 27,21% de PB, respectivamente. Concluiu-se que o nível de PB recomendado para alevinos de tambaqui é de 31,57%, que corresponde a uma relação energia digestível (ED):PB de 9,50 kcal de ED/g de PB, por proporcionar melhor ganho de peso.

Termos para indexação: *Colossoma macropomum*, desempenho, manejo alimentar, nutrição proteica.

Crude protein in feeds of tambaqui fingerlings

Abstract – The study was aimed at investigating the effect of crude protein (CP) in tambaqui fingerlings diets. Seven hundred and fifty fingerlings were used with initial weight 0.35 ± 0.09 g, in completely randomized design, with six treatments, five repetitions and twenty five fish per experimental unit. The treatments had consisted of six, isocaloric, isocalcic and isophosphoric diets, with 20, 24, 28, 32, 36 and 40% of CP. Performance parameters, carcass yield, corporal composition, the daily protein and fat deposition rates and nitrogen retention efficiency of the fishes were evaluated. No observed effects of CP levels on feed intake and carcass yield. Crude protein consumption increased linearly and the protein efficiency ratio decreased linearly with increased CP level. Weight gain, feed conversion ratio and specific growth rate improved to the level of estimated 31.57, 28.90 and 31.12% of CP, respectively. Body moisture was not influenced by levels of CP. Quadratic effect was observed in levels of crude protein on body fat, body fat deposition, body protein deposition of body protein and nitrogen retention efficiency showing estimated minimum level, in the first two, 26.55; 23.77; and maximum estimated, on the others, of 29.26; 32.50; 27.21% PB, respectively. It was concluded that the level of CP recommended of tambaqui fingerlings diets is 31.57%, which

corresponds to a digestible energy ratio (DE):CP of 9.50 kcal of DE/g CP, by providing better weight gain.

Index terms: *Colossoma macropomum*, food management, performance, protein nutrition

Introdução

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é uma espécie nativa que têm despertado interesse para a piscicultura, em virtude de características desejáveis como: adaptação ao cativeiro, alta prolificidade, rápido crescimento, hábito alimentar onívoro, aceitação de alimento artificial, carne de coloração branca e poucos espinhos intramusculares e aceitação pelo mercado consumidor (Mendonça et al., 2009).

Apesar de suas características produtivas ainda há carência de informações sobre as exigências nutricionais (Dairiki e Silva, 2011). Para os teores dietéticos de proteína bruta verifica-se uma grande divergência na recomendação do nível proteico a fase de alevinagem, de 22 a 50% de PB (Vidal Júnior et al., 1998; Silva et al., 2006; Oishi et al., 2010; Santos et al., 2010).

A utilização de dietas deficientes em proteína, composição ou biodisponibilidade de aminoácidos inadequada, poderá proporcionar redução na taxa de crescimento e na eficiência alimentar em função da mobilização da proteína de alguns tecidos para manter as funções vitais. Enquanto que, o excesso de proteína nas dietas é utilizado como fonte de energia, podendo, adicionalmente, proporcionar a redução na ingestão de ração, aumentar a excreção de nitrogênio na água e elevar os custos de produção (Fracalossi & Cyrino, 2013). Portanto, em função desta variação, faz-se necessário a realização de pesquisas adicionais que visem determinar com precisão níveis de proteína em dietas para esta fase de criação.

Neste sentido, realizou-se este trabalho com o objetivo avaliar os efeitos de níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de tambaqui.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Pesquisas em Nutrição de Peixes do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), localizado no município de Chapadinha – Maranhão, com duração de 45 dias, no período compreendido entre os meses de setembro a outubro de 2012.

Foram utilizados 750 alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com peso inicial de $0,35 \pm 0,09$ g, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos, cinco repetições e vinte cinco peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de seis dietas experimentais isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas, contendo diferentes níveis de proteína bruta – PB (20; 24; 28; 32; 36 e 40,0 %) (Tabela 1). O nível mínimo dos aminoácidos, calculados em valor percentual do teor da proteína bruta da ração, foi estimado com base nas exigências nutricionais sugeridas para tilápias do nilo por Furuya et al. (2010).

Os alevinos foram mantidos em 30 aquários de polietileno, com capacidade volumétrica de 500 litros e volume útil de 300 litros, dotados de sistemas individuais de abastecimento de água e escoamento de fundo, dispostos em sistema de recirculação.

A água de abastecimento dos aquários foi proveniente de poço artesiano do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão.

A temperatura da água foi monitorada diariamente, às 7:30 e 17:30 horas, com o auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio, graduado de 0 a 50°C. O pH, teor de oxigênio dissolvido na água e amônia tóxica foram monitorados a cada sete dias, por intermédio de phmetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia tóxica, respectivamente.

Os ingredientes das dietas foram peletizados, utilizando-se máquina de moer carne, triturados manualmente e peneirados, ficando os péletes de 3 a 4 mm de diâmetro.

As dietas foram fornecidas *ad libitum* diariamente, em cinco refeições (08:00; 10:30; 13:00; 15:30 e 18:00 horas), sendo que, em cada refeição, as dietas foram fornecidas em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, possibilitando a ingestão máxima, até a aparente saciedade, evitando-se, dessa forma, sobras ou subfornecimento.

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

Avaliaram-se os seguintes índices de desempenho e composição corporal: consumo de ração (CR), consumo de proteína bruta (CPB), taxa de eficiência proteica (TEP), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), taxa de crescimento específico (TCE), rendimento de carcaça (RC), composição corporal (teores de umidade, proteína e gordura), taxas de deposição de proteína e gordura corporais, e a eficiência de retenção de nitrogênio.

O CR foi calculado pela quantidade de ração consumida no início até o final do experimento. O CPB foi obtido pela multiplicação do consumo de ração pelo percentual de proteína, dividido por 100. A TEP foi obtida pela divisão entre o ganho de peso e o consumo de proteína bruta.

O GP foi obtido pela diferença de peso entre os pesos médios final e inicial. A CA foi calculada dividindo-se o consumo aparente de ração pelo ganho de peso. Para determinação da TCE, foi adotada a equação abaixo, utilizando-se transformações logarítmicas:

$$TCE = \frac{\text{LN do peso final (g)} - \text{LN do peso inicial (g)}}{\text{tempo de experimento (dias)}} \times 100$$

Para as análises corporais, uma amostra de 50 peixes foram insensibilizados, eutanasiados e congelados no início, e todos os peixes de cada unidade experimental no final do experimento.

Antes do congelamento, seis peixes por unidade experimental, com pesos correspondentes ao peso médio da respectiva unidade, foram eviscerados para a determinação do rendimento de carcaça. O rendimento de carcaça (%) foi calculado dividindo-se o peso dos peixes eviscerados pelo peso dos peixes com vísceras, multiplicado por 100.

Após o congelamento, os peixes (carcaças e vísceras) foram liofilizados, moidos em moinho de bola e acondicionados em recipientes para análises laboratoriais. As amostras foram analisadas quanto a sua composição química corporal (teores de umidade, proteína e gordura corporais) conforme procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2003).

As deposições de proteína e de gordura corporais foram calculadas pela diferença da proteína ou gordura corporal final e inicial, respectivamente, em mg, dividida pelo período experimental, em dias.

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

As variáveis de desempenho e composição corporal foram submetidas aos testes de normalidade (Cramer-Von Mises) e de homocedasticidade (Brown-Forsythe). Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de cinco por cento de probabilidade.

Os efeitos dos níveis de proteína bruta foram analisados mediante o uso de modelos de regressão polinomial de 1ª e 2ª ordem ou descontínuo “Linear Response Plateau” (LRP), conforme o melhor ajustamento obtido para cada variável.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do *software* SAS 9.0 (2002).

Resultados e Discussão

Os valores obtidos durante o período experimental de $26,8 \pm 0,48^{\circ}\text{C}$ e $28,6 \pm 0,65^{\circ}\text{C}$ para temperatura da água pela manhã e tarde, respectivamente, de $5,8 \pm 0,25$ para o pH, de $6,7 \pm 0,83$ mg/L para o oxigênio dissolvido e de $0,40 \pm 0,12$ mg/L para amônia total,

permaneceram dentro da faixa recomendada para criação da espécie (temperatura entre 28°C; pH entre 4 a 6mg/L; oxigênio dissolvido acima de 3 mg/L; concentrações de 0,46 mg/L de amônia não-ionizada), segundo Gomes et al. (2010) e Mendonça et al. (2012).

