



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



EXIGÊNCIAS DE LISINA PARA MANTENÇA DE TAMBAQUI

RAFAEL SILVA MARCHÃO

CHAPADINHA-MA

2018



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



RAFAEL SILVA MARCHÃO

EXIGÊNCIAS DE LISINA PARA MANTENÇA DE TAMBAQUI

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. Felipe Barbosa Ribeiro

Co-Orientador: Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira

CHAPADINHA-MA

2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo (a) autor (a).

Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Marchão, Rafael Silva

Exigências de lisina para manutenção de tambaqui / Rafael Silva Marchão.
- 2018.

44 f.

Orientador(a): Felipe Barbosa Ribeiro.

Co-Orientador(a): Jefferson Costa de Siqueira.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência
Animal (25.06) / ccaa, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha-MA,
2018.

1. Aminoácido essencial. 2. *Colossoma macropomum*. 3. Método
fatorial. 4. Nutrição de peixe. 5. Retenção de nitrogênio.

RAFAEL SILVA MARCHÃO

EXIGÊNCIAS DE LISINA PARA MANUTENÇÃO DE TAMBAQUI

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

Dissertação defendida e aprovada em: 28/03/ 2018

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro (Orientador)

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira (Co-Orientador)

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof.^a Dr.^a Jane Mello Lopes

Doutor em Ciências Fisiológicas
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

DEDICO

À Deus, fonte inesgotável de sabedoria, Minha mãe, minha avó, meus irmãos e meu orientador Felipe Barbosa Ribeiro pela amizade e confiança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida, por ter saúde, e por possuir uma família maravilhosa que sempre está do meu lado.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro pela presteza e paciência a mim dedicado. Meus agradecimentos se estendem ao Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira (co-orientado) e ao Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim, pelo apoio a minha formação.

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 aqui adquiridos.

À minha querida Mãe e minha Avó, Maria Francisca Silva Marchão e Maria Silva Marchão, por todo o amor e carinho, pelo apoio e por me fazer acreditar que nada é impossível, agradeço principalmente pelas orações diárias para que meus objetivos fossem alcançados. Aos meus irmãos, Marcio Silva e Grazielia Silva

A Janayra Silva, minha namorada, pelo apoio durante esta jornada.

Aos meus queridos companheiros do mestrado, Ruan Mourão, Nitalo Farias, Aylpy Dutra, Renan Leite, Raphael Ramos, Tiago Sousa, Claudio Felipe, Fabiana Castra, Diego Sousa, Gracione, Natalie Pinto, Tayse Facudes, Marilene, Hellen Cristina, Helen Vale, Kalar Batista, Elaine Tiare, Elinalva, Morgana. O meu especial agradecimento! Sem vocês essa trajetória não seria tão prazerosa.

A todos do grupo de nutrição LANUMA e aqueles que se mantiveram presentes, pela amizade e fundamental ajuda: Thalles José, Amós Feitosa, Hadassa Ramos, Dhulya Rodrigues, Neliane Galvão, Dayana Costa, Miguel Arcanjo, e a todos aqueles que contribuíram para a realização deste projeto.

Não poderia esquecer é claro, aos funcionários dedicados da pós-graduação e aos professores pelos auxílios prestados.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, concessão da bolsa durante todo o período de mestrado e a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, pelo financiamento do projeto.

A todos dedico meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	3
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	3
1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVOS	6
2.2 Objetivo Geral.....	6
2.2 Objetivos Específicos	6
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
3.1 Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>).....	7
3.2. Proteína e aminoácidos em dieta para peixes	7
3.3 Métodos para determinação da exigência de aminoácidos para peixes.....	9
3.4. Exigência de lisina digestível para manutenç de algumas espécies de peixes.....	10
REFERÊNCIAS	13
CAPÍTULO 2	19
EXIGÊNCIAS DE LISINA PARA MANTENÇA DE TAMBAQUI.....	19
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS	32
ANEXO.....	35

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

p.

Tabela 1.	Exigência de lisina digestível para manutenção (LDm) recomendada por diferentes autores para algumas espécies.....	11
------------------	--	----

Capítulo 2

Tabela 1.	Composição das dietas isenta de proteína (DIP) e dieta concentrada (DC).....	24
Tabela 2.	Níveis de lisina digestível das dietas utilizados.....	25
Tabela 3.	Peso médio inicial, peso médio final e variação de peso de tambaquis alimentados com diferentes níveis de lisina digestível.....	27
Tabela 4.	Consumo de ração (CR), consumo de lisina digestível (CLD) e retenção de nitrogênio (RN) de tambaquis alimentados com diferentes níveis de lisina digestível.....	28

LISTA DE FIGURAS

p.

Figura 1.	Representação gráfica da retenção de nitrogênio em função do consumo de lisina digestível para tambaquis na fase de crescimento.....	29
Figura 2.	Representação gráfica da retenção de nitrogênio em função do consumo de lisina digestível para tambaquis na fase de engorda.....	29

RESUMO

A lisina é um dos aminoácidos essenciais limitantes em ingredientes utilizados nas formulações de rações para peixes tropicais, sendo utilizada quase que exclusivamente para a síntese proteica. Atualmente, a exigência de lisina digestível para peixes é obtida através de estudos empíricos (dose resposta), negligenciando a exigência de manutenção. A exigência de lisina para manutenção pode ser definida como a quantidade de lisina ingerida para manter seu equilíbrio em nitrogênio ou lisina corporal constante, não havendo anabolismo ou catabolismo de proteína ou lisina corporal. O tambaqui (*Colossoma macropomum*) destaca-se como a principal espécie nativa comercializada no país, porém ainda são escassos na literatura informações sobre suas exigências aminoacídicas para manutenção e produção. Objetivou-se determinar a exigência de lisina digestível para manutenção de tambaquis nas fases de crescimento (121,23 a 145,75 g) e engorda (595,93 a 652,40 g), utilizando níveis crescentes de lisina digestível na dieta. Foram utilizados 54 e 30 tambaquis com peso médio inicial de $121,23 \pm 1,23$ g na primeira fase e na segunda fase com peso médio inicial de $595,93 \pm 47,57$ g respectivamente. Ambos os experimentos foram realizados em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) composto por quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiam em dietas contendo 0,219; 0,438; 0,657; e 0,876 % de lisina digestível, formuladas utilizando a técnica da “diluição”. Para determinação da exigência de lisina digestível para manutenção foi considerada a quantidade de lisina digestível ingerida ($\text{mg/kg}^{0,7}/\text{dia}$) capaz de proporcionar uma retenção de nitrogênio (RN) igual a zero, obtida através do abate comparativo. Os dados foram submetidos a análises de regressão ($P < 0,05$) utilizando o consumo de lisina digestível ($\text{mg/kg}^{0,7}/\text{dia}$) como variável independente e a retenção de nitrogênio ($\text{mg/kg}^{0,7}/\text{dia}$), como variável dependente. Foram estimadas as exigências de lisina digestível para manutenção de tambaqui nas fases de crescimento e engorda de 73,39 e 114,07 $\text{mg/kg}^{0,7}/\text{dia}$, respectivamente. Através dos valores inversos da inclinação da reta foi possível obter o valor do consumo de lisina digestível para as fases de crescimento e engorda 17 e 20 mg respectivamente, para deposição de 1 g de proteína. A determinação da exigência de lisina digestível para manutenção de tambaqui é um ponto de partida para elaboração de equações de predição da exigência de lisina digestível total para qualquer fase de produção. Além disso, permitirá a indústria elaborar rações com níveis de lisina adequados para o tambaqui, proporcionando menor excreção de compostos nitrogenados ao meio aquático e o equilíbrio entre a máxima produtividade e custo de produção.

Palavras-Chave: *Colossoma macropomum*, nutrição de peixe, método fatorial, retenção de nitrogênio, aminoácido essencial.

