

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

JANAYRA CARDOSO SILVA

EXIGÊNCIA DE LISINA PARA ALEVINOS DE TAMBACUI

CHAPADINHA-MA

2016

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a). Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Cardoso Silva, Janayra.

Exigência de lisina para alevinos de tambaqui / Janayra

Cardoso Silva. - 2016.

47 f.

Orientador(a): Marcos Antonio Delmondes Bomfim.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (25.06)/ccaa, Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do Maranhão, 2016.

1. Colossoma macropomum. 2. Composição corporal. 3. Fase inicial. 4. Nutrição protéica. I. Título.

CDU

JANAYRA CARDOSO SILVA

EXIGÊNCIA DE LISINA PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

CHAPADINHA-MA

2016

JANAYRA CARDOSO SILVA

EXIGÊNCIA DE LISINA PARA ALEVINOS DE TAMBACUI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre

Dissertação defendida e aprovada em : ____/ ____/ 2016

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Marcos Antonio Delmondes Bomfim (Orientador)

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof. Felipe Barbosa Ribeiro

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Daphinne Cardoso Nagib do Nascimento

Doutora em Ciência Animal
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

" Nada te perturbe, nada te espante. Tudo passa!
Deus não muda, a paciência tudo alcança. Quem
a Deus tem, nada lhe falta. Só Deus basta."

(Santa Teresa D'Ávila)

DEDICO

À Deus fonte inesgotável de sabedoria,
Meus pais e irmãos, e ao professor Marcos
pela paciência e ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, sem Ele não somos nada!

Ao Prof. Marcos Antonio Delmondes Bomfim, pela paciência e pela disponibilidade na orientação.

À Banca Examinadora, por terem doado seu tempo e conhecimento para correção desse trabalho.

Aos meus pais: Antonio Pereira e Jucilene Silva que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Aos meus irmãos Anágila Janenis e Antonio Júnior, pelo companheirismo e conhecimentos trocados, e a toda minha família.

Ao programa de Pós Graduação em Ciência Animal do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, pela realização da pós e ensinamentos.

Aos meus queridos amigos de turma Anágila Janenis, Hélyda Gomes, Jordane Borges, Francisca, Francivaldo Oliveira, Jefferson Bandeira, Antônio (Júnior), Itamara Gomes e aos companheiros do mestrado e da vida Ricardo Alves, Thalles Rego, Jessica Maria, Lucas, Karlienne, Lêdia, Raimunda e Romário, por terem dividido comigo as dificuldades e o prazer da vida de mestrando. Sou muito grata por tê-los presentes em minha vida.

A todos do grupo de nutrição e aqueles que se mantiveram presentes, pela amizade e fundamental ajuda: Karina Coelho, Rafael Silva, Amós Feitosa, Hadassa Ramos, Ruan Mourão, Romerio, Karoline Julhice, Dhulya Rodrigues, Neliane Galvão, Danielle, Adenias Teixeira, Pamela Aguiar, Wesklen Marcelo, Erica Monteles, Osmar e a todos aqueles que contribuíram para a realização deste projeto.

A Capes pela concessão da bolsa de estudo.

Por fim, o meu sincero agradecimento a todos aqueles, sem distinção, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Muito Obrigada!

SUMÁRIO

CAPITULO 1.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1 INTRODUÇÃO	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Piscicultura no Brasil.....	4
2.2 Tambaqui.....	4
2.3 Exigência de proteína e aminoácidos na nutrição de peixes	5
2.4 Exigência de lisina na nutrição de peixes.....	7
3. OBJETIVO GERAL.....	9
REFERÊNCIAS	10
CAPÍTULO 2.....	16
EXIGÊNCIA DE LISINA PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI.....	16
INTRODUÇÃO	18
MATERIAL E MÉTODOS.....	19
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1. Composição percentual e química das rações experimentais, elaboradas com base na técnica da “suplementação de aminoácidos”, com base no conceito de proteína ideal (matéria natural).....	20
Tabela 2 Consumo de ração (CR), consumo de proteína bruta, (CPB), consumo de lisina digestível (CLD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência proteica para o ganho de peso (EPG), eficiência de lisina digestível para o ganho de peso (ELG) de alevinos de tambaqui e resumo da análise de variância, em função do nível de lisina digestível da ração.....	23
Tabela 3 Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis consumo de lisina digestível (CLD), ganho de peso (GP), e eficiência de lisina digestível para ganho de peso (ELG) de alevinos de tambaquis em função dos níveis de lisina digestível da ração.....	24
Tabela 4 Teores de umidade (UC), gordura (GC) e proteína (PC) corporais, deposições de proteína (DPC) e gordura (DGC) corporais e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) de alevinos de tambaqui e resumo da análise de variância em função da lisina digestível da ração	28
Tabela 5 Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para a variável deposição de proteína corporal (DPC) de alevinos de tambaquis em função dos níveis de lisina digestível da ração.....	29

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1. Representação gráfica do ganho de peso para alevinos de tambaqui, em função do nível de lisina digestível da ração.	25
Figura 2. Representação gráfica da deposição de proteína corporal para alevinos de tambaqui, em função do nível de lisina digestível da ração.	29

RESUMO

A piscicultura é uma das atividades que apresenta contínuo crescimento a cada ano, devido ao aumento da procura mundial pela carne de pescado e a redução dos estoques naturais. Portanto, o conhecimento das exigências nutricionais das espécies com potencial produtivo, como o tambaqui torna-se necessário. Objetivou-se determinar a exigência de lisina digestível e total nas rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Foram utilizados 750 alevinos de tambaqui com peso inicial de $0,34 \pm 0,02$ g em experimento com delineamento em blocos casualizados, composto por seis tratamentos, cinco repetições em dois blocos e vinte e cinco peixes por parcela. Os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas, com diferentes níveis de lisina digestível (1,300; 1,480; 1,600; 1,840; 2,020; e 2,200%), formuladas utilizando-se a técnica da “suplementação de aminoácidos”, com base no conceito de proteína ideal. Os peixes foram mantidos em caixas de polietileno (aquários) dotados de abastecimento de água e aeração individuais, e foram alimentados à vontade em seis refeições diárias, durante 50 dias. Avaliaram-se parâmetros de desempenho, eficiência alimentar, deposições diárias de proteína e gordura corporais e a eficiência de retenção de nitrogênio. O consumo de ração, o consumo de proteína bruta, a taxa de crescimento específico e a composição corporal (teores de umidade, proteína e gordura) e a deposição de gordura corporal dos peixes não variaram em função da elevação dos níveis de lisina digestível da ração. Para o ganho de peso e deposição de proteína corporal dos peixes, o nível de lisina digestível da ração estimado por meio da primeira intersecção da equação quadrática com o platô obtido pelo modelo LRP foi de 1,73 e 1,78%, respectivamente. O consumo de lisina digestível aumentou linearmente e a eficiência de lisina digestível para o ganho de peso piorou de forma linear em função da elevação dos níveis de lisina digestível da ração. Para a conversão alimentar e eficiência de retenção de nitrogênio, os melhores resultados foram obtidos com o nível de 1,66% e 1,84% de lisina digestível, respectivamente. Conclui-se que a recomendação dos níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tambaqui é de 1,73% e 1,78%, equivalentes a 1,95% e 2,00% de lisina total, por proporcionar melhor ganho de peso e deposição de proteína corporal, respectivamente, na fase dos 0,34 a 5,67g.

Palavras-Chave: *Colossoma macropomum*, composição corporal, fase inicial, nutrição protéica

ABSTRACT

Aquaculture is one of the activities that has continuous growth each year, due to increased global demand for fish meat and the reduction of natural stocks. Therefore, knowledge of the nutritional requirements of the species with productive potential, such as tambaqui, it becomes necessary. This study aimed to evaluate the requirement of digestible and total lysine in the feed fingerlings tambaqui (*Colossoma macropomum*). We used 750 fingerlings of tambaqui with initial weight of 0.34 ± 0.02 g in an experiment using a randomized block design, with six treatments, five replicates in two blocks and twenty-five fish per plot. The treatments were six isocaloric experimental diets, isocalcium and isophosphoric with different levels of digestible lysine (1.300; 1.480; 1.600; 1.840; 2.020; and 2.200%), formulated using the technique of "amino acid supplementation," based on the ideal protein concept. The fish were kept in polythene containers (tanks) equipped with individual water supply and aeration, and were fed ad libitum in six meals a day for 50 days. They evaluated the performance parameters, feed efficiency, daily positions of body protein and fat and nitrogen retention efficiency. The feed intake, crude protein intake to the rate of specific growth and body composition (moisture, protein and fat) and the deposition of body fat of fish not vary due to the increase of digestible lysine levels in the diet. For weight gain and body protein deposition fish, the lysine level estimated by the feed of the first intersection of the quadratic equation obtained by the LRP plateau model was 1.73 and 1.78%, respectively. The digestible lysine linearly increased and lysine efficiency for weight gain linearly decreased due to the increase of digestible lysine levels in the diet. To feed conversion and nitrogen retention efficiency, the best results were obtained with the level of 1.66% and 1.84% digestible lysine, respectively. It is concluded that the recommendation of lysine levels in rations to tambaqui fingerlings is 1.73% and 1.78%, equivalent to 1.95% and 2.00% of total lysine, for providing better weight gain and body protein deposition, respectively, in the phase of 0.34 to 5.67g.