Observou-se que a variação dos teores de proteína bruta (PB) na ração não influenciou ($P>0,05$) no consumo de ração e no rendimento de carcaça dos peixes. Contudo, as demais variáveis foram influenciadas ($P<0,05$) pelos tratamentos (Tabela 2).

No caso do consumo de ração, o motivo provável para que não se tenha observado variação nessa variável deve-se ao fato das dietas serem isoenergéticas, uma vez que o nível energético da dieta pode limitar o consumo dos peixes (Carneiro, 1990). Vidal Júnior et al. (1998), avaliando as exigências proteicas de tambaqui na fase de 30 a 250 gramas também não detectaram diferenças no consumo de ração com o aumento do nível de proteína em dietas para a espécie.

Uma vez que o consumo de ração não variou, o consumo de proteína bruta aumentou ($P<0,01$) de forma linear com a elevação dos níveis proteicos da dieta.

O ganho de peso (GP) aumentou ($P<0,01$) de forma linear, à medida que se elevaram os níveis de PB na ração. Apesar da variação linear, o modelo “Linear Response Plateau” – LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 31,57% o nível de PB a partir do qual ocorreu um platô de 14,84 g (Tabela 1 e Figura 1). Já a taxa de eficiência proteica (TEP) diminuiu linearmente ($P<0,05$) com a elevação dos níveis proteicos da ração.

Efeitos similares também foram observados por Sá e Fracalossi (2002) e Bomfim et al. (2005), os quais verificaram aumento linear de ganho de peso dos alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) e curimbatá (*Prochilodus affinis*), respectivamente, com a ocorrência de platô a partir de um dos níveis intermediários de PB avaliados.

Por outro lado estes resultados diferem dos obtidos por Vidal Júnior et al. (1998) e Furuya et al. (2000), em pesquisas com tambaquis na fase de 30 a 250 gramas e alevinos de

tilápia do Nilo, respectivamente, os quais verificaram efeito quadrático sobre o ganho de peso com a variação do nível proteico da dieta, indicando que níveis excessivos de proteína podem ser prejudiciais ao crescimento, pois os animais podem demandar energia para metabolizar e excretar o excesso de proteína.

No caso em estudo, considerando que não houve variação no consumo de ração e, conseqüentemente, de energia e dos demais nutrientes (dietas isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas), pode-se inferir que o ganho de peso foi influenciado apenas pela variação no consumo de proteína bruta que apresentou efeito linear. Por outro lado, o consumo de proteína bruta proporcionado pelas dietas com níveis acima de 31,57% apesar de não proporcionarem melhoras significativas no ganho de peso, não influenciou negativamente no consumo de ração, sendo a proteína provavelmente utilizada para fins energéticos.

Embora a variação da TEP tenha sido linear, observa-se que, numericamente, a redução desta variável ficou mais evidente a partir da utilização de dietas contendo 28% de PB, indicando uma redução da eficiência da utilização da proteína para a deposição de proteína corporal e o aumento da proporção direcionada para fins energéticos, gliconeogênese ou lipogênese (Salhi et al., 2004; Fracalossi e Cyrino, 2013).

Resultados semelhantes também foram observados em outras pesquisas com peixes nas quais foi verificado um aumento da TEP à medida que foi reduzindo a concentração proteica na dieta (Bicudo et al., 2010; Costa et al., 2009; Cotan et al., 2006; Vidal Júnior et al., 1998).

Por outro lado, esses resultados diferem dos observados por Sá & Fracalossi, (2002) com alevinos de piracanjuba, que não verificaram diferenças significativas na TEP em função da variação da concentração de proteína na dieta.

Observações distintas também foram obtidas por Borghesi (2008), em experimento com juvenis de dourado, e por Bomfim et al. (2005), em alevinos de curimatá, que

verificaram que até em um determinado nível proteico houve melhora na TEP, sugerindo que a taxa de eficiência proteica se eleva até que a exigência em proteína seja atingida pelos peixes, com redução de seu valor nos níveis proteicos subsequentes.

Semelhante ao observado no ganho de peso, a taxa de crescimento específico também aumentou ($P < 0,01$) de forma linear ($\hat{Y} = 0,0428x + 6,8281$; $P < 0,001$; $r^2 = 0,9026$), à medida que se elevaram os níveis de PB na ração. Apesar do efeito linear, o modelo “Linear Response Plateau” – LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 31,12% o nível de PB a partir do qual ocorreu um platô em 8,377 %/dia.

Estes resultados se assemelham ao obtido por Souza et al. (2011) com juvenis de robalo-peva, em que observaram que a TCE, apresentou efeito linear crescente, indicando melhores resultados com o aumento do nível proteico da dieta. Do mesmo modo, Vásquez-Torres et al. (2011) observaram que os juvenis de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) quando alimentados com dieta contendo elevados teores de proteína bruta (até 32% PB) apresentaram as maiores taxas de crescimento específico (TCE).

No caso da conversão alimentar, apesar do efeito linear ($\hat{Y} = - 0,0266x + 1,911$; $P < 0,001$; $r^2 = 0,8455$), o modelo “Linear Response Plateau” – LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 28,91% o nível de PB a partir do qual ocorreu um platô em 0,974 g/g.

Em estudo conduzido por Bittencourt et al. (2010) com alevinos de piavuçu e Souza et al. (2011) com juvenis de robalo-peva, verificou-se que a conversão alimentar aparente melhorou linearmente com o aumento da concentração de proteína na dieta.

Entretanto, em alguns trabalhos a conversão alimentar variou de forma quadrática em função da variação nos níveis proteicos, como nos desenvolvidos por Sá e Fracalossi (2002) com piracanjuba e por Bomfim et al. (2005) com curimatá. Em outros, a variação nos níveis proteicos não afetou a conversão alimentar dos peixes, como nos experimentos conduzidos

por Botaro et al. (2007) com tilápia do Nilo, Vidal Júnior et al. (1998) com tambaqui e Signor et al., (2004) com jundiá.

Os melhores valores observados para a conversão alimentar nos peixes alimentados com níveis superiores de PB podem ser atribuídos às suas maiores taxas de crescimento (Bomfim et al., 2005), em especial de tecido magro, uma vez que o consumo de ração dos peixes foi similar entre os níveis proteicos avaliados. Esta hipótese seria fundamentada no teor de matéria seca do tecido proteico, que é menor em relação ao tecido adiposo, apresentando, desta forma, mais eficiência na utilização do alimento para sua deposição (Fracalossi & Cyrino, 2013).

Os níveis proteicos não influenciam ($P>0,05$) no rendimento de carcaça (RC) dos alevinos de tambaqui. Valores obtidos do RC neste experimento estão entre 83,06 a 85,95, semelhante aos reportados por Reidel et. al (2010) (RC entre 78 a 87%) em jundiá e Signor et al. (2010) (RC entre 84,69 a 85,01%) em pacus. No entanto, os resultados de RC são superiores aos relatados por Melo et al. (2003), que obtiveram valores entre 80,0 e 82,5% em jundiás; porém inferiores aos observados por Reidel et al. (2004) para machos e fêmeas de curimatás (médias de 91,26 e 89,40%, respectivamente).

O teor de umidade corporal ($P>0,05$) não foi influenciado pela variação dos teores de PB (Tabela 3). Por outro lado, Bomfim et al., (2005) em trabalho com alevinos de curimatá e Cotan et al. (2006) com alevinos de lambari tambuí observaram que os peixes alimentados com rações constituídas por baixos níveis de proteína bruta apresentaram menores teores de umidade corporal em comparação com os tratamentos de níveis de PB superiores.

Observou-se efeito quadrático ($P<0,01$) dos níveis de PB sobre os teores de gordura corporal que diminuiu até o nível estimado de 26,55% de PB, com valor mínimo de 2,36% (Tabela 3). Estes resultados diferem dos observados por Bomfim et al. (2005) e Fernandes et

al. (2001) que verificaram redução da gordura corporal com a elevação dos teores de PB em curimatá e pacu, respectivamente.