ABSTRACT

Lysine is one of the essential limiting amino acids in ingredients used in formulations of diets for tropical fish and is used almost exclusively for protein synthesis. Currently, the requirement for digestible lysine for fish is obtained through empirical studies (dose response), neglecting the requirement of maintenance. The requirement for lysine for maintenance may be defined as an amount of lysine ingested for its equilibrium in body nitrogen or lysine, there being no anabolism or catabolism of body protein or lysine. Tambaqui (*Colossoma macropomum*) stands out as the main native species marketed in the country, but information on its amino acid requirements for maintenance and production is still scarce in the literature. The objective of this study was to determine the digestible lysine requirement for the maintenance of tambaquis in the growth stages (121.23 to 145.75 g) and fattening (595.93 to 652.4 g) using increasing levels of digestible lysine in the diet. The initial mean weight was 121.23 ± 1.23 g in the first phase and in the second phase with initial weight of 595.93 ± 47.57 g. Both experiments were completed in a completely randomized design (DIC) for a set of five replicates. The treatments consisted of diets containing 0.219; 0.438; 0.657; and 0.876% digestible lysine, formulated by the dilution technique. To determine the requirement for digestible lysine for maintenance, the amount of digestible lysine ingested ($\text{mg/kg}^{0.7}/\text{day}$) capable of providing a nitrogen retention (NR) equal to zero obtained by comparative slaughter was considered. The data were compared with regression ($P < 0.05$) with the use of digestible lysine ($\text{mg/kg}^{0.7}/\text{day}$) as a dependent variable and nitrogen retention ($\text{mg/kg}^{0.7}/\text{day}$) as a dependent variable. The requirements of digestible lysine for tambaqui maintenance were estimated in the growth and fattening phases of 73.39 and 114.07 $\text{mg/kg}^{0.7}/\text{day}$, respectively. By means of the inverse slope values, it was possible to obtain the digestible lysine consumption for the growth and fattening phases 17 and 20 mg, respectively, for the deposition of 1 g of protein. The determination of the digestible lysine requirement for tambaqui maintenance is a starting point for the elaboration of prediction equations for the total digestible lysine requirement for any production phase. In addition, it will allow the industry to elaborate rations with lysine levels suitable for tambaqui, providing less excretion of nitrogenous compounds to the aquatic environment and the balance between maximum productivity and cost of production.

Key-words: *Colossoma macropomum*, nutrition of fish, factorial method, nitrogen retention, essential amino acid.

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da piscicultura no Brasil se deve principalmente a grande disponibilidade dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, condições climáticas propícias para criação de peixes, diversidade de espécies nativas ou exóticas de interesse zootécnico e uma vasta variedade de insumos para formulação de rações (BRANDÃO et al., 2009; LOPES et al., 2010; BOSCOLO et al., 2011; LIMA et al., 2015).

Entre as espécies de peixes nativos criados no país, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) apresenta-se com destaque, sendo a espécie nativa mais produzida no Brasil (MPA, 2012). O tambaqui caracteriza-se, pela sua rusticidade e adaptação ao sistema de produção intensiva, resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água, e apreciado sabor de sua carne pelo mercado consumidor (FERNANDES et al., 2010; DAIRIKI e SILVA, 2011; SANTOS et al., 2014).

No ambiente natural, os peixes conseguem balancear sua dieta selecionando alimentos visando suprir suas exigências nutricionais (RIBEIRO et al., 2012). Todavia, quando criados em cativeiro, necessitam de uma dieta balanceada. Dietas desbalanceadas promovem um aumento da excreção de nitrogênio e fósforo ao meio ambiente (CYRINO et al., 2010).

A principal dificuldade na criação de peixes no Brasil, principalmente os nativos, é a falta de informações sobre as exigências nutricionais para formulação de dietas balanceadas, em destaque para as exigências de energia e aminoácidos (BOSCOLO et al., 2011; SILVA e GALÍCIO, 2012).

Os peixes, assim como outros animais não ruminantes, não apresentam exigência em proteína bruta, e sim em aminoácidos essenciais e não essenciais (WILLSON, 2002). Entre os aminoácidos essenciais, a lisina apresenta importante papel na nutrição de peixes, por ser utilizada quase que exclusivamente para a síntese proteica, apresenta-se em maior proporção depositada na carcaça, principalmente no tecido muscular dos peixes, além de ser normalmente um dos aminoácidos limitante em dietas práticas formuladas com fontes proteicas alternativas a farinha de peixe (GONÇALVES et al., 2009; BOMFIM et al., 2010; FURUYA et al., 2013).

A exigência de lisina para qualquer espécie animal pode ser definida como quantidade requerida para maximizar a produção. Entretanto, a mesma é mensurada como a soma da exigência de manutenção mais a de crescimento ou produção (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016). A determinação da exigência de lisina para peixes ao longo das décadas tem sido através de experimentos dose resposta. Trata-se de uma metodologia empírica, na qual seus

resultados são válidos apenas para as mesmas condições em que foi realizado o experimento. Porém, a mesma não quantifica a proporção da lisina destinada para manutenção. Outra forma de estimar a exigência de lisina é pelo método fatorial, metodologia que fraciona a utilização de lisina para manutenção e para o crescimento.

A exigência de lisina para manutenção pode ser definida como a quantidade de lisina ingerida para manter seu equilíbrio em nitrogênio ou lisina corporal constante, não havendo anabolismo ou catabolismo de proteína corporal ou aminoácidos (ABBOUD et al., 2006; DAIRIKI, 2009).

A retenção ou balanço de nitrogênio é determinado através de alimentação controlada e coleta de fezes ou através do abate comparativo (JORDÃO FILHO, 2008; SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016), sendo o abate comparativo utilizado exclusivamente em estudos com peixe (ABBONDI et al., 2006; HELLAND; HATLEN; GRISDALE-HELLAND, 2010; GRISDALE-HELLAND et al., 2011; HE et al., 2013). No procedimento do abate comparativo é estimada a deposição ou remoção de nitrogênio ou lisina corporal através de abates no início e ao final do período experimental. A exigência para manutenção é determinada pela regressão linear da lisina digestível ingerida em função do nitrogênio retido (nitrogênio inicial – nitrogênio final).

A determinação da exigência de lisina digestível para manutenção de tambaqui é um ponto de partida para elaboração de equações de predição da exigência de lisina digestível total para qualquer fase de produção. Além disso, permitirá a indústria elaborar rações com níveis de lisina adequados para o tambaqui, proporcionando menor excreção de compostos nitrogenados ao meio aquático e o equilíbrio entre a máxima produtividade e o custo de produção.

2. OBJETIVOS

2.2 Objetivo Geral

- Determinar as exigências de lisina digestível para manutenção de tambaqui (*Colossoma macropomum*) nas fases de crescimento (121,23 a 145,75 g) e engorda (595,93 a 652,40 g).

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar a exigência de lisina digestível para manutenção de tambaqui (*Colossoma macropomum*), através do abate comparativo utilizando dietas com níveis crescentes de lisina digestível.

- Determinar o consumo de lisina digestível para deposição de um grama de proteína.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

Segundo o IBGE (2017), a produção da piscicultura brasileira em 2016 foi de 640.510 toneladas. O tambaqui é a segunda espécie mais criada no país com 136,99 toneladas ficando atrás apenas da tilápia com 239,09 toneladas.

Essa expansão se deve principalmente à sua rusticidade e adaptação ao sistema de produção intensiva, resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água, a sua faixa de conforto de temperatura é de 25 a 34°C (DAIRIKI e SILVA, 2011; RODRIGUES, 2014). A maior produção de tambaqui está nas regiões do Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sudeste (CHAGAS, 2010).

Dentre as espécies nativas, o tambaqui apresenta-se como destaque para uma piscicultura sustentável, além de possuir carne branca, firme e de sabor suave, pode atingir em cativeiro, quando alimentando com dieta balanceada, tamanho comercial em um ano de cultivo, com peso de 1kg (KUBITZA, 2012; SANTOS et al., 2014).

Com o hábito alimentar onívoro o tambaqui apresenta elevada atividade da enzima amilase (KOHLE et al., 1992; LOOSE et al., 2014). No ambiente natural alimenta-se de frutas e sementes, mas quando criados em cativeiros, requerem a utilização de rações de alto valor nutricional, para maximizar a produção (SILVA et al., 2003; RODRIGUES, 2014).

3.2. Proteína e aminoácidos em dieta para peixes

A proteína é o principal componente visceral e estrutural do organismo animal, sendo necessária sua suplementação diariamente através da alimentação para atender às exigências aminoacídicas dos peixes, para manutenção e crescimento (FURUYA, 2010; LIMA et al., 2015). As exigências dos aminoácidos podem variar em função do peso corporal e condições fisiológicas (FURUYA et al., 2012).

As proteínas de origem animal ou vegetal quando digeridas, são hidrolisadas em pequenos peptídeos ou aminoácidos livres que serão absorvidos e distribuídos por meio da corrente sanguínea para órgãos e tecidos, onde promoverá o anabolismo, formando novas proteínas corporais (LIMA et al., 2015).