Keywords: *Colossoma macropomum*, corporal composition, initial phase, proteic nutrition

CAPITULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

O expressivo crescimento da aquicultura nacional é reflexo da demanda por carne de pescado de boa qualidade, além da evidente estagnação da produção da pesca extrativa (FAO, 2013; MPA, 2013). De acordo com o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2012), a produção nacional de pescado (extrativa e aquícola), em 2011, representou cerca de 1,4 milhões de toneladas, dos quais 44% foram oriundos da aquicultura, sendo que a produção da piscicultura atingiu 60,2% de pescado.

Para esse crescimento permanecer contínuo, torna-se necessário investigar a possibilidade da utilização de novas espécies, bem como prover tecnologias adequadas para que esta atividade seja econômica e ambientalmente sustentável. Isso tem motivado a comunidade científica desenvolver pesquisas para contornar problemas responsáveis pelos entraves no cultivo de organismos aquáticos (ROCHA et al., 2013). Dentre estes, destacam-se os relacionados à determinação das exigências nutricionais, principalmente de espécies de alto valor comercial, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) (ONO et al., 2004; CYRINO et al., 2010; ONO, 2011; KUBITZA, 2012; OLIVEIRA et al., 2013).

O tambaqui é uma espécie nativa da região amazônica que se destaca para exploração zootécnica, devido à sua adaptação à produção intensiva, o crescimento rápido, aceitação da ração industrial e do valor comercial de sua carne (GOULDING, 1993). No entanto, ainda há carência de informações sobre suas exigências nutricionais (DAIRIKI & SILVA, 2011; OLIVEIRA et al. 2013).

Os peixes, assim como demais não ruminantes, não possuem exigência apenas de proteína nas rações, mas de um adequado balanceamento de aminoácidos essenciais e não essenciais. Neste sentido, uma ração formulada com base em proteína bruta pode não atender às necessidades nutricionais dos peixes para todos os aminoácidos. Desta forma, a determinação das exigências dos aminoácidos essenciais e a suplementação de aminoácidos limitantes nas rações é uma alternativa para maximizar a utilização da proteína, promovendo melhora no desempenho animal e ambiental (BOMFIM et al., 2010).

A aplicação do conceito de proteína ideal também tem sido utilizado na formulação de rações para peixes (TAKISHITA et al. 2009; BOMFIM et al., 2010). A proteína ideal corresponde ao balanceamento de aminoácidos, sem excessos nem deficiências, de forma a atender às exigências para os processos de manutenção e crescimento. Na prática, para o atendimento das exigências nutricionais dos aminoácidos essenciais, há a necessidade da suplementação dos limitantes na forma industrial, favorecendo a redução do nível de proteína

bruta das dietas e possibilitando melhoria no desempenho produtivo (CHUNG & BAKER, 1992; EMMERT & BAKER, 1997; PARSONS & BAKER, 1999; FURUYA et al., 2005; BOMFIM et al., 2008).

A lisina é o aminoácido utilizado como referência para o perfil da proteína ideal, por ser economicamente encontrada na forma industrial, pelo número de informações sobre suas exigências, pelo baixo custo e rapidez da sua análise e por ser utilizada exclusivamente para a síntese de proteína corporal (FURUYA et al., 2004, ABIMORAD et al., 2010).

Considerando a carência de informações a respeito da exigência de lisina, justifica-se a necessidade de determinar a exigência de lisina digestível e total em rações para alevinos de tambaqui, com base na aplicação do conceito de proteína ideal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Piscicultura no Brasil

A piscicultura é uma das atividades que apresenta crescimento econômico a cada ano, devido ao aumento da procura mundial pela carne de pescado e a redução dos estoques pesqueiros.

Entre os anos de 2007 e 2009, a produção da piscicultura atingiu 60,2% de crescimento e a aquicultura 43,8%, tornando a produção de pescado a que mais cresceu no mercado nacional de carnes no período (MPA, 2012). Esta atividade vem se profissionalizando, o que é justificado pelo alto potencial das regiões brasileiras, por apresentar grande espaço territorial com quantidade abundante de recursos hídricos, condições climáticas favoráveis, além de apresentar espécies de fácil produção (MEURER, 2002).

Cada região brasileira vem se especializando em determinados tipos de pescado. Na Região Norte, predominam peixes como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o pirarucu (*Arapaima gigas*). No Nordeste e no Sudeste, a preferência tem sido pela tilápia (*Oreochromis niloticus*). No Sul, predominam a carpa (*Cyprinus carpio*) e a tilápia (*Oreochromis niloticus*). Já no Centro-Oeste, os destaques são o tambaqui, o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) (MPA, 2012).

Em relação à produção de peixes por espécie, em 2010 a tilápia do Nilo e a carpa foram as mais cultivadas, representando 63,4% da produção nacional. Contudo, merece destaque o grupo popularmente conhecido como peixes redondos (tambaqui, pacu, tambacu e outros), que juntos representaram 24,6% da produção nacional. Grande parte da produção e consumo dos peixes redondos ocorre nas regiões Norte, Centro Oeste e em alguns estados do Nordeste, em especial o Maranhão, o Piauí e a Bahia (MPA, 2012).

2.2 Tambaqui

O tambaqui é um caracídeo de hábito alimentar onívoro, nativo das bacias dos rios Amazonas e Orinoco. Esta espécie, dentre as nativas, tem-se apresentado como uma das mais promissoras para piscicultura sustentável, pois possui carne branca, firme e de sabor suave, e pode atingir, em cativeiro, tamanho comercial em um ano de cultivo pela elevada eficiência de conversão de proteína dietética em peso corporal (GOULDING, 1993; ARAUJO-LIMA, 2005). Seu melhor crescimento é obtido em águas ácidas, com pH entre 4 e 6 (ARIDE et al.,

2007), sendo a espécie resistente à ação tóxica da amônia (até 0,46 mg L⁻¹ de amônia não ionizada) (ISMIÑO-ORBE, 1997).

É a espécie nativa mais produzida em âmbito nacional, perdendo apenas para as exóticas tilápia do Nilo e a carpa comum. No ano de 2011, registrou-se no país uma produção de cerca de 111 mil toneladas (MPA, 2012). Adicionalmente, a redução nos estoques naturais de tambaqui torna a aquicultura a principal alternativa para suprir as demandas do mercado, superando em 13 vezes a produção obtida pela pesca em 2010 (MPA, 2012). No entanto, ainda há carência de informações sobre suas exigências nutricionais, conforme destacado em revisões realizadas por Dairiki & Silva (2011) e Oliveira et al. (2013).

2.3 Exigência de proteína e aminoácidos na nutrição de peixes

Peixes na fase inicial de desenvolvimento exigem elevados níveis de nutrientes na ração. Os alimentos de origem animal tem sido muito utilizados nessas formulações por apresentarem maiores níveis de proteína e de minerais. A concentração de proteína na dieta deve atender às exigências necessárias para máximo desempenho zootécnico, sem comprometer a qualidade da água de cultivo (DIEMER et al., 2011).

As proteínas participam de diversas funções no organismo, dentre essas pode-se destacar: catálise de transformação química, transporte, controle metabólico, função estrutural, como constituinte da matriz óssea, componente enzimático, função protetora, como as imunoglobulinas, e participação no metabolismo hormonal (DEVLIN, 2003).

A deficiência da proteína na nutrição de peixes limita o crescimento, e o excesso pode comprometer o crescimento e a qualidade da água, pela excreção excessiva de resíduos nitrogenados liberados nos efluentes (NRC, 2011). Uma das alternativas mais eficientes e econômicas para otimizar o desempenho e minimizar a ação poluente dos nutrientes nos efluentes é ajustar o consumo desse elemento às estritas demandas dos animais nas diferentes fases da vida (LELLIS et al., 2004). Na prática, isso pode ser feito pela adoção da formulação de rações adequadamente balanceadas em aminoácidos, com a utilização de matérias primas de alto valor biológico, além da atualização permanente das exigências nutricionais em função da fase de produção (QUINTERO-PINTO et al., 2011).

Com base nisso, os pesquisadores têm direcionado seus estudos na busca de informações que possam contribuir para determinação dos teores de proteína das dietas para cada fase de criação (BICUDO, et al., 2009). Entretanto, uma ração formulada com base apenas no teor protéico pode não assegurar adequado desempenho em condições de criação

intensiva para os peixes, tornando-se assim necessário observar também a quantidade e as proporções entre os aminoácidos, em especial os essenciais (FURUYA et al., 2000; PORTZ, 2001; FURUYA et al., 2001; CHO & BUREAU, 2001).

Dietas com aminoácido(s) limitante(s) interferem na utilização da fração nitrogenada, assim como na composição química e no rendimento de carcaça dos peixes, provocando a redução da produtividade, aumento do custo de produção e aumento da excreção de nitrogênio para o ambiente aquático (FURUYA et al., 2005). Desta forma, a determinação da exigência de cada aminoácido, em especial dos essenciais normalmente limitantes nos ingredientes utilizados nas rações, e a formulação de rações com base no atendimento das exigências em aminoácidos se fazem necessários (MARCOULI et al., 2006; BOMFIM et al., 2010; FURUYA et al., 2010).

O conceito de proteína ideal tem sido utilizado na formulação de rações por ser uma estratégia eficiente para atender as exigências nutricionais das espécies (TAKISHITA et al., 2009). A proteína ideal é definida como o balanceamento exato de aminoácidos, de forma a atender às exigências para manutenção e produção. No conceito, cada aminoácido essencial é expresso em relação a um aminoácido de referência, a lisina (relação aminoácido essencial:lisina); e considera a hipótese de que, embora as exigências quantitativas dos aminoácidos possam ser influenciadas por diversos fatores, as proporções entre eles são praticamente constantes (CHUNG & BAKER, 1992; RUCHIMAT et al., 1997; EMMERT & BAKER, 1997; PARSONS & BAKER, 1999; BOISEN et al., 2000; FURUYA, 2001; PEZZATO et al., 2004, FURUYA, 2005).