Em relação ao teor de proteína corporal, verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de proteína bruta, que melhorou até o nível estimado de 29,26% de PB, com valor máximo de 14,26% (Tabela 3). Bittencourt et al. (2010), em pesquisas com alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*), verificou maiores porcentagens proteicas na carcaça dos peixes alimentados com 30% em relação aos tratamentos com níveis superiores de PB. Fernandes et al. (2000), observaram que o aumento dos teores de proteína bruta influenciaram no aumento dos teores de proteína corporal em alevinos de pacu e tambaqui, respectivamente.

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,01$) dos níveis de PB sobre a deposição gordura corporal que diminuiu até o nível estimado de 23,77% de PB, com valor mínimo de 6,01% (Tabela 3). Estes resultados corroboram com trabalhos desenvolvidos por Fernandes et al. (2000) com pacu, e por Sá e Fracalossi, (2002) com piracanjuba, indicando que para os alevinos de tambaqui ao serem alimentados com rações de nível proteico inferior fizeram uso da energia adicional para a deposição de gordura.

A deposição de proteína corporal apresentou um efeito quadrático ($P < 0,05$) com a redução de PB, que melhorou até o nível estimado de 32,50% de PB, com valor máximo de 44,29% (Tabela 3). Estes resultados corroboram as observações de Oishi et al. (2010) e Santos et al. (2010) de que as taxas de deposição de proteína estão estreitamente relacionadas com a concentração de proteína na dieta.

Notou-se um efeito quadrático ($P < 0,01$) dos níveis de proteína bruta sobre a eficiência de retenção de nitrogênio – ERN que melhorou até o nível estimado de 27,21% de PB, com valor máximo de 44,79%.

A redução da eficiência de retenção de nitrogênio observada com a utilização dos níveis de PB inferiores e superiores ao ponto de máximo estimado provavelmente estão

relacionados, no primeiro caso, ao aumento da proporção da utilização proteica para as necessidades de manutenção em relação à utilizada para deposição proteica, e, no segundo caso, em função da utilização da proteína adicional consumida para fins energéticos (Bomfim et al., 2008).

Efeito quadrático similar da ERN em função da variação proteica da dieta também foi observado por Bomfim et al. (2005) com curimatás. Já com tilápias, Furuya et al. (2005) verificaram que esta variável reduziu linearmente com o aumento do teor de proteína na dieta. Por outro lado, Fernandes et al. (2001) observaram que a variação nos níveis dietéticos de proteína bruta não afetaram a ERN de pacus, e Cotan et al. (2006) verificaram maior ERN nos peixes alimentados com o menor nível proteico em alevinos de lambari também.

Conclusão

1. A recomendação de proteína bruta para alevinos de tambaqui é de 31,57%, que corresponde a uma relação energia digestível (ED):PB de 9,50 kcal de ED/g de PB, por proporcionar melhor ganho de peso.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão, pelo apoio financeiro.

Referências

BICUDO, A. J.A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J.E.P. Growth performance and body composition of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture Nutrition**, v.16, n.2, p.213–222, 2010.

BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; FREITAS, J.M.A. Proteína e energia em rações para alevinos de piavuçu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2553-2559, 2010.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; SERAFINI, M.A.; RIBEIRO, F.B.; PENA, K.S. Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimbatá (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1795–1806, 2005.

BORGHESI, R. **Exigências em proteína e energia e valor biológico de alimentos para o dourado *Salminus brasiliensis***. 2008. 95p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

BOTARO, D.; FURUYA, W. M.; SILVA, L. C. R.; SANTOS, L. D.; SILVA, T. S. C.; SANTOS, V. G. Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.517-525, 2007.

CARNEIRO, D.J. Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887). São Carlos, SP: UFSCAR, 1990. 55p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de São Carlos, 1990.

COTAN, J. L. V.; LANNA, E. A. T.; BOMFIM, M. A. D.; DONZELES, 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.

COSTA, M. L. S.; MELO, F. P.; CORREIA, E. S. Efeitos de diferentes níveis protéicos da ração no crescimento na Tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757), variedade Chitralada, criadas em tanques-rede. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 35(2): 285 - 294, 2009.

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).

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**, 29(3):646-653, 2000.

FERNANDES, J. B. K.; CARNEIRO, D. J.; SAKOMURA, N. K. Fontes e Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30(3):617-626, 2001.

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.

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; MACEDO, R. M. G.; SANTOS, V. G.; SILVA, L. C. R.; SILVA, T. C.; FURUYA, V. R. B.; SALES, P. J. P. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.

FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V. R. B.; SOARES, C. M. Exigências de proteína para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1912-1917, 2000.

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. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: Baldisserotto, B.; Gomes, L.C. (Org.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2ª. Ed. Editora UFSM, Santa Maria. 2010. p.175-204.

MELO, J.F.B.; BOIJINK, C.L.; RADÜNZ NETO, J. Efeito da alimentação na composição química da carcaça do jundiá *Rhamdia quelen*. **Revista Biodiversidade Pampeana**, v.1, n.1, p.12-23, 2003.

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**, 61 (235): 437-448. 2012.

MENDONÇA, P. P.; FERREIRA, R. A.; VIDAL JUNIOR, M. V.; ANDRADE, D. R.; M. V. B. SANTOS, M. V. B.; FERREIRA, A. V.; REZENDE, F. P. 2009. Influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, 58 (223): 323-331, 2009.

OISHI, C.A.; NWANNA, L.C.; PEREIRA FILHO, M. Optimum dietary protein requirement for Amazonian Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, fed fish meal free diets. **Acta Amazonica**, v.40, n.4, p.757-762, 2010.

REIDEL, A.; ROMAGOSA, E.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R.; COLDEBELLA, A.; SIGNOR, A. A. Rendimento corporal e composição química de jundiás alimentados com

diferentes níveis de proteína e energia na dieta, criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.233-240, 2010.

REIDEL, A.; OLIVEIRA, L. G.; PIANA, P. A.; LEMAINSKI, D.; BOMBARDELLI, R.A.; BOSCOLO, W. R. Avaliação de rendimento e características morfométricas do curimatá *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES, 1836), e do piavuçu *Leporinus macrocephalus* (GARAVELLO & BRITSKI, 1988) machos e fêmeas. **Revista Varia Scientia**, v.4, n.8, p.71-78, 2004.

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.

ROSTAGNO, R. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. G.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

SALHI, M.; BESSONART, M.; CHEDIAK, G.; BELLAGAMBA, M.; CARNEVIA, D. Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. **Aquaculture**, v. 231, p. 435-444, 2004.

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

SÁ, M. V. C.; FRACALOSSO, D. M. Exigência protéica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.1-10, 2002.

SIGNOR, A.; SIGNOR, A. A.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R.; REIDEL, A.; HAYASHI, C. Exigência de proteína bruta de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Varia Cientia**, v.4, n.1, p.79-89, 2004.

SIGNOR, A. A.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, F.; COLDEBELLA, A.; REIDEL, A. Proteína e energia na alimentação de pacus criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2336-2341, 2010.

SILVA, L. C. R.; FURUYA, W. M.; SANTOS, L. D.; SANTOS, V. G.; SILVA, T. S. C.; PINSETTA, P. J. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-Nilo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1258-1264, 2006.

SOUZA, J. H.; FRACALOSSO, D. M.; GARCIA, A. S.; RIBEIRO, F. F.; TSUZUKI, M. Y. Desempenho zootécnico e econômico de juvenis de robalo-peva alimentados com dietas contendo diferentes concentrações proteicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.2, p.190-195, fev. 2011.

VÁSQUEZ-TORRES, W.; PEREIRA FILHO, M.; ARIAS-CASTELLANOS, J.A. Optimum dietary crude protein requirement for juvenile cachama *Piaractus brachypomus*. **Ciência Rural**, v.41, n.12, p.2138–2189, 2011.

VIDAL JÚNIOR, M.V.; DONZELE, J. L.; CAMARGO, A. C. S.; ANDRADE, D. R.; SANTOS, L. C. Níveis de proteína para Tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) dos 30 aos 250 g de peso vivo. Desempenho dos Tambaquis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, V. 27, n.3, p. 421-426, 1998.