Normalmente a proteína é o nutriente mais oneroso em dietas para peixes, assim como para quaisquer outras espécies terrestres (ABIMORAD e CASTELLANI, 2011; LIMA et al.,

2015). Entretanto, a proteína de uma dieta só pode ser utilizada com eficiência pelos animais se os aminoácidos que a compõem forem fornecidos em quantidade suficiente para suprir suas demandas nutricionais (ROSTAGNO et al., 2007; TEIXEIRA et al. 2010; BOSCOLO et al. 2011), uma vez que os peixes não apresentam exigência necessariamente em proteína bruta, mas sim de aminoácidos essenciais e não essenciais (WILSON, 2002; GONÇALVES et al., 2009; TAKISHITA et al., 2009; LIMA et al., 2016).

Os aminoácidos são classificados dieteticamente em essenciais e não essenciais. Os essenciais são os que não podem ser sintetizados pelo organismo dos animais ou apresentam uma baixa velocidade de síntese endógena. Esses obrigatoriamente devem ser ofertados diariamente na alimentação dos peixes. Os aminoácidos não essenciais são sintetizados pelos animais através da proteína dietética. Existem ainda os aminoácidos que são essenciais apenas em uma fase da vida dos animais, os ditos condicionalmente essenciais (BERTECHINI, 2012; SAKOMURA et al., 2014).

Rações com baixo nível de proteína bruta para peixes podem promover a limitação de aminoácidos, em especial os essenciais. Um aminoácido limitante promoverá a redução da deposição proteica corporal, prejudicando o seu desempenho zootécnico, piorando a conversão alimentar (BOMFIM, 2013). Entretanto, a oferta de rações com elevados níveis de proteína, ocasionará catabolismo de aminoácidos e uma maior excreção de compostos nitrogenados no meio aquático com elevado gasto energético (TAKISHITA et al., 2009; BRANDÃO et al., 2009; CYRINO, 2010; FURUYA & FURUYA, 2010; RNC, 2011; BOMFIM, 2013).

Uma estratégia que vem sendo utilizada pelos pesquisadores para minimizar a deficiência ou excesso de aminoácidos ofertados aos animais, principalmente os essenciais, é a redução da proteína dietética na ração e a suplementação com aminoácidos industriais, utilizando o conceito de proteína ideal (BOMFIM et al., 2008; ARARIPE et al., 2011; GIRÔTTO JÚNIOR et al., 2013).

Este conceito tem como objetivo ofertar a quantidade exata de todos os aminoácidos (essenciais e não essenciais) exigidos pelos animais, ou seja, sem deficiência ou excesso, tendo como base um aminoácido referência, a lisina (FURUYA et al., 2005; BOMFIM et al., 2008; CAMPOS, et al., 2012).

A lisina vem sendo utilizada como aminoácido referência em estudos para determinação da exigência dos demais aminoácidos, utilizado o conceito de proteína ideal em estudo de animais não ruminantes. Isto se deve por ser encontrado na forma sintética, pelo baixo custo em comparação aos demais aminoácidos industriais, facilidade e rapidez em sua

análise e por ser utilizada quase exclusivamente para síntese de proteína corporal (FURUYA et al., 2005, 2010; ABIMORAD et al., 2010).

3.3 Métodos para determinação da exigência de aminoácidos para peixes

Usualmente o método mais utilizado para determinação das exigências de aminoácidos ao longo das décadas para peixes e outros animais terrestres é através de experimentos dose resposta (WILSON, 2002; BOMFIM, 2013; SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016).

Este método tem como princípio a suplementação em doses crescente do aminoácido testado em uma ração basal, que atenda a exigência de todos os demais nutrientes e energia, deixando apenas o aminoácido testado como limitante (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016).

As rações são formuladas com baixos níveis de proteína e suplementadas com aminoácidos industriais limitantes. Todos os aminoácidos com exceção do testado são fixados acima da exigência, assegurando que apenas o aminoácido testado seja limitante (BOMFIM, 2013; LEMME, 2013). Entretanto, esse método pode ser considerado empírico (SIQUEIRA et al., 2011a), uma vez que a dose recomendada (exigência) é a menor dose do aminoácido testado que maximiza o despenho animal. Outra crítica a esta metodologia é a fixação dos demais aminoácidos, que podem subestimar a exigência do aminoácido testado, uma vez que as maiores doses do mesmo podem estar sendo limitada por outro aminoácido que venha a se tornar limitante. Na nutrição de peixes pode isso ocorrer, uma vez que as exigências reais de cada aminoácido para algumas espécies ainda são desconhecidas (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007; BOMFIM, 2013).

Apesar das críticas ao método dose resposta, sua utilização até hoje é justificada pela simplicidade da realização dos experimentos e seus resultados serem similares aos resultados observados pelas empresas produtoras de ração (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016).

Atualmente, para a determinação da exigência de aminoácidos para peixes, assim como para outros animais não ruminantes, vem sendo adotado o conceito de proteína ideal na formulação de dietas, no qual o princípio básico corresponde a uma mistura de todos os aminoácidos (essencial e não essencial) exata, para atender as exigências, sendo que todos os aminoácidos essenciais serão expressos em relação a um aminoácido de referência - a lisina (FURUYA et al., 2005; BOMFIM et al., 2008; TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010; FURUYA et al., 2010).

Outro método utilizado para determinação das exigências nutricionais e energéticas de animais não ruminantes é o fatorial (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016). Essa metodologia

vem sendo praticada em animais não ruminantes como as aves (SIQUEIRA et al. 2011a) e em espécies de peixes marinho como o salmão do atlântico (LUPATSCH et al. 2003) e recentemente para tilápias (HE et al. 2013). Todavia, são escassos na literatura trabalhos utilizando essa metodologia para determinação da exigência de lisina para peixes redondos (tambaqui, pacu e pirapitinga).

Este método apresenta como princípio básico, uma subdivisão na exigência dos nutrientes e energia dos animais, desta forma a exigência de um determinado nutriente ou energia para quaisquer espécies é a soma da exigência para manutenção mais a sua exigência para o crescimento e/ou produção (LUPATSCH; KISSIL; SKLAN, 2003; SIQUEIRA et al., 2011a; SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016).

No método fatorial a exigência é calculada em função da retenção de aminoácido ou energia e a eficiência do processo de deposição (LUPATSCH; KISSIL; SKLAN, 2003; AGUIAR, 2016).

3.4. Exigência de lisina digestível para manutenção de algumas espécies de peixes

A exigência nutricional de aminoácidos para peixes é medida pela soma das exigências para manutenção e crescimento/reprodução quando se utiliza uma abordagem fatorial. Nos peixes, a proporção de nutrientes destinada para manutenção é responsável apenas para manutenção do peso corporal, substituição das perdas de proteína na superfície corporal (tegumentos e escamas), renovação de tecido corporal e descamação do trato digestório, enquanto que a proporção destinada para o crescimento é responsável pela deposição proteica para ganho de peso (COWEY, 1994; AGUIAR, 2006).

A exigência para manutenção de aminoácidos pode ser definida como o equilíbrio entre ingestão e excreção de nitrogênio ou aminoácido em estudo, não havendo mudança no conteúdo de nitrogênio corporal, ou seja, quando o balanço ou retenção de nitrogênio for igual a zero (ABBOUD et al., 2006; DAIRIKI, 2009; SIQUEIRA et al., 2011b; SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016).

O balanço ou retenção de nitrogênio é determinado através de alimentação controlada e coleta de fezes ou abate comparativo (JORDÃO FILHO, 2008; SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016), sendo o abate comparativo mais apropriado em estudos com peixe, devido a impossibilidade de coleta de urina no meio aquático (ABBONDI et al., 2006; HELLAND; HATLEN; GRISDALE-HELLAND, 2010; GRISDALE-HELLAND et al., 2011; HE et al., 2013).

Na metodologia utilizando alimentação controlada e a coleta das fezes. A exigência de manutenção é determinada pela regressão linear do balanço de nitrogênio obtido pela diferença entre o nitrogênio ingerido e o nitrogênio excretado, em função da lisina ingerida. No procedimento do abate comparativo a alimentação é controlada, entretanto a retenção de nitrogênio é obtida através de abates dos animais no início e no final do período experimental. A exigência para manutenção é determinada pela regressão linear do nitrogênio retido, obtido pela diferença entre o nitrogênio corporal inicial e o nitrogênio corporal final em função da lisina ingerida (JORDÃO FILHO, 2008; SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016).