A lisina é considerada o aminoácido padrão, por ser utilizada basicamente para a síntese proteica, encontrada na forma industrial, possuir baixo custo e rapidez de sua análise. Além disso, é exigida em altos níveis na dieta e é um dos aminoácidos mais limitantes nos ingredientes utilizados na formulação de rações (VAN DER MEER & VERDEGEM, 1996; FURUYA et al., 2005; ABREU et al., 2007; NRC, 2011).

O método dose resposta tem sido utilizado para a determinação das exigências de aminoácidos em peixes. Neste método, a exigência é determinada baseando-se na resposta do desempenho do animal, quando alimentado com rações contendo níveis crescentes do nutriente testado (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007), tendo como principal parâmetro o ganho de peso em resposta aos níveis aplicados (GREEN & HARDY, 2002; BOISEN, 2003; ROLLIN et al., 2003; ABIMORAD et al., 2010; NRC, 2011).

Uma das críticas desse método é que a fixação dos níveis dos demais aminoácidos nas rações pode limitar a resposta dos animais em níveis mais elevados do aminoácido avaliado,

subestimando sua exigência, uma vez que outro aminoácido, com níveis fixados, pode tornar-se o fator limitante (BOMFIM, 2013). Por isso, atualmente tem-se utilizado a exigência em aminoácidos com base na proteína ideal na formulação de rações experimentais, sendo que todos os aminoácidos essenciais são expressos em relação a um aminoácido de referência – a lisina (TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010; FURUYA et al., 2010).

Para que o conceito de proteína ideal seja utilizado de forma otimizada, é importante que a digestibilidade de cada aminoácido seja considerada (BOMFIM et al., 2010; FURUYA et al., 2010; FURUYA & FURUYA, 2010). Isto é necessário porque o coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeiro dos aminoácidos pode variar entre as diferentes fontes proteicas e também entre os aminoácidos para uma mesma fonte, conforme demonstrado por Ribeiro et al. (2011) e Ribeiro et al. (2012).

2.4 Exigência de lisina na nutrição de peixes

A lisina é um dos aminoácidos mais limitantes na nutrição de peixes, sendo encontrada em elevada proporção na carcaça (SMALL & SOARES JUNIOR, 2000; FURUYA et al., 2004; ESPE et al., 2007). A suplementação de lisina está relacionada ao aumento no ganho de peso, à melhora na conversão alimentar, ao aumento na retenção de nitrogênio e à redução no conteúdo de lipídios na carcaça (BAI & GATLIN, 1994; DAVIES et al., 1997; BERGE et al., 1998). Além disso, a lisina, junto com a metionina, serve como precursor para a carnitina, que esta envolvida com o transporte de ácidos graxos para a oxidação na mitocôndria (WALTON et al., 1984). Deficiências em lisina resultam em prejuízos ao crescimento, erosão nas nadadeiras e alta mortalidade em truta arco-íris (KETOLA, 1983). Neste sentido, a exigência em lisina tem sido avaliada para diversas espécies de peixes produzidas em confinamento, por meio de dietas suplementadas com algum nutriente específico (WILSON, 2002; NRC, 2011).

O ganho de peso tem sido o principal critério para determinação da exigência de lisina, embora alguns autores considerem que o uso da deposição de proteína seja o critério mais adequado, considerando que este é o principal fator determinante na exigência de aminoácidos (BUREAU & ENCARNAÇÃO, 2006). Geralmente o uso da deposição de proteína como critério de resposta resulta em uma estimativa mais elevada de exigência em lisina do que o ganho de peso (MAI et al., 2006). Entretanto, o inverso foi observado na carpa comum, variedade Jian, (ZHOU et al, 2007), em que o valor determinado para otimizar a deposição de proteína foi inferior para o ganho de peso.

Furuya et al. (2006) em experimento conduzido com juvenis de tilápia do Nilo (5 a 30 g de peso vivo), determinaram a exigência de 1,44% de lisina digestível (1,55% de lisina total), para melhor desempenho, rendimento e composição química da carcaça.

Estudando a mesma espécie na fase juvenil, Furuya et al. (2004), Furuya et al. (2013) obtiveram nível estimado de, respectivamente, 1,42% de lisina digestível e 1,31% de lisina total. Já Bomfim et al. (2006) e Takishita et al. (2009) estimaram a exigência em 1,70% e 2,17% de lisina digestível, respectivamente, em rações para alevinos de tilápia do Nilo, ambos utilizando o conceito de proteína ideal na formulação das rações experimentais.

Em estudos com juvenis de pacu realizados por Abimorad et al. (2010) e Bicudo (2008), determinaram a exigência dietética de 1,64% e 1,50%, respectivamente, para o máximo desempenho animal.

Prado, (2011), em trabalho com juvenis de surubim, concluiu que o aumento dos níveis de lisina nas dietas interferiu significativamente e de forma linear nas variáveis avaliadas, e que o nível mais elevado testado (2,75%) foi o que promoveu os melhores valores das variáveis estudadas.

Embora existam trabalhos publicados que objetivaram determinar a exigência de lisina para diversas espécies de peixes, para o tambaqui ainda há carência dessa informação nutricional.

3. OBJETIVO GERAL

Determinar a exigência de lisina digestível e total nas rações para alevinos de tambaqui, com base no conceito de proteína ideal.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E.G.; FAVERO, G.C.; SQUASSONI, G.H. et al. Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**. Malden: Wiley-blackwell, v. 16, n. 4, p. 370-377, 2010.
- ABIMORAD, E. G.; CASTELLANI, D. Exigências nutricionais de aminoácidos para o lambari-do-rabo amarelo baseadas na composição da carcaça e do músculo, **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 37(1): 31 – 38, 2011.
- ABREU, M. L. T. DE; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. DE; et al. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.54-61, 2007.
- BAI, S.C.; GATLIN, D.M. Effects of L-lysine supplementation of diets with different protein level and sources on channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). **Aquaculture and Fisheries Management**, v.25, p.465-474, 1994.
- BICUDO, A.J. de A. Exigências nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887): proteína, energia e aminoácidos. **Tese** (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. Bibliografia. Piracicaba, 2008. 103 p. : il.
- BERGE, G.E.; SVEIER, H.; LIED, E. Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*); their requirement and metabolic effect to lysine. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.120(A), p.477-485, 1998.
- BUREAU, D.P.; ENCARNÇÃO, P.M. Adequately defining the amino acid requirement so fish: the case example of lysine. In: **SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA**, 8., 2006, Monterrey, Anais eletrônicos... Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2006.
- DAVIES, S.J.; MORRIS, P.C.; BAKER, R.T. Partial substitution of fish meal and full-fat soya bean meal with wheat gluten and influence of lysine supplementation in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, v.28, p.317-328, 1997.
- ARAÚJO - LIMA, C.A.R.M., GOMES, L.C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: Baldisserotto, B. Gomes, L.C. (ed) *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. 1ª ed. Santa Maria. Ed. da UFSM. p. 468, 2005.
- ARIDE, P. H. R.; ROUBACH, R.; VAL, A. L. Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. **Aquaculture Research**, 38: 588-594, 2007.
- BAKER, D. H., HAN, Y. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. **Poultry Science Journal**, v. 73, n. 9, p. 1441 – 1447, 1994.

BICUDO, A. J.A.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E.P. Dietary lysine requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Aquaculture** 297, 151–156, 2009.

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

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELLE, 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.

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

BOMFIM, M. A. D. Estratégias Nutricionais para Redução das Excreções de Nitrogênio e Fósforo nos Sistemas de Produção de Peixes no Nordeste: Sustentabilidade Ambiental e Aumento da Produtividade. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, n.2, p.122-140, 2013.

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., W. M. FURUYA, L. C. R. SILVA, L. S. SANTOS, T. S. C. SILVA, E V. G. Santos. 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** 36 (3): 517-525, 2007.

BÜNZEN, S., ROSTAGNO, H.S.; LOPES, D.C.; HASHIMOTO, F.A.M.; GOMES, P.C.; APOLÔNIO, L.R. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37 n.7, p.1236-1242, 2008.

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

CAO, L.; WANG, W.; YANG, C.; YANG, Y.; DIANA, J.; YAKUPITIYAGE, A.; LUOA, Z; LI, D. Application of microbial phytase in fish feed. **Enzyme and Microbial Technology** v.40, p.497–507, 2007.

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

CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y. et al. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.68-87, 2010 (suplemento especial).

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).

DEVLIN, T.M. **Manual de Bioquímica com Correlações Clínicas**. 5.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. 1084p.

DIEMER, O. Fósforo na alimentação de pacus *Piaractus mesopotamicus* criados em tanques-rede. 35f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2011.

EMMERT, J.L., BAKER, D.H., 1997. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal Applied Poultry Research** 6(4):462-470, 1997.

FAO Fisheries and Aquaculture Department. 2013. Global Aquaculture Production Statistics for the year 2011. <http://ftp.fao.org/FI/news/GlobalAquacultureProductionStatistics2011.pdf>

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B. et al. Exigência de proteína para alevino revestido de tilápia do Nilo (*Orteochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.26, n.6, p. 1912-1917, 2000.

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

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. 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.

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

FURUYA, W.M., Santos, V.G., Silva, L.C.R. FURUYA, V.R.B. (2006) Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35, 937-942, 2006.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100p.