VIDAL JÚNIOR, M. V. **Técnicas de determinação de digestibilidade e determinação de digestibilidade de nutrientes de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2000. 96p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Tabela 1. Composição percentual e química das rações do experimento 1 (matéria natural)

Ingredientes (%)	Nível de Proteína Bruta (%)					
	20,00	24,00	28,00	32,00	36,00	40,00
Farelo de soja (45%)	33,863	44,648	55,323	65,997	76,672	87,347
Milho	57,580	46,440	35,376	24,313	13,249	2,186
Óleo de soja	3,848	4,247	4,625	5,003	5,381	5,759
L-Lisina-HCl (78,4%)	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DL-Metionina (99%)	0,060	0,098	0,138	0,178	0,217	0,257
L-Treonina (98,5%)	0,093	0,118	0,145	0,173	0,200	0,227
Calcário Calcítico	0,298	0,236	0,177	0,118	0,059	0,000
Fosfato Bicálcico	3,140	3,142	3,145	3,148	3,151	3,154
Suplemento Vitamínico e Mineral ⁽¹⁾	0,100	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500
Vitamina C ⁽²⁾	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Composição calculada ⁽³⁾						
Proteína Bruta (%)	20,00	24,00	28,00	32,00	36,00	40,00
Proteína Digestível (%) ⁽⁴⁾	17,97	21,74	25,51	29,28	33,05	36,82
Energia Digestível (kcal/kg) ⁽⁴⁾	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Extrato Etéreo (%)	6,48	6,65	6,80	6,96	7,11	7,26
Fibra Bruta (%)	2,79	3,17	3,54	3,92	4,29	4,67
Ca Total (%)	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
P disp (%) ⁴	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Na Total (%)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Lisina (%) Total	1,115	1,352	1,625	1,897	2,170	2,442
Lisina (%) Digest ⁽⁴⁾	1,043	1,264	1,520	1,776	2,032	2,288
Met. + Cist (%) Total	0,683	0,822	0,961	1,101	1,240	1,380
Met. + Cist (%) Digest ⁽⁴⁾	0,626	0,757	0,888	1,019	1,151	1,282
Treonina Total (%)	0,879	1,060	1,241	1,422	1,604	1,785
Treonina Digest. (%) ⁽⁴⁾	0,803	0,971	1,140	1,308	1,477	1,645
Triptofano Total (%)	0,248	0,309	0,370	0,430	0,491	0,552
Triptofano Digest. (%) ⁽⁴⁾	0,229	0,286	0,342	0,398	0,455	0,511
Relação ED/PB (Kcal/g)	15,00	12,50	10,71	9,37	8,33	7,50

⁽¹⁾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. ⁽²⁾Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo. ⁽³⁾Com base nos valores propostos por Rostagno et al. (2011). ⁽⁴⁾Com base nos coeficientes disponibilidade de fósforo propostos para tilápia do Nilo por Furuya et al. (2010); e dos do milho, farelo de soja e óleo de soja propostos por Vidal Júnior (2000).

Tabela 2. Desempenho, eficiência alimentar e rendimento de carcaça de alevinos de tambaqui em função do teor proteico da ração.

Variáveis	Nível de proteína bruta (%)						CV ⁽¹⁾	P>F ⁽²⁾
	20	24	28	32	36	40		
Consumo de ração (g)	14,90	13,90	13,58	15,39	14,20	13,47	9,56	0,2584
Consumo de proteína bruta (mg) ⁽³⁾	2,98	3,33	3,80	4,92	5,11	5,38	11,07	<.0001
Taxa de eficiência proteica ⁽⁴⁾	3,43	3,41	3,56	2,77	3,02	2,82	11,92	0,0131
Ganho de peso (g) ^(5,6)	10,23	11,38	13,51	13,66	15,45	15,17	14,82	0,0023
Conversão alimentar (g/g) ^(7,8)	1,46	1,25	1,02	1,13	0,92	0,89	11,62	<.0001
Taxa de crescimento específico (%/dia) ^(9,10)	7,59	7,83	8,16	8,24	8,45	8,40	3,86	0,0016
Rendimento de carcaça (%)	83,19	83,28	83,06	85,95	85,20	85,42	2,60	0,1541

⁽¹⁾Coefficiente de variação (%). ⁽²⁾Significância do Teste "F" da análise de variância. ⁽³⁾Efeito linear: $\hat{Y} = 0,131X + 0,297$ ($r^2 = 0,615$). ⁽⁴⁾Efeito linear: $\hat{Y} = - 0,035X + 4,241$ ($r^2 = 0,949$). ⁽⁵⁾Efeito Linear Response Plateau: $\hat{Y} = 14,84 - 0,4105X$ ($R^2 = 0,916$); platô: $\hat{Y} = 14,84$. ⁽⁶⁾Efeito linear: $\hat{Y} = 0,2647x + 5,2919$ ($r^2 = 0,919$). ⁽⁷⁾Efeito Linear Response Plateau: $\hat{Y} = 0,9736 - 0,055X$ ($R^2 = 0,873$); platô: $\hat{Y} = 0,974$. ⁽⁸⁾Efeito linear: $\hat{Y} = - 0,0266x + 1,911$ ($r^2 = 0,8455$). ⁽⁹⁾Efeito Linear Response Plateau: $\hat{Y} = 8,377 - 0,723X$ ($R^2 = 0,958$); platô: $\hat{Y} = 8,377$. ⁽¹⁰⁾Efeito linear: $\hat{Y} = 0,0428x + 6,8281$ ($r^2 = 0,9026$).

Tabela 3. Composição corporal, deposições de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tambaqui alimentados com rações contendo diversos teores de proteína.

Variáveis	Nível de proteína bruta (%)							CV ⁽¹⁾	P>F ⁽²⁾
	Inicial	20	24	28	32	36	40		
Umidade Corporal (%)	78,45	78,41	80,00	79,81	80,43	81,63	81,54	2,83	0,2617
Gordura corporal (%) ⁽³⁾	1,65	2,60	2,67	2,79	2,08	3,24	4,03	9,71	<,0001
Proteína corporal (%) ⁽⁴⁾	22,57	12,68	12,70	14,48	13,28	14,68	10,74	10,75	0,0029
Deposição de gordura corporal (mg/dia) ⁽⁵⁾	---	6,27	5,83	7,75	5,60	11,22	12,32	19,93	<,0001
Deposição de proteína corporal (mg/dia) ⁽⁶⁾	---	28,15	31,97	40,39	41,44	53,63	32,19	17,54	0,0002
Eficiência de retenção de nitrogênio (%) ⁽⁷⁾	---	42,31	38,09	47,60	37,81	44,04	29,55	15,63	0,0038

⁽¹⁾Coeficiente de variação (%). ⁽²⁾Significância do Teste "F" da análise de variância. ⁽³⁾Efeito quadrático: $\hat{Y} = 8,57 - 0,465X + 0,0087X^2$ ($R^2 = 0,78$). ⁽⁴⁾Efeito quadrático: $\hat{Y} = - 5,91 + 1,374X - 0,0234X^2$ ($R^2 = 0,54$). ⁽⁵⁾Efeito quadrático: $\hat{Y} = 20,45 - 1,216X + 0,0256X^2$ ($R^2 = 0,78$). ⁽⁶⁾Efeito quadrático: $\hat{Y} = - 81,44 + 7,736X + 0,1190X^2$ ($R^2 = 0,60$). ⁽⁷⁾Efeito quadrático: $\hat{Y} = 8,57 - 0,465X + 0,0087X^2$ ($R^2 = 0,55$).

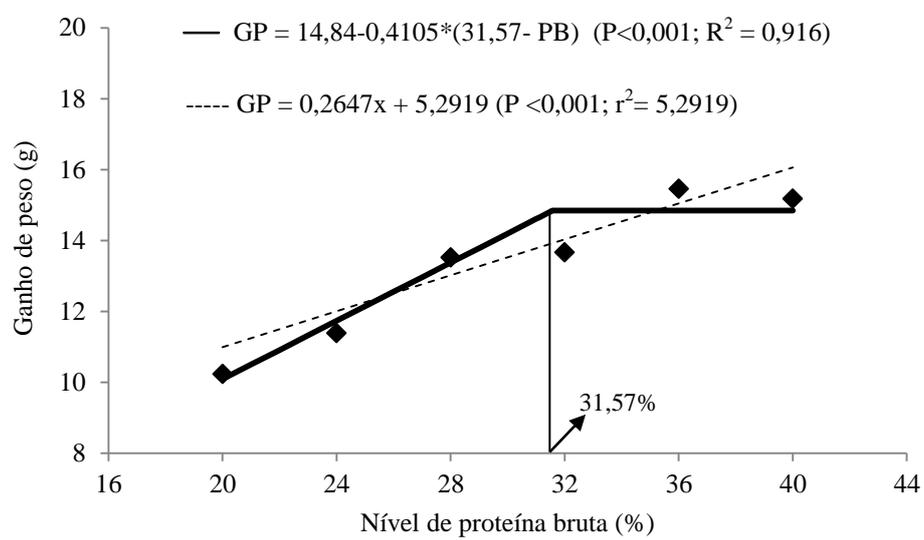


Figura 1. Representação gráfica do ganho de peso de alevinos de tambaqui, em função do nível proteico da ração.