A exigência de lisina digestível para manutenção normalmente é expressa em função do peso metabólico dos animais. Ainda existe uma divergência na literatura em relação aos coeficientes alométricos (b) utilizados para expressar relação entre o peso corporal e a taxa metabólica, variando de 0,70 a 0,75 em estudos para determinar a exigência para manutenção de lisina para peixes (Tabela 1).

Tabela 1 - Exigência de lisina digestível para manutenção (LDm) recomendada por diferentes autores para algumas espécies

Fonte	Espécies	Peso (g)	b ¹	LDm ²
Abbondi et al., 2006	Salmão do Atlântico (<i>S. salar</i>)	1,46	0,75	20,00
Helland; Hatlen; Grisdale-Helland, 2010	Salmão do Atlântico (<i>S. salar</i>)	95,7	0,70	18,00
Grisdale-Helland et al., 2011	Salmão do Atlântico (<i>S. salar</i>)	62,8	0,70	21,70
He et al., 2013	Tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>)	20,7	0,70	16,90
He et al., 2013	Tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>)	165,0	0,70	68,80

¹Coefficientes alométricos para o peso metabólico; ²Lisina digestível para manutenção (mg/kg^b/dia).

A exigência de lisina digestível para manutenção (LDm) varia de 18 a 21,70 mg/kg^{0,7}/dia, para o salmão do atlântico e de 16,90 e 68,80 mg/kg^{0,7}/dia para tilápias do Nilo (Tabela 1).

HE et al. (2013), em estudos com tilápias do Nilo, observou que a exigência de lisina para manutenção aumentou com o tamanho do peixe (Tabela 1). Este mesmo efeito foi relatado por Pirozzi; Booth; Allan, (2010) em estudo com a corvina japonesa ao determinar exigência de proteína (N*6,25) para manutenção. Porém, o mesmo efeito não foi observado com o salmão do Atlântico (Tabela 1). Este fato pode indicar que outros fatores podem influenciar na exigência de lisina para manutenção, como: Espécie, estado fisiológico dos animais e metodologia empregada (duração do período experimental e forma de arrazoamento) (HELLAND;

HATLEN; GRISDALE-HELLAND, 2010; GRISDALE-HELLAND et al., 2011; PIROZZI; BOOTH; ALLAN, 2010).

Helland; Hatlen; Grisdale-Helland, (2010) e Grisdale-Helland et al. (2011) estimaram a exigência de lisina para manutenção do salmão do Atlântico em função do consumo de lisina e a retenção lisina igual a zero, utilizando diferentes níveis de ração. Abbondi et al. (2006) estimaram a exigência de lisina para manutenção para a mesma espécie em função do consumo de lisina e a retenção de nitrogênio igual a zero, utilizando diferentes níveis de lisina na ração.

Animais em restrição alimentar maximizam a eficiência alimentar e reduzem a excreção de compostos nitrogenados ao meio ambiente (PIROZZI; BOOTH; ALLAN, 2010) subestimando a exigência de manutenção. Porém, vale ressaltar que animais alimentados com baixos níveis de proteína podem apresentar mecanismo de poupar proteína, modificando as perdas endógenas (LIEBERT; SÜNDER; MOHAMED, 2006).

Não foi mencionado em nenhum dos trabalhos acima, o efeito da temperatura da água na exigência de lisina para manutenção. Todavia, He et al. (2013) ressalta a necessidade da realização de novos estudos para comprovar ou não o efeito da temperatura da água na exigência de lisina para manutenção

O período experimental para determinar a exigência de manutenção não deve ser longo (> 1 mês), uma vez que pode ocorrer mudança na exigência para manutenção durante a avaliação. Além disso, os peixes podem apresentar adaptações metabólicas, modificando assim as perdas de nitrogênio. Mas também, o período não deve ser muito curto, pois se deve garantir uma diferença significativa nos acréscimo de nitrogênio corporal durante este período (BECK e GROPP, 1995; ABBOUDI et al., 2006).

A utilização de animais em crescimento em estudos para determinar as exigências de aminoácidos para manutenção é aceita pela comunidade científica, entretanto, a exigência de manutenção para estes animais pode está mudando rapidamente (ABBOUDI et al., 2006), devido à alta taxa de utilização dos aminoácidos para o crescimento, desta forma pode ocorrer uma superestimação da exigência de manutenção.

REFERÊNCIAS

- ABBOUDI, T. MAMBRINI, M.; OOGHE, W.; LARONDELLE, Y.; ROLLIN, X. Protein and lysine requirements for maintenance and for tissue accretion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. **Aquaculture**, v. 261, n. 1, p. 369-383, 2006.
- ABIMORAD, E. G.; FAVERO, G.C.; SQUASSONI, G.H.; CARNEIRO, D. 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 Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 31 – 38, 2011.
- AGUIAR, F. A. A. Modelagem matemática de utilização da energia e da proteína dietética pelo pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Tese** (Doutorado em ciência animal e pastagem), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2016.
- ARARIPE, M. N. B. A.; ARARIPE, H. G. A.; LOPES, J. B.; CASTRO, P.L.; BRAGA, T.E.A.; FERREIRA, A. H. C.; ABREU, L. Redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos em rações para alevinos de tambatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.40, n.9, p.1845-1850, 2011.
- BECK, F; GROPP, J. Estimation of the starvation losses of nitrogen and energy in the rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) with special regard to protein and energy maintenance requirements **Journal of Applied Ichthyology**, v. 11, n. 3-4, p. 263-275, 1995.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. 2ª ed. Revisado:2012, 1ª Reip. 2013, Lavras: Editora UFLA, 2012.
- BICUDO, A. J. de A. Exigências nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887): proteína, energia e aminoácidos. **Tese** (Doutorado em agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. Piracicaba-SP, 2008.
- 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.

- BOOTH, M. A.; ALLAN, G. L.; PIROZZI, I. Estimation of digestible protein and energy requirements of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* using a factorial approach. **Aquaculture**, v. 307, n. 3, p. 247–259, 2010.
- BOSCOLO, W. R.; BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J. M. A.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.145-154, 2011.
- BRANDÃO, L. V.; PEREIRA-FILHO, M.; GUIMARÃES, S. F.; FONSECA, F. A. L. da. Suplementação de metionina e/ou lisina em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). **ACTA Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 675 – 680, 2009.
- CAMPOS, A. M. A.; ROSTAGNO, H. S.; NOGUEIRA, E. T.; ALBINO, L. F. T.; PEREIRA, J. P. L.; MAIA, R. C. Atualização da proteína ideal para frangos de corte: arginina, isoleucina, valina e triptofano. **Revista Científica de Produção Animal**, v.41, n.2, p.326-332, 2012.
- CHAGAS, E. C. β -glucano e nucleotídeos para tambaquis (*Colossoma macropomum*) vacinados e desafiados com *Aeromonashydrophila*: desempenho produtivo e respostas fisiopatológicas. **Tese** (Doutorado em Aquicultura), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2010.
- COSTA, E. L. D. Exigência de lisina e estimativa dos aminoácidos essenciais para tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). **Dissertação**, (Mestrado em biologia de água doce e pesca interior), Instituto nacional de pesquisa da Amazônia, Manaus-AM, 2014.
- COWERY, C. B. Amino acids requirements of fish: a critical appraisal of present values. **Aquaculture**, Amsterdam, v.124, p. 1-11, 1994.
- CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R. B.; DAIRIKI, J. K. A. piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n. suppl spe, p.68-87, 2010.
- DAIRIKI, J. K. Exigência em aminoácidos e farelo de soja na nutrição de juvenis de dourado *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816). **Tese** (Doutorado em agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 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).
- DAIRIKI, J. K.; BORGHESI, R.; DIAS, C. T. D. S.; CYRINO, J. E. P. Lysine and arginine requirements of *Salminus brasiliensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 48, n. 8, p. 1012-1020, 2013.
- FERNANDES, T. R. C.; DORIA, C. R. C.; MENEZES, J. T. B. Características de carcaça e parâmetros de desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) em diferentes tempos de cultivo e alimentado com rações comerciais. **Boletim do Instituto de Pesca**, n. 36, v. 1, p. 45 – 52, 2010.