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

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; PADILHA, P.M.; BARROS, M.M. Digestibilidade aparente de fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.36, n.5, p.1473-1480, 2007.

ISMIÑO-ORBE, R.A. Excreção e efeito da amônia sobre o crescimento do tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). Manaus. 29p. (**Dissertação de Mestrado**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), 1997.

KETOLA, H.G. Requirements of dietary lysine and arginine by fry of rainbow trout. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 56, p. 101-107, 1983.

KUBITZA, F. 2012. Tambaqui: alimentando com eficiência para reduzir custos. **Panorama da aquicultura**, Rio de Janeiro, 22(129): 14-21.

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

LELLIS, W.A.; BARROWS, F.T.; HARDY, R.W. Effects of phase-feeding dietary phosphorus on survival, growth, and processing characteristics of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.242, p.607-616, 2004.

Ministério da Pesca e Aquicultura- MPA. Boletim da Pesca e Aquicultura: Brasil 2012. Brasília, 2012.129 p.

MAI, K.; ZHANG, L.; AI, Q.; DUAN, Q.; ZHANG, C.; LI, H.; WAN, J.; LIUFU, Z. Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 258, n. 1/4, p. 535-542, 2006.

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

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M. Lipídeos na alimentação de alevinos revestidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.566-573, 2002.

MITCHEL, H.H. Comparative nutrition of man and domestic animals. **Academic Press**, New York, NY, 1964.

NELSON, D.L.; COX, M.M. Proteins. In: **Lenhinger principles of biochemistry**. New York: Freeman and Company, 2005. chap.10, p. 343-368.

NRC (National Research Council). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. National Academy Press, Washington, DC, USA, 2011.

ONO, E. A.; HALVERSON, M. R.; KUBITZA, F. Pirarucu: o gigante esquecido. **Panorama da aquicultura**. 14(81): 14-25, 2004.

ONO, E.A. A produção de pirarucu no Brasil: uma visão geral. **Panorama da Aquicultura**. 21(123):40-45, 2011.

OLIVEIRA, A.C.B.; MIRANDA, E.; CORREA, R. Exigências nutricionais e alimentação do tambaqui. In: FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P., eds. Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis – **SC: Aquabio**, p.231-240, 2013.

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. **Anais...** Maringá: SBZ, p. 120-128, 1994.

PEZZATO, L. E. et al. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo. Ed. Tecart, 2004. 79 p.

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).

PORTZ, L. Recentes avanços na determinação das exigências e digestibilidade da proteína e aminoácidos em peixes. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2001. CD-ROM. Palestras. Semi 36.

QUINTERO-PINTO, L.G.; PARDO-GAMBOA, B.S.; QUINTERO-PARDO, A.M.C.; PEZZATO, L.E. Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias. **Vet. Zootec.** n.5, v.2, p.30-43, 2011.

RIBEIRO, F.B.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D.; DONZELLE, J.L.; QUADROS, M.; CUNHA, P.S.L. True and apparent digestibility of protein and amino acidsof feed in Nile tilapia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.5, p.939-946, 2011.

RIBEIRO, F.B.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D.; DONZELLE, J.L.; QUADROS, M.; CUNHA, P.S.L.; VIANNA, R.A. Apparent and true digestibility of protein and amino acid in feedstuffs used in Nile Tilapia feed as determined by the technique of dissection. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1075-1081, 2012.

ROSTAGNO, H.S.;BÜNZEN, S.; SAKOMURA, N. K.; ALBINO, L. F.T. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.36, suplemento especial, p.295-304, 2007.

ROCHA, C.M. C.; RESENDE, E. K.; ROUTLEDGE, E. A. B.; Lundstedt, L. M. 2013. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, 48(8): iv-vi, 2013.

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

SMALL, B.C.; SOARES JÚNIOR, J.H. Quantitative dietary lysine requirement of juvenil estriped bass *Morone saxatilis*. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 6, n. 4, p. 207-212, 2000.

TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, no.11, p.2099-2105, 2009.

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.

WALTON, M.J.; COWEY, C.B.; ADRON, J.W. The effect of dietary lysine level song rowth and metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 52, p. 115-122, 1984.

WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.). **Fish Nutrition**. 3nd .ed. New York: Academic Press, 2002. chap. 3, p. 144-179.

ZHOU, X-Q.; ZHAO, C-R.; JIANG, J.; FENG, L.; LIU, Y. Dietary lysine requirement of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio*var.*Jian*). *Aquaculture Nutrition*, Oxford, v. 13, p. 1-6, 2007.

CAPÍTULO 2

EXIGÊNCIA DE LISINA PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI

Resumo – Objetivou-se determinar a exigência de lisina digestível e total nas rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Foram utilizados 750 alevinos de tambaqui com peso inicial de $0,34 \pm 0,02\text{g}$ em experimento com delineamento em blocos casualizados, composto por seis tratamentos, cinco repetições em dois blocos e vinte e cinco peixes por parcela. Os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas, com diferentes níveis de lisina digestível (1,300; 1,480; 1,600; 1,840; 2,020; e 2,200%), formuladas utilizando-se a técnica da “suplementação de aminoácidos”, com base no conceito de proteína ideal. Os peixes foram mantidos em caixas de polietileno (aquários) dotados de abastecimento de água e aeração individuais, e foram alimentados à vontade em seis refeições diárias, durante 50 dias. Avaliaram-se parâmetros de desempenho, eficiência alimentar, deposições diárias de proteína e gordura corporais e a eficiência de retenção de nitrogênio. O consumo de ração, o consumo de proteína bruta, a taxa de crescimento específico e a composição corporal (teores de umidade, proteína e gordura) e a deposição de gordura corporal dos peixes não variaram em função da elevação dos níveis de lisina digestível da ração. Para o ganho de peso e deposição de proteína corporal dos peixes, o nível de lisina digestível da ração estimado por meio da primeira intersecção da equação quadrática com o platô obtido pelo modelo LRP foi de 1,73 e 1,78%, respectivamente. O consumo de lisina digestível aumentou linearmente e a eficiência de lisina digestível para o ganho de peso piorou de forma linear em função da elevação dos níveis de lisina digestível da ração. Para a conversão alimentar e eficiência de retenção de nitrogênio, os melhores resultados foram obtidos com o nível de 1,66% e 1,84% de lisina digestível, respectivamente. Conclui-se que a recomendação dos níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tambaqui é de 1,73% e 1,78%, equivalente a 1,95% e 2,00% de lisina total, por proporcionar melhor ganho de peso e deposição de proteína corporal, respectivamente, na fase dos 0,34 a 5,67g.

Palavras-Chave: *Colossoma macropomum*, composição corporal, fase inicial, nutrição protéica

Abstract – The objective was to evaluate the requirement of digestible lysine in the feed fry tambaqui (*Colossoma macropomum*). We used 750 fingerlings of tambaqui with initial weight of $0.34 \pm 0.02\text{g}$ in an experiment using a randomized block design, with six treatments, five replicates in two blocks and twenty-five fish per plot. The treatments were six isocaloric experimental diets, isocalcium and isophosphoric with different levels of digestible lysine (1.300; 1.480; 1.600; 1.840; 2.020; and 2.200%), formulated using the technique of "amino acid supplementation," based on the ideal protein concept. The fish were kept in polythene containers (tanks) equipped with individual water supply and aeration, and were fed ad libitum in six meals a day for 50 days. They evaluated the performance parameters, feed efficiency, daily positions of body protein and fat and nitrogen retention efficiency. The feed intake, crude protein intake to the rate of specific crecimiento and body composition (moisture, protein and fat) and the deposition of body fat of fish not vary due to the increase of digestible lysine levels in the diet. For weight gain and body protein deposition fish, the lysine level estimated by the feed of the first intersection of the quadratic equation obtained by the LRP plateau model was 1.73 and 1.78%, respectively. The digestible lysine linearly increased and lysine efficiency for weight gain linearly decreased due to the increase of digestible lysine levels in the diet. To feed conversion and nitrogen retention efficiency, the best results were obtained with the level of 1.66% and 1.84% digestible lysine, respectively. It is concluded that the recommendation of lysine levels in rations to tambaqui fingerlings is 1.73% and 1.78%, equivalents to 1.95% and 2.00% of total lysine, for providing better weight gain and body protein deposition, respectively, in the phase of 0.34 to 5.67g.

Keywords: *Colossoma macropomum*, corporal composition, initial phase, proteic nutrition

INTRODUÇÃO

A piscicultura possui destacada importância econômica e social em função da demanda por pescado e a redução dos estoques pesqueiros, o que tem influenciado no crescimento da produção no decorrer dos anos. Neste sentido, é necessário a intensificação dos sistemas produtivos, com controle dos aspectos inerentes à produção e ao mercado, de forma a minimizar o elevado custo, principalmente com rações balanceadas, que podem diminuir a rentabilidade do piscicultor, sendo a proteína o nutriente mais caro (CAO et al., 2007; CYRINO et al., 2010).

Considerando esses aspectos, os pesquisadores têm concentrado esforços para obter informações que possibilitem não só a formulação de rações nutricionalmente completas e balanceadas para maximização da produtividade, mas que também proporcionem a menor geração de resíduos poluidores aos efluentes (PEZZATO et al., 2009, CYRINO et al., 2010).