**CAPÍTULO 3 – REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA, COM SUPLEMENTAÇÃO DE
AMINOÁCIDOS, EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI**

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

Redução de proteína bruta, com suplementação de aminoácidos, em rações para alevinos de tambaqui

Charlyan de Sousa Lima⁽¹⁾, Marcos Antonio Delmondes Bomfim⁽¹⁾, Felipe Barbosa Ribeiro⁽¹⁾, Jefferson Costa de Siqueira⁽¹⁾ e Eduardo Arruda Teixeira Lanna⁽²⁾

⁽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: charlyansl@yahoo.com.br, madbomfim@yahoo.com.br, felipebribeiro@yahoo.com, jcsiqueira@ufma.br ⁽²⁾Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Avenida P. H. Hofs, s/n, Centro, CEP 36571-000, Viçosa, MG. E-mail: eduardoalanna@yahoo.com.br

Resumo – Objetivou-se avaliar os efeitos da redução da proteína bruta (PB) com a suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tambaqui. Utilizou-se 750 alevinos com peso inicial de $0,44 \pm 0,14$ g, em delineamento inteiramente casualizado, com 6 tratamentos, 5 repetições e 25 peixes por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em 6 rações isoenergéticas, isocálcicas, isofosfóricas e isolisínicas com 32,0; 30,5; 29,0; 27,5; 26,0; 24,5% de PB. Avaliaram-se as variáveis de desempenho, composição corporal, deposição de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio. Com a redução do teor de PB a partir de 27,5% de PB, observou-se uma melhora no ganho de peso, na taxa de crescimento específico, na conversão alimentar e na taxa de eficiência proteica. O consumo de ração foi superior nos peixes alimentados com dietas contendo 26% de PB, seguidos de 29,0 e 27,5% de PB, os demais níveis não variaram entre si. O consumo de proteína bruta reduziu com a utilização de dietas de menor teor de PB e o rendimento de carcaça não foi influenciado pelos tratamentos. A

redução do teor proteico da ração não influenciou composição corporal, a deposição de proteína e gordura corporais. A eficiência de retenção de nitrogênio foi superior nos níveis de 26,0 a 24,5% de PB. Conclui-se que é possível reduzir de 32,0 para 24,5% o teor de PB em rações para alevinos de tambaqui, e que a redução do teor de PB para os níveis entre 27,5 e 24,5% potencializa o desempenho dos peixes, desde que as dietas sejam devidamente suplementadas com aminoácidos essenciais limitantes.

Termos para indexação: aminoácidos, *Colossoma macropomum*, desempenho, nutrição proteica, piscicultura.

Crude protein reduction, with amino acids supplementation, in diets for tambaqui fingerlings

Abstract – The study was aimed at evaluate the effect of the reduction of crude protein (CP) with amino acids supplementation, based on the ideal protein concept, in diets of tambaqui fingerlings. Seven hundred and fifty fingerlings were used with initial weight of 0.44 ± 0.14 g, in completely randomized design, with six treatments, five repetitions and twenty five fish per experimental unit. The treatments had consisted of six isocaloric, isocalcic, isophosphoric and isolysinic diets, with 32.0, 30.5, 29.0, 27.5, 26.0 and 24.5% of CP. Performance parameters, carcass yield, corporal composition, the daily protein and fat deposition rates and nitrogen retention efficiency of the fishes were evaluated. With the reduction of the levels of PB after 27.5% PB, observed an improvement in weight gain, in specific growth rate, feed conversion and protein efficiency rate. Feed intake was higher in fish fed diets containing 26% CP, followed by 29 and 27.5% CP, and the remaining levels not varied among themselves. Crude protein consumption reduced with the use of smaller CP content of diets and the carcass yield was not influenced by the treatments. The reduction of CP not influenced body composition, protein deposition and body fat. Nitrogen retention

efficiency was higher in levels of 26.0 to 24.5% of CP. It is concluded that it is possible to reduce from 32.0 to 24.5% the CP level in diets for tambaqui fingerlings and that the reduction of CP content for levels between 27.5 and 24.5 enhances the performance of the fish, since rations are supplemented with limiting essential amino acids.

Index terms: amino acids, *Colossoma macropomum*, fish farming, performance, protein nutrition.

Introdução

A prioridade dos estudos sobre exigências nutricionais para peixes tem sido dada às proteínas, porque, além de constituírem o componente mais caro das rações, quando em níveis superiores das exigências proporcionam excessiva excreção de nitrogênio, constituindo, juntamente com o fósforo, os principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático (Yamamoto et al., 2005; Bomfim et al., 2008). Desta forma, os níveis dietéticos devem atender estritamente as exigências nutricionais.

Por outro lado, considerando que os peixes metabolicamente necessitam de um balanceamento quantitativo entre aminoácidos essenciais e não essenciais, as dietas formuladas com base nas exigências de proteína bruta normalmente contêm excessivos níveis de aminoácidos não limitantes (Bomfim et al., 2008). Neste sentido, a redução da concentração de proteína da dieta, com concomitante suplementação de aminoácidos limitantes melhoraria o balanceamento entre os aminoácidos, constituindo-se uma estratégia para redução do teor de nitrogênio excretado no ambiente sem prejuízos no desenvolvimento e desempenho dos peixes (Fracalossi e Cyrino, 2013).

Trabalhos com alevinos de tilápia do Nilo (Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2008) demonstram que é possível a redução de até quatro pontos percentuais da proteína bruta, com

suplementação de aminoácidos limitantes na forma industrial, com base no conceito de proteína ideal, sendo que maiores reduções resultaram em piora no desempenho. Já com tambatinga, Araripe et al. (2011), não observaram comprometimento no desempenho em alevinos quando testaram rações com redução de proteína bruta suplementadas com aminoácidos industriais. Esta variação nas respostas pode indicar que a viabilidade da redução dos níveis proteicos da ração, com suplementação de aminoácidos limitantes, devido à espécie dependente.

Uma causa indicada para piora no desempenho com elevadas reduções o teor de proteína bruta baseia-se nas evidências de que a utilização excessiva de aminoácidos industriais nas rações pode não garantir a mesma eficiência de utilização em relação aos oriundos da digestão dos ingredientes proteicos das rações, em função de sua maior capacidade de lixiviação, taxa de evacuação estomacal e absorção em relação aos oriundos da proteína do alimento, acarretando um desequilíbrio (desbalanço) de aminoácidos nos tecidos especializados para a síntese proteica (Bomfim et al., 2008).

Para tambaquís, verifica-se uma carência de informações relativas à viabilidade da redução do teor de proteína bruta das rações, com suplementação de aminoácidos limitantes com base no conceito de proteína ideal.

Neste sentido, conduziu-se este trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos da redução de proteína bruta, com suplementação de aminoácidos limitantes, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Pesquisas em Nutrição de Peixes do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), localizado

no município de Chapadinha – Maranhão, com duração de 45 dias, no período compreendido entre os meses de dezembro de 2012 a fevereiro de 2013.

Foram utilizados 750 alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com peso inicial de $0,44 \pm 0,14$ g, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, composto de seis tratamentos, cinco repetições e vinte cinco peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de uma dieta controle com 32% de PB (recomendação obtida no primeiro experimento) e mais cinco dietas experimentais com redução gradual em um ponto e meio percentual do teor de proteína bruta em relação à dieta referência (30,5; 29,0; 27,5; 26,0 e 24,5%), todas isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas e isolisínicas (Tabela 1).

A fim de tornar as rações isolisínicas digestíveis, a lisina industrial (L-lisina-HCl 78,4%) foi adicionada à medida que o nível protéico foi reduzido. Os demais aminoácidos foram suplementados à medida que suas relações com a lisina digestível ficaram abaixo daquelas estimadas na proteína ideal a partir dos valores de exigência para tilápias do nilo propostos por Furuya et al. (2010).