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; N0EVES, P. R.; SILVA, L. C. R.; HAYASHI, C. Exigência de lisina pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase de terminação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1571-1577, 2004.

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

FURUYA, W. M.; FURUYA, E V. R. B. Rações de Baixo Impacto Ambiental para Peixes. Palestras (CD ROM) in 20 th Congresso Brasileiro de Zootecnia, **Anais...** Palmas, Brasil 2010.

FURUYA, W. M. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 100p, 2010.

FURUYA, W. M.; FURUYA, V. R. B; NAGAE, M. Y.; GRACIANO, T. S.; MICHELATO, M.; XAVIER, T. O.; VIDAL, L. V. Nutrição de tilápias no Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 1, p. 19-34, 2012.

FURUYA, W. M.; MICHELATO, M.; GRACIANO, T. S.; VIDAL, L. V. O.; XAVIER, T. O.; FURUYA, V. R. B.; MOURA, L. B. de. 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, 2013.

GIRÔTTO JÚNIOR, C. J.; BRUSTOLINI, P. C.; SILVA, F. C. O.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; NALON, P. M.; MOUTINHO, J. V. Suplementação de aminoácidos para redução da proteína bruta em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.4, p.1131-1138, 2013.

GONÇALVES, G. S.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; TACHIBANA, L.; SANTA ROSA, M. J.; GUIMARÃES, I. G. Relação lisina digestível:proteína digestível em rações para tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2299-2305, 2009.

GRISDALE-HELLAND, B.; GATLIN, D. M.; CORRENT, E.; HELLAND, S. J. The minimum dietary lysine requirement, maintenance requirement and efficiency of lysine utilization for growth of Atlantic salmon smolts. **Aquaculture Research**, n. 42, v. 10, p. 1509-1529, 2011.

HE, J. Y.; TIAN, L. X.; LEMME, A.; GAO, W.; YANG, H. J.; NIU, J.; CHEN, P. F.; LIU, Y. J. Methionine and lysine requirements for maintenance and efficiency of utilization for growth of two sizes of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 19, n. 4, p. 629-640, 2013.

HELLAND, S. J.; HATLEN, B.; GRISDALE-HELLAND, B. Energy, protein and amino acid requirements for maintenance and efficiency of utilization for growth of Atlantic salmon post-smolts determined using increasing ration levels. **Aquaculture**. v. 305 n. 1, p. 150-158, 2010.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. MPOG. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=3940&z=t&o=21> >. Acesso em: 27 de dezembro de 2017.

JORDÃO FILHO, J. Estimativas das exigências de proteína e de energia para manutenção, ganho e produção de ovos em codornas. **Tese** (Doutorado em Zootecnia). - Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2008.

KOHLA, U.; SAINT-PAUL, U.; FRIEBE, J.; WERNICKE, D.; BRAVM, E.; GROPP, J. Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile *Colossoma macropomum* Cuvier from South America during feeding, starvation and refeeding. **Aquaculture and Fisheries Management**, v. 23, n 2, p. 189-208, 1992.

KUBITZA, F. Tambaqui, alimentando com eficiência para reduzir custos. **Panorama da Aquicultura**, Tocantins, n. 129, v. 22, p. 1-7, 2012.

LEMME, A. Recomendaciones de aminoácidos para carpas comunes - Avances en métodos para modelar. **AMINO News®**, n. 17, v. 1, p. 15-27, 2013.

LIEBERT, F.; SÜNDER, A.; MOHAMED, K. Assessment of nitrogen maintenance requirement and potential for protein deposition in juvenile Tilapia genotypes by application of an exponential nitrogen utilization model. **Aquaculture**, v. 261, n. 4, p. 1346–1355, 2006.

LIMA, C. S.; SILVEIRA, M. M.; TUESTA, G. M. R. Nutrição proteica para peixes. **Ciência Animal**, v. 25 n. 4 p. 27-34, 2015.

LIMA, C. S.; BOMFIM, M. A. D.; SIQUEIRA, J. C. D.; RIBEIRO, F. B.; LANNA, E. A. T. Crude protein levels in the diets of tambaqui, *Colossoma macropomum* (cuvier, 1818), fingerli. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p. 183 – 190, 2016.

LOOSE, C. E.; SATO, S. A. S.; ALEIXO, N. D.; ALEIXO, A. D.; FREITAS, C. O.; SOUZA, D. F. D. S. Custos na criação de tambaqui (*Colossoma Macropomum* Cuvier, 1818) nas propriedades participantes do Programa Peixe Forte em Cacoal (RO). **Anais... XXI Congresso Brasileiro de Custos – Natal, RN, Brasil, 17 a 19 de novembro de 2014.**

LOPES, J. M.; PASCOAL, L. A. F.; SILVA FILHO, F. P. D.; SANTOS, I. B.; WATANABE, P. H.; ARAUJO, D. D. M.; PINTO, D. C.; OLIVEIRA, P. D. S. Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. **Revista Brasileira de Saúde de Produção e Animal**. v.11, n.2, p. 519-526, 2010.

LUPATSCH, I.; KISSIL, G. W.; SKLAN, D. Comparison of energy and protein efficiency among three fish species gilthead sea bream (*Sparus aurata*), European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and white grouper (*Epinephelus aeneus*): energy expenditure for protein and lipid deposition. **Aquaculture**, v. 225, n.1, p. 175–189, 2003.

MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura 2012**. Brasília, Brasil.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. National. Academy Press, Washington, DC, USA, 2011.

PIROZZI, I.; BOOTH, M. A.; ALLAN, G. L. Protein and energy utilization and the requirements for maintenance in juvenile mullet (*Argyrosomus japonicus*). **Fish Physiol Biochem**, v. 36, p. n. 1, 109–121, 2010.

RIBEIRO, P. A. P.; de MELO, D. C.; COSTA, L. S.; de ALENCAR TEIXEIRA, E. **Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce**. Belo Horizonte –MG, 2012.

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

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

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal, SP. Funep, 2014. 116 p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**, 2.a Ed., Funep-Unesp, Jaboticabal. 283 p. 2016.

SANTOS, B. L. T.; ANDRADE, J. E.; SOUSA, R. G. C. Densidade de estocagem utilizada no desenvolvimento do tambaqui em fase de pré-engorda. **Scientia Amazonia**, v. 3, n.3, 41-50, 2014.

SILVA, J. A. M.; FILHO, M. P.; PEREIRA, M. I. O. Frutos e Sementes Consumidos pelo Tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) Incorporados em Rações. Digestibilidade e Velocidade de Trânsito pelo Trato Gastrointestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1815-1824, 2003.

SILVA, L. E. S.; GALÍCIO, G. S. Alimentação de peixes em piscicultura intensiva. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012.

SIQUEIRA, J. C.; SAKOMURA, N. K.; GOUS, R. M., TEIXEIRA, I. A. M. A.; FERNANDES, J. B. K.; MALHEIROS, E. B. (2011). **Model to estimate lysine requirements of broilers. In Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals**. Wageningen Academic Publishers, pp. 306-314, 2011a.

SIQUEIRA, J. C.; SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S.; BONATO, M. A.; PINHEIRO, S. R. F.; NASCIMENTO, D. C. N. Exigência de lisina para manutenção determinada com galos de diferentes genótipos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.812-820, 2011b.

TAKISHITA, S. S.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; BOMFIM, M. A. D.; QUADROS, M.; de SOUSA, M. P. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2099-2105, 2009.

TEIXEIRA, E. A.; SALIBA, E. D. O. S.; EULER, A. C. C.; DE FARIA, P. M. C.; CREPALDI, D. V.; RIBEIRO, L. P. Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1259-1265, 2010.

WILSON, R. P. 2002. Amino acids and proteins. In: Halver, J. E. e Hardy, R. W.(Ed). **Fish Nutrition**. Orlando: Academic Press, p.144-179.