O tambaqui (*Colossoma macropum*) é uma espécie nativa da região amazônica, que se destaca para exploração zootécnica, devido a sua adaptação à produção intensiva, crescimento rápido, aceitação da ração industrial e do valor comercial de sua carne (ARAUJO-LIMA, 2005). Por outro lado, há carência de informações sobre suas exigências nutricionais (DAIRIKI & SILVA, 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

Os peixes, como aves e mamíferos, não possuem exigência apenas para proteína, mas também de um adequado balanceamento de aminoácidos essenciais e não essenciais. Neste sentido, uma ração formulada com base em proteína bruta pode não atender às necessidades nutricionais para todos os aminoácidos. Como estratégia para atender as exigências nutricionais em aminoácidos das espécies, tem-se utilizado o conceito de proteína ideal na formulação de rações (MITCHEL, 1964; TAKISHITA et al. 2009).

A proteína ideal corresponde a um balanceamento de aminoácidos, sem excessos nem deficiências, de forma a atender às exigências para os processos de manutenção e crescimento. Na aplicação prática do conceito de proteína ideal, é fundamental a suplementação com aminoácidos industriais, o que favorece a redução do nível de proteína bruta das dietas e possibilita melhoria no desempenho produtivo. O aminoácido utilizado como referência para o perfil da proteína ideal é a lisina (BAKER & HAN, 1994; PARSONS & BAKER, 1994; FURUYA et al., 2005; BOMFIM et al., 2008).

A lisina é o aminoácido de referência utilizado na determinação do padrão da proteína ideal, por ser o mais limitante em algumas fontes proteicas alternativas à farinha de peixe, principalmente nos cereais (como o glúten), sendo encontrada em maiores concentrações nas proteínas de origem animal. Além disso, são mais simplificadas as análises laboratoriais para determinação dos seus níveis em ingredientes, rações e tecidos, além de ser um aminoácido prioritariamente direcionado para a deposição de proteína corporal (BAKER & HAN, 1994; KIM & LALL, 2000; RODEHUTSCORD et al., 2000; DAIRIKI et al., 2007; FURUYA et al., 2004, ABIMORAD et al., 2008; OVIE & EZE, 2013).

Considerando a carência de informações a respeito da exigência de lisina em rações para o tambaqui, justifica-se a necessidade de determinar a exigência de lisina digestível e total em dietas para alevinos desta espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição e Alimentação de Organismos Aquáticos do Maranhão (LANUMA), no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), localizado no município de Chapadinha – Maranhão, com duração de 50 dias.

Foram utilizados 750 alevinos de tambaqui com peso inicial de $0,34 \pm 0,02\text{g}$, em experimento com delineamento blocos ao acaso, composto por seis tratamentos, com cinco repetições em dois blocos, e 25 peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas com diferentes níveis de lisina digestível (1,300; 1,480; 1,660; 1,840; 2,020; e 2,200%), formuladas utilizando-se a técnica da “suplementação de aminoácidos”, com base no conceito de proteína ideal. Nas rações, a relação da metionina mais cistina:lisina, bem como a dos demais aminoácidos:lisina, foram mantidas, pelo menos, cinco pontos percentuais acima da proposta por Souza (2014) para alevinos de tambaqui e das estimadas a partir dos valores de exigência para tilápias do Nilo propostos pelo NRC (2011), respectivamente, com intuito de evitar a possibilidade de que possa ter outro aminoácido limitante para cada nível de suplementação de lisina digestível avaliado (Tabela 1).

Os alevinos foram mantidos em 30 caixas de polietileno sendo, 12 de 1.000 L e 18 de 500 L, dotados de sistemas individuais de abastecimento de água, drenagem e aeração.

Tabela 1 - Composição percentual e química das rações experimentais, elaboradas com base na técnica da “suplementação de aminoácidos”, com base no conceito de proteína ideal (matéria natural).

Ingredientes (%)	Nível de Lisina Digestível (%)					
	1,300	1,480	1,660	1,840	2,020	2,200
Farelo de soja	51,511	51,511	51,511	51,511	51,511	51,511
Milho	34,830	34,830	34,830	34,830	34,830	34,830
Amido de milho	0,000	0,291	0,599	0,974	1,406	2,177
Óleo de soja	3,885	3,797	3,697	3,552	3,384	3,246
Lisina-HCl	0,000	0,230	0,460	0,690	0,920	1,150
DL-Metionina	0,194	0,322	0,450	0,579	0,707	0,835
L-Treonina	0,155	0,308	0,461	0,613	0,766	0,919
L-Triptofano	0,000	0,044	0,090	0,136	0,182	0,228
L-Isoleucina	0,000	0,000	0,023	0,143	0,263	0,383
L-Valina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,070	0,179
L-Arginina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,162
Ácido L-Glutâmico	5,046	4,288	3,499	2,592	1,577	0,000
Fosfato Bicálcico	3,310	3,310	3,310	3,310	3,310	3,310
Premix Vitamínico e Mineral ⁵	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Vitamina C ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
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 ¹						
Proteína Bruta (%)	29,14	29,14	29,14	29,14	29,14	29,14
Proteína Digestível (%) ³	26,78	26,78	26,78	26,78	26,78	26,78
Energia Digestível (kcal/kg) ³	3000,01	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,01
Extrato Etéreo (%)	6,01	5,92	5,82	5,68	5,51	5,37
Fibra Bruta (%)	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
Ca Total (%)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
P disp. (%) ²	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Lisina Total (%) ²	1,517	1,698	1,878	2,058	2,239	2,419
Lisina Digest. (%) ²	1,300	1,480	1,660	1,840	2,020	2,200
Met. + Cist Digest. (%) ²	0,910	1,036	1,162	1,288	1,414	1,540
Treonina Digest. (%) ²	1,066	1,214	1,361	1,509	1,656	1,804
Triptofano Digest. (%) ²	0,345	0,389	0,434	0,479	0,525	0,570
Isoleucina Digest. (%) ²	1,073	1,073	1,096	1,214	1,333	1,452
Arginina Digest. (%) ²	1,754	1,754	1,754	1,754	1,757	1,914
Valina Digest. (%)	1,143	1,143	1,143	1,143	1,212	1,320
Relação Lis. Dig./ED (g/Mcal)	0,433	0,493	0,553	0,613	0,673	0,733
Relação Met+Cist/Lisina Dig.	70	70	70	70	70	70
Relação Treonina/Lisina Dig.	82	82	82	82	82	82
Relação Triptofano/Lisina Dig.	25	25	25	25	25	25
Relação Isoleucina/Lisina Dig.	83	72	66	66	66	66
Relação Arginina/Lisina Dig.	135	119	106	95	87	87
Relação Valina/Lisina Dig.	88	77	69	62	60	60

¹Com base nos valores propostos por Rostagno et al. (2011);

²Com base nos coeficientes de digestibilidade para os aminoácidos industriais propostos por Rostagno et al. (2011) e para os aminoácidos e da disponibilidade para o fósforo do milho e farelo de soja propostos por Furuya et al. (2010);

³Com base nos coeficientes de digestibilidade para o amido propostos por Furuya et al. (2010) para tilápia do Nilo; e do milho, farelo de soja e óleo de soja propostos por Vidal Júnior (2000);

⁴Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo;

⁵Suplemento 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.

A água de abastecimento dos aquários foi proveniente de poço artesiano. A temperatura da água foi aferida 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 monitoramento do pH e do teor de oxigênio dissolvido e de amônia na água foram aferidos a cada sete dias, respectivamente, por intermédio de um pHmetro, oxímetro e de kit colorimétrico comercial para teste para amônia tóxica, respectivamente.

Os ingredientes das rações experimentais foram misturados, umedecidos em água aquecida a cerca de 50°C, peletizados utilizando-se de um moinho de carne (C.A.F. Picadores de carne – modelo 98 STI). Em seguida, as rações foram secas, trituradas, peneiradas, ficando os pêletes de 3 a 4 mm de diâmetro.

As rações foram oferecidas diariamente em seis refeições (08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 h). Em cada refeição, as rações eram oferecidas em pequenas quantidades, com repasses sucessivos até a saciedade aparente, evitando dessa forma, sobras ou subfornecimento. A limpeza das caixas foi realizada diariamente por sifonagem, sempre após a aferição da temperatura da água.

No início do experimento, 50 peixes foram insensibilizados e eutanasiados em água com gelo, e congelados para posterior determinação da composição corporal inicial. No final, 25 peixes de cada caixa, após jejum de 24 horas foram pesados, insensibilizados e eutanasiados e congelados para determinação da composição corporal final.

Após o congelamento, os peixes (carcaças e vísceras) foram secos em estufa com circulação forçada de ar, pré-desengordurados, moídos em moinho de bola e acondicionados em recipientes para análises laboratoriais. As amostras foram analisadas quanto a sua composição corporal (teores de umidade, proteína bruta e lipídeos) conforme procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2003). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

Foram avaliados: ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), consumo de ração (CR), consumo de lisina digestível (CLD), conversão alimentar (CA), eficiência

protéica para o ganho de peso (EPG), eficiência de lisina digestível para o ganho de peso (ELG), composição química corporal (teores de umidade, proteína e gorduras corporais), taxa de deposição diária de proteína (TPD) e gordura (TDG) corporais e a eficiência de retenção de nitrogênio (ERN). Os parâmetros de desempenho, deposições corporais e eficiência alimentar foram calculados de acordo com as equações abaixo:

- Ganho de peso (g) = peso médio final (g) – peso médio inicial (g);
- Consumo de ração (g) = ração consumida durante o experimental (g);
- Consumo de lisina digestível (mg) = [consumo de ração(mg) x teor de lisina digestível da ração(%)]/100;
- Conversão alimentar (g/g) = consumo de ração (g) / ganho de peso (g);
- Taxa de crescimento específico (%/dia) = [(logaritmo natural do peso final (g) – logaritmo natural do peso inicial (g)) x 100] / período de observação experimental (dias);
- Eficiência protéica para o ganho de peso (g/g) = ganho de peso (g) / consumo de proteína bruta (g);
- Eficiência de lisina para o ganho de peso (g/g) = ganho de peso (g) / consumo de lisina digestível (g);
- Deposição de proteína corporal (mg/dia) = [(proteína corporal final (mg)) – (proteína corporal inicial (mg))] / (período de observação experimental (dias));
- Deposição de gordura corporal (mg/dia) = [(gordura corporal final (mg)) – (gordura corporal inicial (mg))] / (período de observação experimental (dias));
- Eficiência de retenção de nitrogênio (%) = {[N corporal final (g)) – (N corporal inicial (g))] x 100} / consumo de N (g).