Os alevinos foram mantidos em 30 aquários de polietileno, com capacidade volumétrica de 500 litros e volume útil de 300 litros, dotados de sistemas individuais de abastecimento de água e escoamento de fundo, dispostos em sistema de recirculação.

A água de abastecimento dos aquários foi proveniente de poço artesiano do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão.

A temperatura da água foi monitorada diariamente, às 7:30 e 17:30 horas, com o auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio, graduado de 0 a 50°C. O pH, teor de oxigênio dissolvido na água e amônia tóxica foram monitorados a cada sete dias, por intermédio de phmetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia tóxica, respectivamente.

Os ingredientes das dietas foram peletizados, utilizando-se máquina de moer carne, triturados manualmente e peneirados, ficando os péletes de 3 a 4 mm de diâmetro.

As dietas foram fornecidas *ad libitum* diariamente, em cinco refeições (08:00; 10:30; 13:00; 15:30 e 18:00 horas), sendo que, em cada refeição, as dietas foram fornecidas em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, possibilitando a ingestão máxima, até a aparente saciedade, evitando-se, dessa forma, sobras ou subfornecimento.

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

Avaliaram-se os seguintes índices de desempenho e composição corporal: consumo de ração (CR), consumo de proteína bruta (CPB), taxa de eficiência proteica (TEP), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), taxa de crescimento específico (TCE), rendimento de carcaça (RC), composição corporal (teores de umidade, proteína e gordura), taxas de deposição de proteína e gordura corporais, e a eficiência de retenção de nitrogênio.

O CR foi calculado pela quantidade de ração consumida no início até o final do experimento. O CPB foi obtido pela multiplicação do consumo de ração pelo percentual de proteína, dividido por 100. A TEP foi obtida pela divisão entre o ganho de peso e o consumo de proteína bruta.

O GP foi obtido pela diferença de peso entre os pesos médios final e inicial. A CA foi calculada dividindo-se o consumo aparente de ração pelo ganho de peso. Para determinação da TCE, foi adotada a equação abaixo, utilizando-se transformações logarítmicas:

$$TCE = \frac{\text{LN do peso final (g)} - \text{LN do peso inicial (g)}}{\text{tempo de experimento (dias)}} \times 100$$

Para as análises corporais, uma amostra de 50 peixes foram insensibilizados, eutanasiados e congelados no início, e todos os peixes de cada unidade experimental no final do experimento.

Antes do congelamento, seis peixes por unidade experimental, com pesos correspondentes ao peso médio da respectiva unidade, foram eviscerados para a determinação do rendimento de carcaça. O rendimento de carcaça (%) foi calculado dividindo-se o peso dos peixes eviscerados pelo peso dos peixes com vísceras, multiplicado por 100.

Após o congelamento, os peixes (carcaças e vísceras) foram liofilizados, moidos em moinho de bola e acondicionados em recipientes para análises laboratoriais. As amostras foram analisadas quanto a sua composição química corporal (teores de umidade, proteína e gordura corporais) conforme procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2003).

As deposições de proteína e de gordura corporais foram calculadas pela diferença da proteína ou gordura corporal final e inicial, respectivamente, em mg, dividida pelo período experimental, em dias.

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

As variáveis de desempenho e composição corporal foram submetidas aos testes de normalidade (Cramer-Von Mises) e de homocedasticidade (Brown-Forsythe). Quando atendidas essas pressuposições as variáveis foram submetidas a análise de variância e posteriormente comparadas pelo teste de Duncan, considerando-se um nível de significância igual ou inferior a 5%.

Para as variáveis de deposição de gordura corporal, deposição de proteína corporal e eficiência de retenção de nitrogênio os requisitos de normalidade e a homocedasticidade foram atendidas após a transformação logarítmica $\text{Log}(x)$.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do *software* SAS 9.0 (2002).

Resultados e Discussões

Os valores obtidos durante o período experimental de $27,0 \pm 0,40^{\circ}\text{C}$ e $28,9 \pm 0,55^{\circ}\text{C}$ para temperatura da água pela manhã e tarde, respectivamente, de $6,0 \pm 0,30$ para o pH, de $6,6 \pm 0,36$ mg/L para o oxigênio dissolvido e de $0,41 \pm 0,12$ mg/L para amônia total, permaneceram dentro da faixa recomendada para criação da espécie (temperatura entre 28°C ; pH entre 4 a 6mg/L; oxigênio dissolvido acima de 3 mg/L; concentrações de 0,46 mg/L de amônia não-ionizada), segundo Gomes et al. (2010) e Mendonça et al. (2012).

Para o consumo de ração, observou-se que apenas os peixes alimentados com rações contendo 26,0% de PB apresentaram valor superior ($P < 0,05$) em relação aos alimentados com a dieta controle. Os peixes alimentados com rações contendo 27,5 e 29,0% de PB apresentaram consumos intermediários (Tabela 2).

Considerando os resultados observados para o consumo de ração, apenas os peixes alimentados com as dietas contendo 24,5% de PB apresentaram menor consumo de PB ($P < 0,05$) em relação aos alimentados com as demais dietas experimentais, que não diferiram entre si (Tabela 2). Araripe et al. (2011) e Bomfim et al. (2008), por outro lado, verificaram que o consumo de PB de tambatingas e de tilápias do Nilo, respectivamente, foi diminuindo com a redução do teor proteico em dietas suplementadas com aminoácidos limitantes.

A taxa de eficiência proteica apresentou os melhores valores ($P < 0,05$) nos peixes alimentados com dietas com níveis entre 27,5 e 24,5% de PB em relação aos demais tratamentos, que não diferiram entre si.

A elevação da eficiência proteica com a redução da proteína bruta deve-se pelo fato da dieta controle (32% PB) ser constituída por níveis excedentes às exigências de aminoácidos, em relação às rações com redução de PB suplementadas com aminoácidos (Bomfim et al., 2008). Esses resultados corroboram com a teoria de que os peixes, assim como observado em aves e suínos, não possuem exigência de proteína, mas de um balanceamento adequado de

aminoácidos para atendimento das necessidades de manutenção e produção (Ahmed e Khan, 2004; Furuya et al., 2004; Furuya et al., 2005; Orlando et al., 2005; Yamamoto et al., 2005).

Neste estudo, observou-se que os alevinos de tambaqui utilizaram aminoácidos industriais eficientemente, apesar de eles estarem sujeitos à baixa eficiência de utilização, por conta da possibilidade de lixiviação e rápida absorção (Baldisseroto, 2010). Como o fornecimento da ração foi realizado em cinco refeições diárias e com repasses sucessivos, possivelmente compatibilizou as diferenças entre as velocidades de absorção dos aminoácidos oriundos das fontes proteica e industrial (Rodehutscord et al., 1997).

Tantikitti e March (1995) observaram em trutas arco-íris que quanto maior a frequência alimentar melhor a compatibilização entre as concentrações entre os aminoácidos industriais e ligados às fontes proteicas, proporcionando, deste modo, melhor eficiência proteica.

Em estudo desenvolvido por Araripe et al. (2011) com tambatingas, a redução do teor de PB melhorou linearmente a taxa de eficiência proteica. Por outro lado, Rigethitt et al. (2011) em trabalho com tilápia do Nilo, verificou que a redução dos níveis os níveis proteicos proporcionaram efeito quadrático na taxa de eficiência proteica, de modo que o melhor valor estimado para proteína digestível foi com 24,25%.

Já Botaro et al. (2007) e Berge et al. (2002) não observaram efeito da redução dos níveis de proteína suplementada com aminoácidos limitantes sobre a taxa de eficiência proteica de tilápias do Nilo e salmão-do-atlântico, respectivamente.

Para o ganho de peso (GP) e a taxa de crescimento específico (TCE), a redução dos teores de PB das dietas suplementadas com aminoácidos para níveis entre 27,5 a 24,5% apresentaram valores superiores ($P < 0,05$) em relação aos alimentados com a ração controle (32,0% de PB). Os demais níveis proporcionaram valores intermediários, não diferindo entre si (Tabela 2).