CAPÍTULO 2

EXIGÊNCIAS DE LISINA PARA MANUTENÇÃO DE TAMBAQUI

Resumo – Objetivou-se determinar a exigência de lisina digestível para manutenção de tambaquis nas fases de crescimento (121,23 a 145,75 g) e engorda (595,93 a 652,40 g), utilizando níveis crescentes de lisina digestível na dieta. Foram utilizados 54 e 30 tambaquis com peso médio inicial de $121,23 \pm 1,23$ g na primeira fase e na segunda fase com peso médio inicial de $595,93 \pm 47,57$ g respectivamente. Ambos os experimentos foram realizados em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) composto por quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiam em dietas contendo 0,219; 0,438; 0,657; e 0,876 % de lisina digestível, formuladas utilizando à técnica da “diluição”. Para determinação da exigência de lisina digestível para manutenção foi considerada a quantidade de lisina digestível ingerida ($\text{mg/kg}^{0,7}/\text{dia}$) capaz de proporcionar uma retenção de nitrogênio (RN) igual a zero, obtida através do abate comparativo. Os dados foram submetidos a análises de regressão ($P < 0,05$) utilizando o consumo de lisina digestível ($\text{mg/kg}^{0,7}/\text{dia}$) como variável independente e a retenção de nitrogênio ($\text{mg/kg}^{0,7}/\text{dia}$), como variável dependente. Foram estimadas as exigências de lisina digestível para manutenção de tambaqui nas fases de crescimento e engorda de 73,39 e 114,07 $\text{mg/kg}^{0,7}/\text{dia}$, respectivamente. Através dos valores inversos da inclinação da reta foi possível obter o valor do consumo de lisina digestível para as fases de crescimento e engorda 17 e 20 mg respectivamente, para deposição de 1 g de proteína. A determinação da exigência de lisina digestível para manutenção de tambaqui é um ponto de partida para elaboração de equações de predição da exigência de lisina digestível total para qualquer fase de produção. Além disso, permitirá a indústria elaborar rações com níveis de lisina adequados para o tambaqui, proporcionando menor excreção de compostos nitrogenados ao meio aquático e o equilíbrio entre a máxima produtividade e custo de produção.

Palavras-Chave: *Colossoma macropomum*, nutrição de peixe, método fatorial, retenção de nitrogênio, aminoácido essencial.

Abstract – The objective of this study was to determine the digestible lysine requirement for the maintenance of tambaquis in the growth stages (121.23 to 145.75 g) and fattening (595.93 to 652.4 g) using increasing levels of digestible lysine in the diet. The initial mean weight was 121.23 ± 1.23 g in the first phase and in the second phase with initial weight of 595.93 ± 47.57 g. Both experiments were completed in a completely randomized design (DIC) for a set of five replicates. The treatments consisted of diets containing 0.219; 0.438; 0.657; and 0.876% digestible lysine, formulated by the dilution technique. To determine the requirement for digestible lysine for maintenance, the amount of digestible lysine ingested ($\text{mg/kg}^{0.7}/\text{day}$) capable of providing a nitrogen retention (NR) equal to zero obtained by comparative slaughter was considered. The data were compared with regression ($P < 0.05$) with the use of digestible lysine ($\text{mg/kg}^{0.7}/\text{day}$) as a dependent variable and nitrogen retention ($\text{mg/kg}^{0.7}/\text{day}$) as a dependent variable. The requirements of digestible lysine for tambaqui maintenance were estimated in the growth and fattening phases of 73.39 and 114.07 $\text{mg/kg}^{0.7}/\text{day}$, respectively. By means of the inverse slope values, it was possible to obtain the digestible lysine consumption for the growth and fattening phases 17 and 20 mg, respectively, for the deposition of 1 g of protein. The determination of the digestible lysine requirement for tambaqui maintenance is a starting point for the elaboration of prediction equations for the total digestible lysine requirement for any production phase. In addition, it will allow the industry to elaborate rations with lysine levels suitable for tambaqui, providing less excretion of nitrogenous compounds to the aquatic environment and the balance between maximum productivity and cost of production.

Key-words: *Colossoma macropomum*, nutrition of fish, factorial method, nitrogen retention, essential amino acid.

INTRODUÇÃO

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) pertence ao grupo de peixes redondos, apresenta hábito alimentar onívoro e quando criado em ambiente natural, alimenta-se de frutas e sementes. Entretanto, quando criado em cativeiro necessita de uma dieta balanceada (SILVA et al., 2003; DAIRIKI e SILVA 2011). Atualmente o tambaqui é a espécie de peixe nativo mais produzido no Brasil, principalmente na região norte. Essa preferência é justificada pela sua rusticidade, facilidade de produção em cativeiro, aceita prontamente rações comerciais e principalmente pela aceitabilidade da sua carne pelo mercado consumidor.

Todavia, ainda existem poucas informações na literatura a respeito de suas exigências nutricionais, em especial dos aminoácidos essenciais. Dentre os aminoácidos essenciais, a lisina é um dos primeiros aminoácidos limitante em dietas práticas para peixes tropicais, principalmente quando formuladas com ingredientes de origem vegetal (FURUYA et al., 2006; NRC, 2011), é utilizada quase que exclusivamente na síntese proteica, sendo encontrada em maior proporção na carcaça, em especial no tecido muscular (FURUYA et al., 2013). A exigência de lisina é mensurada pela soma das exigências de manutenção mais a de crescimento (HELLAND; HATLEN; GRISDALE-HELLAND, 2010; GRISDALE-HELLAND et al., 2011; He et al., 2013).

Atualmente as exigências de aminoácidos digestíveis para peixes tropicais vêm sendo determinada de forma empírica, através de estudos dose resposta, onde a exigência é o menor nível que maximizar a resposta da variável de interesse (ganho de peso ou conversão alimentar). Esta metodologia negligencia a fração dos aminoácidos destinados para manutenção e produção. Porém, somente quando o requerimento de manutenção for atendido, os nutrientes extras serão utilizados para o crescimento (HE et al., 2013).

A exigência para manutenção de aminoácidos pode ser definida como o equilíbrio entre ingestão e excreção de nitrogênio, não havendo mudança no conteúdo de nitrogênio corporal, ou seja, quando o balanço ou retenção de nitrogênio for igual à zero (SIQUEIRA et al., 2011; SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016). Para os peixes esta fração é destinada para substituição das perdas de proteína na superfície corporal (tegumentos e escamas), pela descamação do trato digestível e locomoção (COWEY, 1994; AGUIAR, 2006).

A retenção ou balanço de nitrogênio vem sendo determinada através de alimentação controlada e coleta de fezes ou abate comparativo, sendo o abate comparativo mais apropriado em estudos com peixe (HELLAND; HATLEN; GRISDALE-HELLAND, 2010 e GRISDALE-HELLAND et al., 2011; He et al., 2013).

No procedimento do abate comparativo a deposição ou remoção de nitrogênio ou lisina corporal é mensurada através de abates no início e ao final do período experimental. A exigência para manutenção é determinada pela regressão linear do nitrogênio retido (nitrogênio inicial – nitrogênio final) em função da lisina ingerida.

Ainda existe uma discordância no meio científico em relação à utilização de animais jovens para determinação das exigências de manutenção, uma vez que estes animais apresentam uma maior demanda de nutrientes para o crescimento em comparação a animais adultos. (ABBOUDI et al., 2006; BONATO et al., 2011).

A determinação da exigência de lisina digestível para manutenção de tambaqui é um ponto de partida para elaboração de equações de predição da exigência de lisina digestível (manutenção + produção) para qualquer fase de produção. Além disso, permitirá a indústria elaborar rações com níveis de lisina adequados para o tambaqui, proporcionando menor excreção de compostos nitrogenados ao meio aquático e o equilíbrio entre a máxima produtividade e custo de produção.

Assim, objetivou-se com este estudo determinar a exigência de lisina digestível para manutenção de tambaquis nas fases de crescimento (121,93 a 145,75 g) e engorda (595,93 a 652,40 g), utilizando níveis crescentes de lisina digestível na dieta.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos para determinar a exigência de lisina digestível para manutenção para tambaquis nas fases de crescimento com pesos entre $121,23 \pm 1,23$ a $145,75 \pm 9,51$ g e engorda com pesos entre $595,93 \pm 47,57$ a $652,40 \pm 65,56$ g.

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Nutrição e Alimentação de Organismos Aquáticos do Maranhão - LANUMA, localizado no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão – CCAA/UFMA, no município de Chapadinha-MA. Os experimentos tiveram duração de 15 dias cada, sendo cinco dias para adaptação e dez dias para o período experimental. Ambos conduzidos de acordo com as normas éticas de pesquisa com animais após aprovação pelo Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade Federal do Maranhão (Nº do registro: 23115.005476/2017-00).

Os tambaquis utilizados nos experimentos foram adquiridos no Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) na cidade de Piripiri-PI.