As variáveis avaliadas foram submetidas a análise de variância ao nível de cinco por cento de probabilidade. Para as variáveis que apresentaram efeitos significativo dos níveis de lisina digestível pela análise de variância, realizaram-se análises de regressão por meio de modelos linear e quadrático. Também foi ajustado o modelo descontinuo “Linear Response Plateau” (LRP). Para a escolha do modelo de melhor ajuste levou-se em consideração o valor de P (significância) e o R² (SQ do modelo/ SQ do tratamento). Adicionalmente, foram submetidas ao modelo proposto por Baker et al. (2002) estimando a exigência de forma intermediária, obtida com os modelos LRP mais quadrática individualmente.

Nas variáveis onde não foi verificado ajuste significativo (P<0,10) dos modelos de regressão, utilizou-se o teste Student Newman Keuls – SNK para comparação das médias de

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de abastecimento de água e de aeração possibilitaram a manutenção da temperatura e da oxigenação durante o período experimental. As temperaturas máximas e mínimas da água mantiveram-se em torno de $26,1 \pm 0,64$ °C e $24,2 \pm 0,76$ °C, respectivamente. A concentração de oxigênio dissolvido na água ficou em torno de $7,63 \pm 0,70$ ppm, pH $5,8 \pm 0,39$ e amônia total $\leq 1,00$ ppm, respectivamente. Os parâmetros de qualidade de água mantiveram-se dentro dos padrões recomendados para a criação da espécie, conforme valores preconizado por Gomes et al. (2010) e Mendonça et al. (2012).

Observou-se que o CR, CPB e a TCE não foram influenciados ($P>0,05$) pelo nível de lisina digestível da ração (Tabela 2).

Tabela 2 Consumo de ração (CR), consumo de proteína bruta, (CPB), consumo de lisina digestível (CLD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência proteica para o ganho de peso (EPG), eficiência de lisina digestível para o ganho de peso (ELG) de alevinos de tambaqui e resumo da análise de variância, em função do nível de lisina digestível da ração

Nível de lisina digestível (%)	Variável							
	CR (g)	CPB (g)	CLD (mg)	GP (g)	TCE (%/dia)	CA (g/g)	EPG (g/g)	ELG (g/g)
1,300	5,45	1,55	70,81	3,73	5,17	1,39 ^a	2,42 ^b	57,99
1,480	6,09	1,73	90,12	4,52	5,28	1,38 ^a	2,60 ^{ab}	50,23
1,660	5,81	1,66	96,38	5,33	5,56	1,14 ^b	3,34 ^a	57,35
1,840	6,25	1,78	115,04	5,35	5,48	1,21 ^{ab}	2,99 ^{ab}	46,37
2,020	5,80	1,43	117,17	4,59	5,30	1,25 ^{ab}	2,95 ^{ab}	39,34
2,200	6,33	1,80	139,32	5,24	5,51	1,21 ^{ab}	2,91 ^{ab}	37,76
$P>F^1$	0,2820	0,0601	0,0001	0,0113	0,2094	0,0049	0,0323	0,0001
CV (%)	10,77	12,35	10,49	15,28	5,20	8,21	11,93	14,46

CV – Coeficiente de variação (%);

$P>F$ - Significância do Teste “F” da análise de variância;

Médias na coluna seguidas de letras iguais não diferem pelo teste SNK ($P>0,05$).

O CLD aumentou de forma linear ($P<0,05$), com a elevação dos níveis de lisina digestível na ração (Tabela 2 e 3). Consequentemente, os efeitos significativos observados nas demais variáveis foram causados apenas pela diferença no consumo de lisina digestível. A não variação no consumo de ração pode estar associada ao fato das dietas serem

isoenergéticas, uma vez que o nível energético da dieta pode limitar o consumo dos peixes (NRC, 2011).

Para o GP foi verificado efeito linear e quadrático ($P < 0,05$) em função da elevação dos níveis de lisina digestível da ração, aumentando essa variável para o segundo modelo até o nível estimado de 1,910%. Contudo, o modelo “Linear Response Plateau” – LRP foi o que melhor se ajustou ($P < 0,07$) aos dados, estimando em 1,619% o nível de lisina digestível a partir do qual ocorreu um platô (Tabelas 2 e 3).

Ressalte-se que o modelo quadrático pode proporcionar superestimativa na exigência, em decorrência do fato do modelo assumir simetria bilateral da resposta ao incremento do nutriente, uma vez que o modelo quadrático descreve a queda da produção na mesma intensidade do acréscimo. Além disso, a função quadrática é muito sensível à diferença entre os níveis estudados tendendo a estimar os valores ótimos no intervalo dos níveis (EUCLYDES & ROSTAGNO, 2002). Já o modelo LRP, embora tenha um bom ajuste estatístico, não considera os aspectos fisiológicos do animal e a lei de redução dos retornos, portanto, em muitos casos, subestima o nível ótimo, uma vez que não considera os aumentos que poderiam justificar melhorias adicionais no desempenho (PACK, 1996; PACK et al., 2003; SAKAMURA & ROSTAGNO, 2007; SIQUEIRA et al., 2009).

Tabela 3 – Equações de regressão ajustadas, valor de P, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis consumo de lisina digestível (CLD), ganho de peso (GP), e eficiência de lisina digestível para ganho de peso (ELG) de alevinos de tambaquis em função dos níveis de lisina digestível da ração.

Variável	Modelo	Equação	P>F	R ²	Exigência (%)
CLD (mg)	Linear	$CLD = -18,0742 + 70,2184Lis$	0,0001	0,97	-----
GP (g)	Linear	$GP = 2,6313 + 1,2352Lis$	0,0946	0,42	-----
GP (g)	Quadrática	$GP = -8,8618 + 14,7885Lis - 3,8724Lis^2$	0,0918	0,71	1,910
GP (g)	LRP	$GP = 5,1280 - 4,3889(1,6190 - Lis)$	0,0630	0,81	1,619
GP (g)	Quadrática + LRP	$5,1280 = -8,8618 + 14,7885Lis - 3,8724Lis^2$	-	-	1,730
ELG (g/g)	Linear	$ELG = 88,3967 - 22,9857Lis$	0,0044	0,80	-----

Neste sentido, tem-se a possibilidade de estimar o nível de lisina de forma intermediária, obtida com os modelos LRP mais quadrática individualmente, como forma de contornar essas críticas dos modelos. Segundo Baker et al. (2002), o valor da primeira intersecção é uma excelente forma de representar as exigências por ser um valor obtido de forma objetiva. O nível de lisina digestível da ração estimado para otimizar o ganho de peso

correspondente à primeira intersecção da equação quadrática com o platô estimado pelo modelo LRP foi de 1,73% (Figura 1).

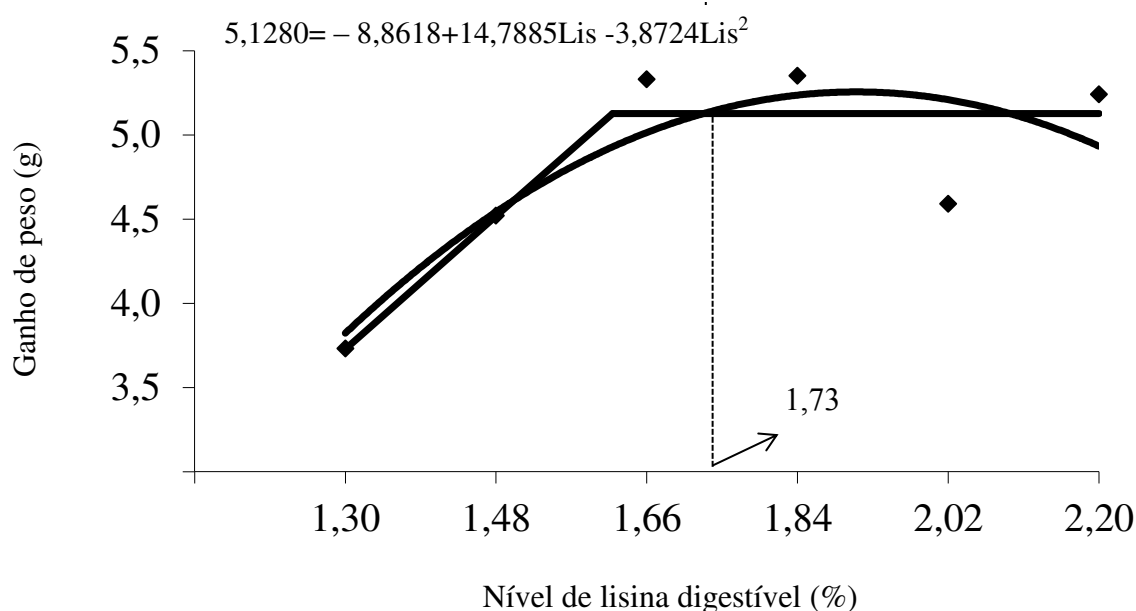


Figura 1. Representação gráfica do ganho de peso para alevinos de tambaqui, em função do nível de lisina digestível da ração.