Valores obtidos para TCE neste trabalho foram superiores a 3,67%/dia observados por Aride et al. (2006), os quais avaliaram o crescimento e sobrevivência de juvenis de tambaqui durante 45 dias; e aos obtidos por Silva et al. (2007), de 5,07%/dia, utilizando juvenis de tambaqui durante 45 dias em tanques-rede. Possivelmente, os valores observados neste estudo foram elevados por estarem se referindo ao crescimento na fase inicial, que normalmente, é maior nesta fase de criação.

Com relação ao ganho de peso, esta melhora observada à redução dos níveis de PB pode estar associada ao maior consumo de ração (energia e nutrientes) observado nos respectivos níveis avaliados, proporcionado, provavelmente, pelo melhor balanceamento aminoacídico com a redução do teor de PB suplementado com aminoácidos limitantes (Furuya et al., 2004)

Em comparação com os experimentos com outras espécies, observa-se uma similaridade de resposta aos observados com carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) por Gan et al. (2012). Kim (1997) em experimento com truta arco-íris, avaliando dietas contendo 35, 30, 25, 20, 15 e 10% de PB, observou aumento linear ($P < 0,05$) no ganho de peso dos peixes até o nível 25% de PB suplementada com arginina e metionina industriais.

Em outras pesquisas, contudo, não foram observadas diferenças significativas no ganho de peso para tambatinga (Araripe et al., 2011) e para tilápia do Nilo (Furuya et al., 2005; Bomfim et al., 2008; Botaro et al., 2007; Righetti et al., 2011; Quadros et al., 2009). Embora não tenha se observado melhora no ganho de peso, tais resultados indicam a redução do teor de proteína recomendado para as espécies é viável, desde que provido da suplementação adequada de aminoácidos.

Com relação à conversão alimentar, a redução dos teores de PB das rações suplementadas com aminoácidos para níveis entre 27,5 e 24,5% de PB apresentaram melhores

($P < 0,05$) valores em relação aos alimentados com os demais níveis e a ração referência (32% de PB), que não diferiram entre si (Tabela 2).

A variação na conversão alimentar neste estudo se assemelham aos obtidos por Berge et al. (2002), com salmão-do atlântico, no qual observaram melhora na conversão alimentar dos peixes alimentados com a dieta suplementada com aminoácido industrial.

No entanto, Araripe et al. (2011) e Botaro et al. (2007) não observaram diferenças significativas na conversão alimentar dos alevinos de tambatinga e tilápias do Nilo, respectivamente, com a redução do teor proteico suplementado com aminoácidos limitantes. Já Righetti et al. (2011), observaram que a redução dos níveis de proteína proporcionaram efeito quadrático sobre a conversão alimentar de tilápias do Nilo.

A melhora na conversão alimentar nos níveis 27,5 a 24,5% de PB pode ser atribuída a maior proporção da utilização dos nutrientes para os processos de produção em relação aos de manutenção (Guillaume, et al., 2004; Fracalossi e Cyrino, 2013), bem como pela eficiente utilização dos aminoácidos industriais nas dietas de níveis proteicos inferiores (Furuya et al., 2004).

Verificou-se que a redução do teor proteico da ração não influenciou ($P > 0,05$) o rendimento de carcaça (Tabela 2), a umidade corporal (UC), a gordura corporal (GC), a proteína corporal (PC), a deposição de gordura corporal (DGC) e a deposição de proteína corporal (DPC). No entanto, influenciaram ($P < 0,05$) a eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) nos alevinos de tambaqui (Tabela 3).

Estes resultados diferem dos observados por Yamamoto et al. (2005), com trutas, em que notaram que nas rações com maiores níveis de proteína apresentaram menores teores de gordura corporal, cujo resultado foi associado ao gasto calórico necessário para a metabolização da quantidade excedente de aminoácidos pelos animais, resultando na menor energia líquida e maior incremento calórico (Fracalossi e Cyrino, 2013).

Esperava-se que houvesse melhora nas variáveis de deposição de gordura corporal e deposição de proteína corporal, por apresentar diferenças estatísticas para ganho de peso em função da variação do teor proteico das dietas. Isto pode ter ocorrido pelos valores correspondentes de coeficiente de variação (CV%) obtido para estas variáveis, pois para o cálculo da DGC e DPC, consideram-se os teores de gordura e proteína corporais, respectivamente, bem como o peso final.

Com a redução do teor proteico na ração, verificou-se melhora na eficiência de retenção de nitrogênio ($P < 0,05$) dos alevinos de tambaqui nos níveis proteicos inferiores, principalmente nos de 26,0 a 24,5% de PB, em relação aos alimentados com dieta contendo 32,0% de PB. Respostas similares foram observados em outros trabalhos com tilápias do Nilo (Furuya et al., 2005; Quadros et al., 2009) e com trutas arco-íris (Yamamoto et al., 2005), aumentando a retenção proteica em função do melhor balanceamento aminoacídico, e, conseqüentemente, reduzindo a excreção nitrogenada ao ambiente.

Com base nestes resultados, a elaboração de rações de fração proteica reduzida, suplementada de aminoácidos limitantes, com base no conceito de proteína ideal, corroboram as observações realizadas em outras espécies como sendo uma prática eficiente de reduzir o potencial poluente da atividade, sem comprometer o desempenho dos peixes (Furuya et al., 2005; Orlando et al., 2005; Yamamoto et al., 2005; Bomfim et al., 2008; Araripe et al., 2011).

Conclusões

1. É possível reduzir de 32,0 para 24,5% o teor de proteína bruta em rações para alevinos de tambaqui, desde que as rações sejam suplementadas com aminoácidos limitantes.
2. A redução do teor de PB de rações, suplementadas com aminoácidos limitantes, para o nível de 24,5% potencializa o desempenho dos peixes.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão, pelo apoio financeiro.

Referências

AHMED, I.; KHAN, M. A. Dietary lysine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala*(Hamilton). **Aquaculture**, v.235, p.499-511, 2004.

ARIDE, P. H. R.; ROUBACH, R.; NOZAWA, S. R.; VAL, A. L. Tambaqui growth and survival when exposed to different photoperiods. **Acta Amazônica**, v.36, n.3, p.381- 384, 2006.

ARARIPE, M. N. B. A.; ARARIPE, H. G. A.; LOPES, J. B.; CASTRO, P. L.; BRAGA, T. E. A.; FERREIRA, A. H. C.; ABREU, M. L. T. Redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos em rações para alevinos de tambatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.09, p.1845-1850, 2011.

BALDISSEROTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. 2.ed. Santa Maria: UFSM, 2010.

BERGE, G.E.; SUEIER, H.; LIED, E. Effects of feeding Atlantic salmon (*Salmo salar*) imbalanced levels of lysine and arginine. **Aquaculture Nutrition**, v.8, p.239-248, 2002.

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.

BOTARO, D.; FURUYA, W. M.; SILVA, L. C. R.; SANTOS, L. D.; SILVA, T. S. C.; SANTOS, V. G. Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.517-525, 2007.

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.

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; MACEDO, R. M G; SANTOS, V. G.; SILVA, L. C. R.; SILVA T. C.; FURUYA, V. R. B.; SALES, P. J. P. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilapia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.

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.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; PEZZATO, A. C.; FURUYA, V. R. B.; Miranda, E. C. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v.35, p.1110-1116, 2004.

GAN, L; LIU, Y. J.; TIAN, L. X.; YANG, H. J.; YUE, Y. R.; CHEN, Y. J.; LIANG, J. J.; LIANG, G. Y. Effect of dietary protein reduction with lysine and methionine supplementation on growth performance, body composition and total ammonia nitrogen excretion of juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. **Aquaculture Nutrition**, v. 18, p. 589–598, 2012.

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

GUILLAUME, J.; KAUSHIK, S.; BERGOT, P.; MÉTAILLER, R. **Nutrición y alimentación de peces y crustáceos**. Madrid: Mundi-Prensa, 2004. 475p.

KIM, K-IL. 1997. Re-evaluation of protein and amino acid requirements of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.151, p. 3-7.

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

ORLANDO, U. A. D.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. FERREIRA, A. S.; SILVA, F. C. O.; GENEROSO, R. A. R.; VAZ, R. G. M. V.; SIQUEIRA, J. C. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitoas mantidas em ambiente de conforto térmico dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.134-141, 2005.

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.

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 Zootecnia**, v.40, n.03, p.469-476, 2011.