Foram utilizados 54 tambaquis com peso médio inicial de $121,23 \pm 1,23$ g, na fase DE crescimento e 29 na fase de engorda com peso médio inicial de $595,93 \pm 47,57$ g. Ambos os experimentos foram realizados em um delineamento inteiramente casualizado (DIC),

composto por quatro tratamentos e cinco repetições por tratamento, contabilizando 20 unidades experimentais, com dois peixes por unidade experimental na fase crescimento e um animal na fase de engorda.

Durante cada período experimental os peixes foram mantidos em caixas de polietileno com capacidade de 1.000 L, dotadas de sistemas individuais de abastecimento, drenagem de água e aeração.

Para formulação das dietas experimentais foi utilizada a técnica da “diluição” (FISHER e MORRIS, 1970). Para obtenção dos níveis de lisina digestível foram utilizadas duas dietas, uma isenta de proteína (DIP) à base de amido de milho e óleo de soja e outra contendo 0,876% de lisina digestível à base de milho e farelo de soja (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição das dietas isenta de proteína (DIP) e dieta concentrada (DC)

Ingredientes (%)	Dietas	
	DIP	Concentrada
Farelo de soja	—	28,526
Milho	—	62,401
Amido de milho	81,801	—
Óleo de soja	9,847	3,910
Casca de arroz	2,897	—
DL-Metionina (99,0%)	—	0,114
L-Treonina (98,5%)	—	0,109
Calcário Calcítico	1,051	1,264
Fosfato Bicálcico	3,280	2,598
Premix Vit. e Min. ¹	0,500	0,500
Vitamina C ²	0,050	0,050
Sal	0,554	0,508
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020

¹Suplemento 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; ²Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo.

Posteriormente, as mesmas foram misturadas em proporções diferentes, resultando em dietas isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas, contendo 0,219; 0,438; 0,657; e 0,876 % de lisina digestível (Tabela 2). As relações de metionina mais cistina: lisina, treonina: lisina, bem como dos demais aminoácidos: lisina, foram mantidos, pelo menos, dez pontos percentuais acima do proposto pelo NRC (2011) para tilápias do Nilo, com o objetivo de evitar que outro aminoácido venha a se tornar limitante para cada nível de lisina digestível avaliado. Para confirmar esta hipótese, uma vez que as dietas apresentavam diferentes níveis de proteína bruta, foi realizado um quinto tratamento (tratamento controle) com duas repetições, onde foi

adicionada 0,20 % de lisina sintética cristalina (L-lisina HCl 78,4%), no primeiro nível de lisina digestível até obter o nível de 0,400 % (NONIS e GOUS, 2008).

Tabela 2 – Níveis de lisina das dietas utilizados

Dieta (%)	Níveis de lisina (%)			
	0,219	0,438	0,657	0,876
Isenta de proteína	75,00	50,00	25,000	—
Concentrada	25,00	50,00	75,000	100,00
Total	100,00	100,00	100,000	100,00
Composição Nutricional ¹				
Proteína bruta	4,49	8,98	13,47	17,96
Proteína Digestível ³	4,02	8,03	12,05	16,06
Lisina Digestível ²	0,219	0,438	0,657	0,876
Met. + Cist Digestível ²	0,158	0,315	0,473	0,631
Treonina Digestível ²	0,186	0,372	0,558	0,745
Triptofano Digestível ²	0,050	0,100	0,150	0,201

Composição nutricional: Energia digestível – 3000,00 kcal/kg; Relação Metionina + Cistina/Lisina Digestível-72%; Relação Treonina/Lisina Digestível-85%; Relação Triptofano/Lisina Digestível-22,9%; fósforo disponível - 0,60%; cálcio total - 1,20%; sódio total - 0,22%; 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).

Os ingredientes utilizados para formulação das dietas experimentais foram triturados, peneirados e misturados em um misturador horizontal, posteriormente as dietas foram umedecidas com água aquecida a 50°C, para peletização, evitando assim que ocorresse a lixiviação dos nutrientes. Para o procedimento de peletização, foi utilizado um moinho de carne (C.A.F. Picadores de carne – modelo 98 STI). Em seguida, as rações foram secas, trituradas e peneiradas.

As rações foram oferecidas aos animais diariamente em seis refeições (08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 h). Em cada refeição, as rações foram ofertadas em pequenas quantidades, com repasses sucessivos até a saciedade aparente, para evitar sobras ou subfornecimento. A limpeza das caixas foi realizada diariamente por meio de sifonagem, duas vezes ao dia as 8:00 e 16:00 horas.

A retenção de nitrogênio (RN) foi determinada pelo abate comparativo, conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2016). No início de cada experimento, foram eutanasiados (100 mg/L de benzocaína) 10 animais na fase de crescimento e 7 na fase de engorda, com pesos próximos ao da média de cada fase de produção. Em seguida os mesmos foram congelados em freezer a uma temperatura de -20°C para análises posteriores, para a obtenção do nitrogênio inicial.

Após o final de cada período experimental todos os animais de cada unidade experimental foram eutanasiados (100 mg/L de benzocaína) após jejum de 24 horas, posteriormente estocados sob congelamento em freezer a uma temperatura de -20°C para análises visando a obtenção do nitrogênio final.

Após o descongelamento, os peixes inteiros (carcaças e vísceras) foram triturados e desidratados (secos) em estufa com circulação de ar forçada durante 72 horas a uma temperatura de 65°C, posteriormente moídos em liquidificador doméstico e armazenados em recipientes de plásticos para análises laboratoriais.

A análise de matéria seca (MS) do corpo inteiro dos animais foi realizada em estufa a 105°C durante 4 horas. Para a determinação do teor de nitrogênio das amostras utilizou-se o método de Kjeldahl, conforme os procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2005). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

Foram avaliados: Consumo de ração (CR), consumo de lisina digestível (CLD), peso médio inicial e final (PMI e PMF) e retenção de nitrogênio (RN).

-CR (g/peixe/dia) = consumo de ração durante o período experimental (g) / N° peixe / N° dias do experimento;

-CLD (mg/kg^{0,7}/dia) = [consumo de ração (mg) x teor de lisina digestível da ração (%)] / 100 / peso final/ kg^{0,7} / N° de dias do experimento;

-RN (mg/ kg^{0,7}/dia) = (nitrogênio final (mg/kg^{0,7}/dia) – nitrogênio inicial (mg/kg^{0,7}/dia)/ N° peixe / N° dias do experimento).

Os valores de temperatura mínima e máxima observados durante os períodos experimentais foram de 25,3 ± 0,6 e 25,6 ± 0,3°C pela manhã (8:00 h) e 27,1 ± 0,2 e 27,5 ± 0,1°C a tarde (17:00 h), respectivamente, para cada fase de produção, e foram aferidas diariamente com o auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio graduado de 0 a 50°C . O pH de 7,02 ± 0,3 e 7,01 ± 0,2, oxigênio dissolvido de 10,80 ± 0,7 e 10,50 ± 0,4 mg/L e amônia total ≤ 1,00 ppm, respectivamente para cada fase de produção, aferidos a cada 3 dias por intermédio de um pHmetro, oxímetro e de kit colorimétrico comercial para teste de amônia tóxica. Estes valores estão dentro da faixa recomendada para a espécie (DAIRIKI e SIVA, 2011; MENDONÇA et al., 2012).

A exigência de lisina digestível para manutenção (LDm) foi expressa em miligrama (mg) em função do peso metabólico, considerando coeficiente 0,7 (HE et al., 2013; AGUILAR, 2016). Para determinar as exigências de LDm foi considerada a quantidade de lisina digestível ingerida (mg/kg^{0,7}/dia) capaz de proporcionar uma retenção de nitrogênio (RN) igual a zero

(HELLAND; HATLEN; GRISDALE-HELLAND, 2010; GRISDALE-HELLAND et al., 2011; HE et al., 2013).

O consumo de lisina digestível ($\text{mg/kg}^{0,7}/\text{dia}$) foi utilizado como variável independente e a retenção de nitrogênio ($\text{mg/kg}^{0,7}/\text{dia}$), como variável dependente. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão considerando-se um nível de 5% significância, com o auxílio do software SAS 9.0 (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve mortalidade durante os períodos experimentais, também não foi observado qualquer sinal patológico externo, mesmo em animais alimentados com baixo nível de lisina.

A variação do peso corporal dos tambaquis durante os períodos experimentais (Tabela 3) foi numericamente maior para os tambaquis na fase de crescimento em comparação à fase de engorda $9,61 \pm 1,29$ a $26,06 \pm 2,08\%$ e $3,86 \pm 1,34$ a $14,97 \pm 3,31\%$, respectivamente. Fato é explicado pela maior taxa de crescimento em animais jovens em comparação a animais adultos (TAKISHITA et al., 2008).