As exigências de lisina para as espécies de peixe encontrados na literatura apresentam resultados diversos e inferiores ao encontrado neste estudo (1,73%), tais como aos determinados por Furuya et al. (2004) em trabalho com tilápia do Nilo, uma espécie também onívora, na fase dos 5,34 a 77,26 g, que estimaram o nível de lisina de 1,42%; por Furuya et al. (2013) em trabalho com tilápia do Nilo de 87 a 226 g, alimentada com dietas balanceadas para a relação arginina:lisina, que estimaram a exigência de 1,31% de lisina digestível; e por Furuya et al. (2006) trabalharam com juvenis (5,72 a 35,05 g), que determinaram o nível estimado de 1,56% de lisina digestível.

O pacu, uma espécie onívora com características morfométricas e ecológicas similares ao tambaqui, quando alimentado com rações com diferentes níveis de lisina utilizando o conceito de proteína ideal na fase dos 8,66 a 49,18g, determinou-se a exigência dietética de 1,64% de lisina digestível para otimizar o ganho de peso (ABIMORAD et al., 2010).

Essas variações podem ser devido ao balanceamento das rações estudadas, uma vez que a deficiência em qualquer um dos aminoácidos essenciais pode limitar a síntese de proteína e, conseqüentemente, reduzir o valor de exigência obtido. Já o excesso pode causar

um desequilíbrio na relação entre os mesmos, causando sintomas metabólicos de toxicidade, antagonismo ou desbalanceamento, além de poder afetar a taxa de ingestão, o transporte de nutrientes e o catabolismo (COWEY, 1994; PORTZ & FURUYA 2011).

Outros fatores a serem considerados que também podem influenciar nos valores obtidos são: a frequência de alimentação, os parâmetros físico-químicos da água e a diferença entre espécies e/ou faixa de peso. O primeiro porque intervalos mais curtos de alimentação (mínimo de quatro vezes/dia) tendem a resultar em níveis menores de lisina digestível, assim como longos intervalos de alimentação podem resultar em nível mais alto de lisina digestível. No segundo, as variações nos parâmetros, tais como oxigênio, pH e temperatura, podem ocasionar alterações metabólicas e fisiológicas, aumentar a incidência de doenças e mortalidade, além de prejudicar o desempenho dos animais (COSTA et al., 2004; MARCON et al., 2004; ARIDE et al., 2007). No terceiro, diferentes espécies e fases de crescimento para uma mesma espécie podem apresentar taxas de crescimento distintas, que está diretamente relacionada à deposição de tecido muscular (GONÇALVES et al., 2009; BOMFIM et al., 2010; TAKISHITA et al. 2009).

Por outro lado, essa estimativa foi similar ao determinado por Bomfim et al. (2006), em trabalho com alevinos de tilápia do Nilo (1,12 g), que estimaram em 1,70% de lisina digestível como o nível mínimo para obter o melhor ganho de peso; e inferior ao encontrado para alevinos de tilápias do Nilo (0,98 g) por Takishita et al. (2009) que estimaram a exigência em 2,17% de lisina digestível, ambos utilizando o conceito de proteína ideal na formulação das rações experimentais.

A CA apresentou variação ($P < 0,05$) em função da elevação dos níveis de lisina digestível da ração. No entanto, não houve ajuste ($P > 0,10$) para nenhum dos modelos de regressão avaliados. Todavia, com base no teste SNK, o nível de 1,66% de lisina digestível foi o que apresentou melhor resultado em relação aos níveis inferiores, sem variar em relação aos níveis superiores, sendo portanto recomendado para essa variável (Tabelas 2 e 3). De acordo com Sampaio (2007), a natureza quantitativa dos tratamentos empregados sugere o estudo de modelos, porém este procedimento por si só não substitui a comparação de médias.

Furuya et al. (2006), em estudo com juvenis de tilápia do Nilo, observaram melhora na conversão alimentar dos peixes alimentados com a dieta até o nível estimado de 1,44% de lisina digestível, resultado inferior ao valor observado neste estudo. Abimorad et al. (2010), em experimento com pacus (8,66 a 49,18g), determinaram um valor de 1,75 % de lisina digestível para melhor conversão alimentar, superior ao encontrado neste estudo.

Por outro lado, em pesquisas realizadas por Bomfim et al. (2006), Takishita et al. (2009) e Bomfim et al. (2010) com alevinos de tilápia do Nilo observaram que a elevação dos níveis de lisina digestível da ração proporcionou melhoria na conversão alimentar de forma linear.

A EPG apresentou variação ($P < 0,05$) em função da elevação dos níveis de lisina digestível da ração. No entanto, não houve ajuste ($P > 0,10$) para nenhum dos modelos de regressão avaliados. Com base no teste SNK, o nível de lisina digestível de 1,66% apresentou melhor resultado em relação ao menor nível testado, sem variar, contudo, em relação aos demais níveis. Já a ELG piorou de forma linear ($P < 0,05$) em função da elevação dos níveis de lisina digestível da ração.

Em outras pesquisas foi relatado que a eficiência proteica para ganho de peso melhora de acordo com a relação proteína:energia da ração (MATHIS et al., 2003; OISHI et al., 2010). Segundo Oishi et al. (2010) isso indica que o melhor desempenho de crescimento do peixe em relação ao nível de proteína deve ser alcançado pela determinação da menor proporção entre proteína e energia para otimizar o desempenho. No caso em questão, como as rações eram isoprotéicas e isoenergéticas, essa melhora deveu-se à qualidade (balanço) de aminoácidos proporcionado pela elevação do nível de lisina digestível (relação lisina digestível:energia digestível), conforme a aplicação do conceito da proteína ideal, para que outro aminoácido não limite a utilização potencial de cada nível de lisina testado para o desempenho e eficiência alimentar dos animais (BOISEN, 2003; TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010).

Gonçalves et al. (2009), destacam que níveis elevados de suplementação de lisina digestível em ração com baixo nível proteico não proporcionam as mesmas respostas, destacando a importância da lisina em equilíbrio com os demais aminoácidos. Além disso, o adequado balanceamento de aminoácidos nas rações, com a utilização de níveis moderados de aminoácidos sintéticos nas rações e intervalos curtos de alimentação, pode estabilizar a concentração plasmática dos aminoácidos e compatibilizar a capacidade ou velocidade de síntese proteica pelos tecidos especializados, o que podem determinar melhor eficiência alimentar e menor excreção de nutrientes ao meio (TENGJAROENKUL et al., 2000, BOMFIM et al., 2008).

A composição corporal (teores de umidade, proteína e gordura) dos peixes e a DGC não variaram ($P > 0,05$) em função da elevação dos níveis de lisina digestível da ração (Tabela 4).

Para a DPC observou-se efeito quadrático ($P < 0,01$) em função da elevação dos níveis de lisina digestível da ração, aumentando essa variável até o nível estimado de 1,948%.

Apesar da variação quadrática, o modelo “Linear Response Plateau” – LRP foi o que melhor se ajustou ($P < 0,10$) aos dados, estimando em 1,683% o nível de lisina digestível a partir do qual ocorreu um platô (Tabela 5). Utilizando à primeira intersecção da equação quadrática com o platô obtido por meio da equação LRP, o nível de lisina digestível da ração estimado para DPC foi de 1,78% (Figura 2).

Tabela 4. Teores de umidade (UC), gordura (GC) e proteína (PC) corporais, deposições de proteína (DPC) e gordura (DGC) corporais e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) de alevinos de tambaqui e resumo da análise de variância, em função da lisina digestível da ração.

Nível de lisina digestível 1 (%)	Variável					
	UC (%)	GC (%)	PC (%)	DGC (mg/dia)	DPC (mg/dia)	ERN (%)
Inicial	75,89	4,47	14,87	–	–	–
1,300	78,83	7,69	10,70	6,02	7,62	24,94
1,480	76,62	8,06	11,58	7,63	10,12	29,31
1,660	78,10	8,80	10,22	9,95	10,54	32,47
1,840	79,22	5,95	11,36	6,71	12,01	33,53
2,020	79,07	6,62	10,81	6,53	9,67	29,49
2,200	78,31	7,19	11,20	7,73	11,51	32,02
$P > F^1$	0,0539	0,0887	0,1165	0,0534	0,0138	0,0324
CV (%)	1,70	20,86	7,12	26,20	17,51	13,31

CV – Coeficiente de variação

$P > F$ - Significância do Teste “F” da análise de variância;

Médias na coluna seguidas de letras iguais não diferem pelo teste SNK ($p > 0,05$).

Para a ERN, o modelo “Linear Response Plateau” – LRP foi o que melhor se ajustou ($P < 0,10$) aos dados, estimando em 1,58% o nível de lisina digestível a partir do qual ocorreu um platô (Tabelas 4 e 5).