RODEHUTSCORD, M.; BECKER, A.; PACOTE, M.; PFEFFER, E. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimation of the maintenance requirement for essential amino acids. **Journal of Nutrition**, v.127, p.1166-1175, 1997.

ROSTAGNO, R. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. G.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. E EUCLIDES, R. F. 2011. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 141p.

SILVA, C. R.; GOMES, L. C.; BRANDÃO, F. R. Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. **Aquaculture**, v.264, p.135-139, 2007.

TANTIKITTI, C.; MARCH, B. E. Dynamics of plasma free amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under variety of dietary conditions. **Fish Physiology Biochemistry**, v.14, p.179-194, 1995.

VIDAL JÚNIOR, M. V. **Técnicas de determinação de digestibilidade e determinação de digestibilidade de nutrientes de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2000. 96p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

YAMAMOTO, T.; SUGITA, T.; FURUITA, H. Essential amino acid supplementation to fish meal-based diets with low protein to energy ratios improves the protein utilization in juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture** v.246, n.1-4, p.379-391, 2005.

Tabela 1. Composição percentual e química das rações do experimento 2 (matéria natural)

Ingredientes (%)	Nível de Proteína Bruta (%)					
	32,00	30,50	29,00	27,50	26,00	24,50
Farelo de soja (45%)	66,641	62,629	58,617	54,605	50,593	46,581
Milho	23,664	27,652	31,641	35,629	39,618	43,606
Óleo de soja	5,029	4,794	4,558	4,323	4,088	3,852
L-Lisina-HCl (78,4%)	0,000	0,123	0,247	0,370	0,493	0,617
DL-Metionina (99%)	0,172	0,208	0,244	0,280	0,315	0,351
L-Treonina (98,5%)	0,164	0,220	0,276	0,332	0,388	0,443
L-Triptofano (99%)	0,000	0,022	0,043	0,065	0,087	0,109
Calcário Calcítico	0,110	0,133	0,155	0,177	0,199	0,222
Fosfato Bicálcico	3,148	3,149	3,149	3,149	3,149	3,149
Suplemento Vitamínico e Mineral ⁽¹⁾	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Vitamina C ⁽²⁾	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Composição calculada ⁽³⁾						
Proteína Bruta (%)	32,00	30,50	29,00	27,50	26,00	24,50
Proteína Digestível (%) ⁽⁴⁾	29,27	27,86	26,45	25,04	23,63	22,21
Energia Digestível (kcal/kg) ⁽⁴⁾	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Extrato Etéreo (%)	6,97	6,81	6,66	6,50	6,35	6,19
Fibra Bruta (%)	3,94	3,80	3,65	3,51	3,37	3,22
Ca Total (%)	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
P disp (%) ⁽²⁾	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Na Total (%)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Lisina (%) Total	1,914	1,908	1,902	1,896	1,889	1,883
Lisina (%) Digest ⁽⁴⁾	1,791	1,791	1,791	1,791	1,791	1,791
Met. + Cist (%) Total	1,102	1,099	1,096	1,093	1,091	1,088
Met. + Cist (%) Digest. ⁽⁴⁾	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020
Treonina Total (%)	1,424	1,420	1,416	1,413	1,409	1,405
Treonina Digest. (%) ⁽⁴⁾	1,309	1,309	1,309	1,309	1,309	1,309
Triptofano Total (%)	0,434	0,433	0,431	0,430	0,428	0,427
Triptofano Digest. (%) ⁽⁴⁾	0,402	0,402	0,402	0,402	0,402	0,402
Relação ED/PB (Kcal/g)	0,638	0,636	0,634	0,632	0,630	0,628
Relação Met+Cist /Lisina Dig.	56,9	56,9	56,9	56,9	56,9	56,9
Relação Treonina./Lisina Dig.	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1
Relação Triptofano./Lisina Dig.	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4

⁽¹⁾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. ⁽²⁾Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo. ⁽³⁾Com base nos valores propostos por Rostagno et al. (2011). ⁽⁴⁾Com base nos coeficientes disponibilidade de fósforo propostos para tilápia do Nilo por Furuya et al. (2010); e dos do milho, farelo de soja e óleo de soja propostos por Vidal Júnior (2000).

Tabela 2. Desempenho, eficiência alimentar e rendimento de carcaça de alevinos de tambaqui em função do da redução do teor proteico da ração, suplementada com aminoácidos.

Variáveis	Nível de proteína bruta (%)						CV ⁽¹⁾	P>F ⁽²⁾
	32,0	30,5	29,0	27,5	26	24,5		
Consumo de ração (g)	30,24 ^b	29,67 ^b	32,90 ^{ab}	34,25 ^{ab}	37,22 ^a	28,80 ^b	13,03	0,0955
Consumo de proteína bruta (mg)	9,68 ^a	9,05 ^a	9,54 ^a	9,42 ^a	9,68 ^a	7,06 ^b	12,38	0,0291
Taxa de eficiência proteica	1,36 ^b	1,86 ^b	1,70 ^b	3,49 ^a	4,04 ^a	4,30 ^a	25,83	<0,0001
Taxa de crescimento específico (%/dia)	7,93 ^b	8,44 ^b	8,20 ^b	10,04 ^a	10,36 ^a	9,83 ^a	9,66	0,0032
Ganho de peso (g)	13,37 ^c	17,15 ^{bc}	17,25 ^{bc}	33,12 ^{ab}	39,67 ^a	30,69 ^{ab}	39,75	0,0105
Conversão alimentar (g/g)	2,60 ^a	2,02 ^{ab}	2,57 ^a	1,06 ^b	0,96 ^b	0,96 ^b	38,74	0,0024
Rendimento de carcaça (%)	83,23	85,40	83,36	82,83	83,78	84,83	3,87	0,7922

⁽¹⁾Coefficiente de variação (%). ⁽²⁾Significância do Teste "F" da análise de variância. ⁽³⁾Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo Teste Duncan (P>0,05).

Tabela 3. Composição corporal, deposições de proteína e gordura corporais e eficiência de retenção de nitrogênio de alevinos de tambaqui alimentados com rações contendo diversos teores de proteína.

Variáveis	Nível de proteína bruta (%)							CV ⁽¹⁾	P>F ⁽²⁾
	Inicial	32,0	30,5	29,0	27,5	26	24,0		
Umidade Corporal (%)	72,48	81,19	81,17	81,41	80,94	81,94	81,84	1,61	0,8026
Gordura corporal (%)	1,21	1,31	2,01	1,78	1,27	1,88	1,27	32,86	0,1164
Proteína corporal (%)	20,87	11,73	12,95	12,29	11,68	13,87	12,48	16,45	0,5580
Deposição de gordura corporal (mg/dia) ⁽³⁾	---	6,31	10,26	7,65	9,50	11,04	7,65	30,81	0,2635
Deposição de proteína corporal (mg/dia) ⁽³⁾	---	47,98	74,26	67,45	74,33	105,59	74,69	17,28	0,4591
Eficiência de retenção de nitrogênio (%) ⁽³⁾	---	21,65 ^b	32,07 ^{ab}	29,56 ^{ab}	35,44 ^{ab}	47,88 ^a	47,72 ^a	18,16	0,1462

⁽¹⁾Coeficiente de variação (%). ⁽²⁾Significância do Teste “F” da análise de variância. ⁽³⁾As análises foram realizadas com dados transformados (log (x)). ⁽⁴⁾Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo Teste Duncan (P>0,05).

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, 19 / 06 / 2010

Profa Dra Lucilene 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: Exigência e redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tambaqui

AUTOR: Charlyan de Sousa Lima

CPF DO AUTOR: 016.919.503-19

CURRÍCULO LATTES DO AUTOR: <http://lattes.cnpq.br/1033417364789024>

E-MAIL PARA CONTATO: charlyansl@yahoo.com.br

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: madbomfim@yahoo.com.br

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

CO-ORIENTADOR: Felipe Barbosa Ribeiro

CPF DO CO-ORIENTADOR: 014.466.106-32

CURRÍCULO LATTES DO CO-ORIENTADOR: <http://lattes.cnpq.br/5843372571035012>

Data de defesa: 17 de dezembro de 2013

Data de entrega do arquivo a secretaria de pós-graduação: 17 de janeiro de 2014

Eu, Charlyan de Sousa Lima, 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, 25 de novembro de 2013.

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