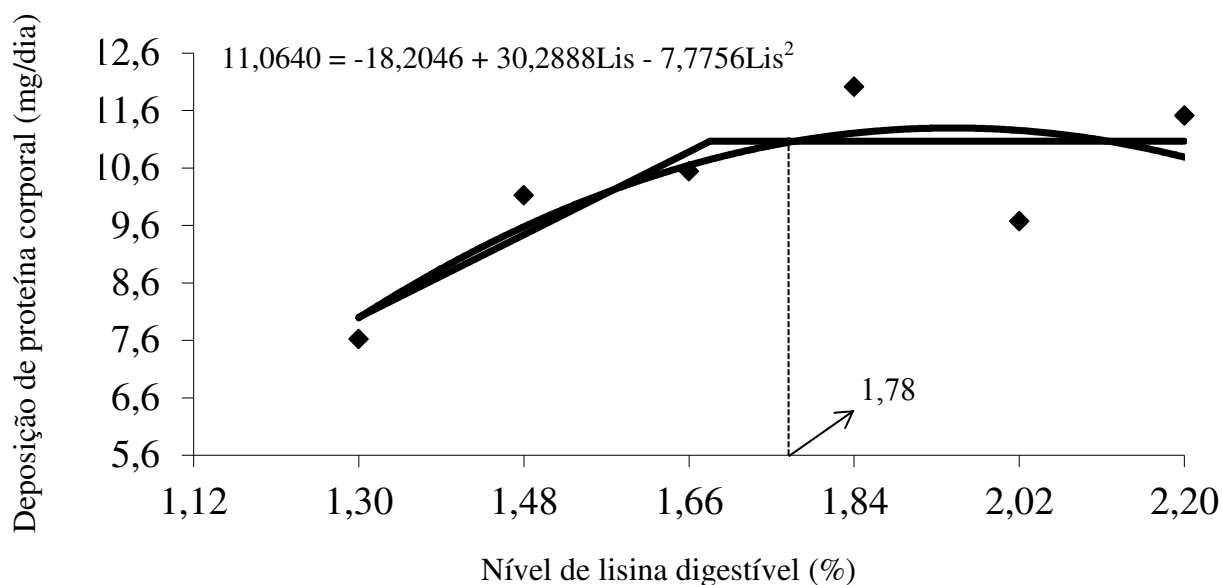


Figura 2. Representação gráfica da deposição de proteína corporal para alevinos de tambaqui, em função do nível de lisina digestível da ração.

Tabela 5 – Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para a variável deposição de proteína corporal (DPC) de alevinos de tambaquis em função dos níveis de lisina digestível da ração.

Variável	Modelo	Equação	P>F	R ²	Exigência (%)
DPC (mg/dia)	Linear	DPC= 4,87333 + 3,0743Lis	0,0707	0,45	-----
DPC (mg/dia)	Quadrática	DPC = -18,2046 + 30,2888Lis - 7,7756Lis ²	0,0928	0,65	1,948
DPC (mg/dia)	LRP	DPC = 11,0640 - 7,9999 (1,6827 - Lis)	0,0821	0,68	1,683
DPC (mg/dia)	Quadrática + LRP	11,0640 = -18,2046 + 30,2888Lis - 7,7756Lis ²	-	-	1,780
ERN	LRP	ERN= 31,8775-24,278 (1,58 - Lis)	0,0774	0,81	1,580

Com base nos resultados obtidos para ganho de peso e deposição de proteína, o nível recomendado de lisina digestível nas rações para alevinos de tambaqui é de 1,73 e 1,78 %, equivalentes a 1,95% e 2,00% de lisina total, respectivamente. Estas recomendações são superiores ao 1,60% de lisina digestível, recomendado para tilápia do Nilo pelo NRC (2011),

e ao recomendado nas Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias (1,53% de lisina digestível). Contudo, são similares ao valor de 1,70% recomendado por Bomfim et al. (2010) e inferiores ao determinado por Takishita et al. (2009) de 2,12% em rações para alevinos de tilápia do Nilo, cujos experimentos utilizaram o conceito de proteína ideal na formulação das rações experimentais.

CONCLUSÃO

A recomendação dos níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tambaqui é de 1,73 % e 1,78%, equivalentes a 1,95% e 2,00% de lisina total, por proporcionar melhor ganho de peso e deposição de proteína corporal, respectivamente, na fase dos 0,34 a 5,67g.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E. G.; SQUASSONI, G. H.; CARNEIRO, D. J. Apparent 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.
- ABIMORAD, E.G.; FAVERO, G.C.; SQUASSONI, G.H. et al. Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**. Malden: Wiley-blackwell, v. 16, n. 4, p. 370-377, 2010.
- BAKER D.H; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. **Poultry Science**, 73: 1441-1447, 1994.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.T.A.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de Lisina digestível, com base no conceito de proteína ideal, em dietas para alevinos de tilápia do Nilo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Macromedia, [2006].
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELLE, 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.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELLE, J.L.; QUADROS, M. RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.1-8, 2010.
- BOISEN, S. Ideal dietary amino acid profiles for pigs. Page 157-168 in **Amino acid in farm animal nutrition**, Wallingford, CAB International, 2003.

BOCK, C. L., L. E. Pezzato, O. A. Cantelmo, e M. M. Barros. Fitase e digestibilidade aparente de nutrientes de rações por tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia** 35(6): 2197-2202, 2006.

CAO, L.; WANG, W.; YANG, C.; YANG, Y.; DIANA, J.; YAKUPITIYAGE, A.; LUOA, Z; LI, D. **Application of microbial phytase in fish feed. Enzyme and Microbial Technology** v.40, p.497–507, 2007.

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

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 (suplemento especial).

DAIRIKI, J. K.; DIAS, C T. S.; CYRINO, J. E. P. 2007. Lysine Requirements of Large mouth Bass, *Micropterus salmoides*: A Comparison of Methods of Analysis of Dose-Response Trials Data. **Journal of Applied Aquaculture**, 19(4): 1-27.

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).

EMMERT, J.L., BAKER, D.H., 1997. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal Applied Poultry Research** 6(4):462-470, 1997.

EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Planejamento experimental em avicultura e interpretação de resultados. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2002. p.117-133.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. 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.

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., Santos, V.G., Silva, L.C.R. FURUYA, V.R.B. (2006) Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35, 937-942, 2006.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100p.

FURUYA, W. M. ; MICHELATO, M.; GRACIANO, T. S. et al. Exigência de lisina digestível para a tilápia do Nilo de 87 a 226g alimentada com dietas balanceadas para a

relação arginina:lisina. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1945-1954, jul./ago. 2013.

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.

GONÇALVES, G. S.; Pezzato, L. E.; Barros, M. M. et al. Relação lisina digestível: proteína digestível em rações para tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.38 no.12 Viçosa Dec. 2009.

GOULDING, M. Flooded forests of the Amazon. **Science Amazon**, v.1, p. 113 – 120. 1993.

KIM, J.D. E LALL, S.P. Amino acid composition of whole body tissue of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), yellow-tail flounder (*Pleuronectes ferruginea*) and Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). **Aquaculture**, 187: 367-373,2000.

MATHIS, N.; FEIDT, C.; BRUN-BELLUT, J. Influence of protein/ energy ratio on carcass quality during the growing period of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). **Aquaculture**, 217: 453-464,2003.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W, R.; SANTOS, L, D.;WOLF, L.; COLPINI, L, M, S. Exigência de Proteína Digestível para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em baixa temperatura. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 9 p 01, 2007.

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.

MPA (Ministério da Pesca e Aquicultura) (2012). **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2010**. Brasília, Brazil.

NRC (National Research Council) **Nutrient requirements of fish and shrimp**. National Academy Press, Washington, DC, USA, 2011.

OLIVEIRA, A.C.B.; MIRANDA, E.; CORREA, R. Exigências nutricionais e alimentação do tambaqui. In: FRACALOSSO, D.M; CYRINO, J.E.P., eds. Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis – SC: **Aquabio**, p.231-240, 2013.

OVIE, S.O.; EZE, S. S. 2013. Lysine requirement and its effect on the body composition of *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, 8(1): 94-100.

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 ZOOTECHNIA, 31, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, p. 120-128, 1994.

PACK, M. Models used to estimate nutrient requirements with emphasis in economic aspects. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E

SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p.43-54.

PACK, M.; HOEHLER, D.; LEMME, A. Economic assessment of amino acid responses in growing poultry. In: D'MELLO, J.P.F.(Ed.) **Amino acids in animal nutrition**. Cambridge: CABI Publishing, 2003. p.459-483.

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.

RODEHUTSCORD, M.; BORCHERT, F.; GREGUS, K. et al. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. 1. Effect of dietary crude protein level. **Aquaculture**, 187: 163-176, 2000.

ROTTA, M. A. Utilização da energia e da proteína pelos peixes. **Embrapa Corumbá**, Corumbá, 2002. 24p. Documento, 40.

ROSTAGNO, R.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283 p.

SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Vol. 1. 3ªed. FEPMVZ. Belo Horizonte. 264 pp.

SIQUEIRA, J.C. DE; SAKOMURA, N. K.; NASCIMENTO, D.C.N. et al. Modelos matemáticos para estimar as exigências de lisina digestível para aves de corte ISA Label. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1732-1737, 2009.

SOUZA, F.O. Relação da Metionina mais cistina com a lisina em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macromum*). **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2014. 49p.

TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, no.11, p.2099-2105, 2009.

TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B.J.; CACECI, T. et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v.182, p.317-327, 2000.

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

ANEXO- Parecer técnico da comissão de ética em experimentação animal.

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*).

ESPECÍFICO:

III – Sumário do projeto:

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

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

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

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

Não se considera experimento:

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

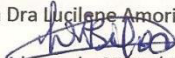
V – Pendências

VI – Recomendações:

VII – Parecer consubstanciado do CEUA

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

São Luís, 14 / 06 / 2012

Profa Dra Lucilene Amorim Silva

Presidente do CEUA / UFMA