Tabela 3 - Peso médio inicial, peso médio final e variação de peso de tambaquis alimentados com diferentes níveis de lisina digestível

Fase de produção	Níveis de lisina digestível (%)	Peso médio (g)		Variação (%) ¹
		Inicial	Final	
Crescimento (121,23 – 145,75 g)	0,219	121,68 $\pm$ 0,69	133,29 $\pm$ 2,10	9,61 $\pm$ 1,29
	0,438	120,83 $\pm$ 0,28	146,24 $\pm$ 1,63	21,03 $\pm$ 1,42
	0,657	121,03 $\pm$ 0,50	150,51 $\pm$ 4,05	24,31 $\pm$ 2,86
	0,876	121,27 $\pm$ 0,67	152,86 $\pm$ 2,42	26,06 $\pm$ 2,08
Engorda (595,93 – 652,40 g)	0,219	584,72 $\pm$ 7,88	607,12 $\pm$ 8,73	3,86 $\pm$ 1,34
	0,438	604,78 $\pm$ 24,57	659,00 $\pm$ 28,10	9,04 $\pm$ 2,28
	0,657	594,28 $\pm$ 25,40	653,10 $\pm$ 24,27	10,03 $\pm$ 1,45
	0,876	599,94 $\pm$ 27,98	690,38 $\pm$ 41,77	14,97 $\pm$ 3,31

¹(Peso final – Peso inicial) / Peso inicial * 100; Os valores apresentados para a fase de crescimento correspondem à média ($\pm$ erro-padrão) de 10 animais, enquanto os apresentados para fase de engorda correspondem à médias ($\pm$ erro-padrão) de 5 animais.

Observou-se menor crescimento para os animais alimentados com os menores níveis de lisina. Normalmente em ensaios para determinar a exigência de manutenção de aminoácidos é de se esperar que os animais perdessem peso, devido aos baixos níveis do aminoácido em estudo, principalmente nos menores níveis testados (SIQUEIRA et al., 2011; HE et al., 2013).

No presente estudo, não ocorreu perda de peso dos peixes, demonstrando assim, que o ganho de peso não é um bom parâmetro para determinação da exigência de lisina para

manutenção, uma vez que os peixes ganham peso através da deposição de proteína, gordura e minerais (DUMAS et al. 2007; FUJIMOTO et al. 2007; VEIVERBERG et al. 2010) ou perdem peso por meio da perda de escamas (AGUIAR, 2016). A deposição de proteína (nitrogênio) é um indicador mais preciso da deficiência de um aminoácido na dieta do que o ganho de peso (GRISDALE-HELLAND et al. 2011).

A exigência de lisina para manutenção está relacionada a uma resposta linear entre à ingestão de lisina digestível e a retenção de nitrogênio ou lisina corporal (ABBOUDI et al., 2006; HELLAND; HATLEN; GRISDALE-HELLAND, 2010). O consumo de lisina digestível proporcionou intervalos suficientes para proporcionar retenção de nitrogênio negativa, próxima a zero e positiva, para ambas as fases de produção, possibilitando as estimativas das exigências de manutenção sem que houvesse a necessidade de extrapolações (Tabela 4).

Tabela 4 - Consumo de ração (CR), consumo de lisina digestível (CLD) e retenção de nitrogênio (RN) de tambaquis alimentados com diferentes níveis de lisina digestível

Fase de produção	Nível de lisina digestível (%)	CR	CLD*	RN*
		g/peixe/dia	mg/kg ^{0,7} /dia	mg/ kg ^{0,7} /dia
Crescimento (121,23 - 145,75 g)	0,219	6,74±0,35	60,40±2,92	-130,25±22,40
	0,438	6,69±0,28	112,52±4,05	248,13±26,13
	0,657	5,37±0,28	132,45±4,35	497,46±35,72
	0,876	4,41±0,26	143,83±7,65	743,29±35,98
	0,400 ¹	6,75±0,22	82,14±6,92	145,00±5,16
Engorda (595,93 - 652,40 g)	0,219	15,62±1,51	48,53±4,77	-385,40±90,40
	0,438	19,16±1,60	112,26±8,51	208,64±89,45
	0,657	15,45±0,82	137,31±8,04	236,23±40,40
	0,876	14,64±1,52	166,27±14,38	678,20±60,38
	0,400 ¹	19,99±1,51	99,55±6,70	187,50±7,50

¹Tratamento controle; *Efeito linear; Fase de crescimento CLD = 131,26Lys + 41,874 (p<0,0001; r² = 0,8405); RN = 1270,1Lys - 348,38 (p<0,0001; r² = 0,954); Fase de engorda CLD = 194,17Lys + 14,875 (p<0,0001; r² = 0,8828); RN = 1674,7Lys - 791,23 (p<0,0001; r² = 0,9095); Os valores apresentados na fase de crescimento correspondem à médias (± erro-padrão) de 10 animais, enquanto os apresentados para fase de engorda correspondem à média (± erro-padrão) de 5 animais, para o tratamento controle correspondem à média (± erro-padrão) de 4 e 2animais para a fase de crescimento e engorda respectivamente.

O valor observado da retenção de nitrogênio para os animais submetidos à dieta controle foi superior ao primeiro nível de lisina digestível em ambas as fases de produção (Tabela 4), demonstrando, assim, que lisina foi o primeiro aminoácido limitante em todas as dietas, e que os resultados obtidos neste estudo estão relacionados apenas a lisina e não a proteína da dieta.

As equações que descrevem a retenção de nitrogênio em função do consumo de lisina digestível foram: $RN = 9,1757 \text{ Lys} - 673,43$ ($p < 0,0001$; $r^2 = 0,9040$) e $RN = 7,88 \text{ Lys} - 898,65$ ($p < 0,0001$; $r^2 = 0,9057$) para as fases de crescimento e engorda respectivamente, estimando as exigências de lisina digestível para manutenção de tambaqui nas fases de crescimento e engorda de 73,39 ($673,43/9,17=73,39$) e 114,08 $\text{mg/kg}^{0,7}/\text{dia}$ ($898,65/7,88=114,07$) respectivamente, para cada fase de produção (Figuras 1 e 2).

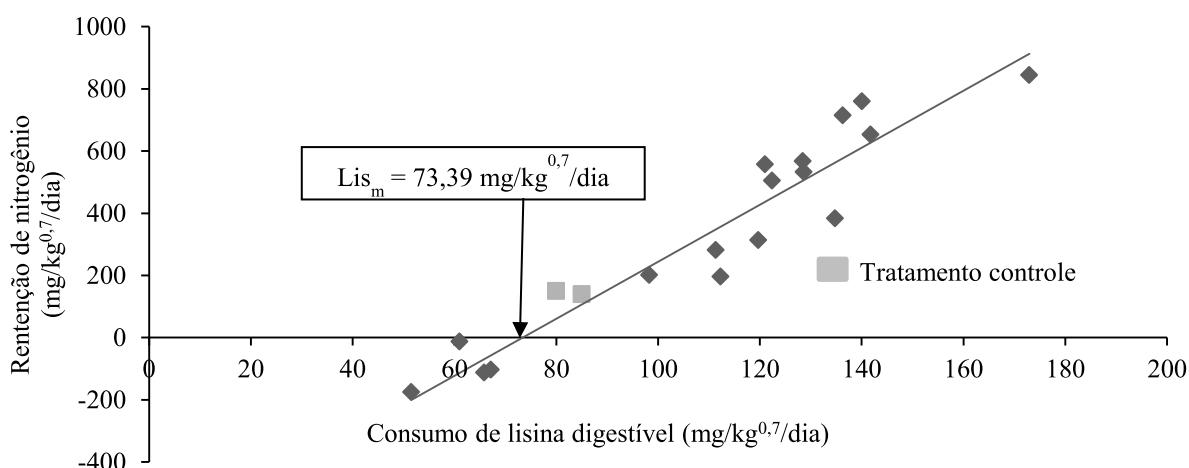


Figura 1. Representação gráfica da retenção de nitrogênio em função do consumo de lisina digestível para tambaquis na fase de crescimento, $RN = 9,1757 \text{ CLys} - 673,43$ ($p < 0,0001$; $r^2 = 0,9044$).

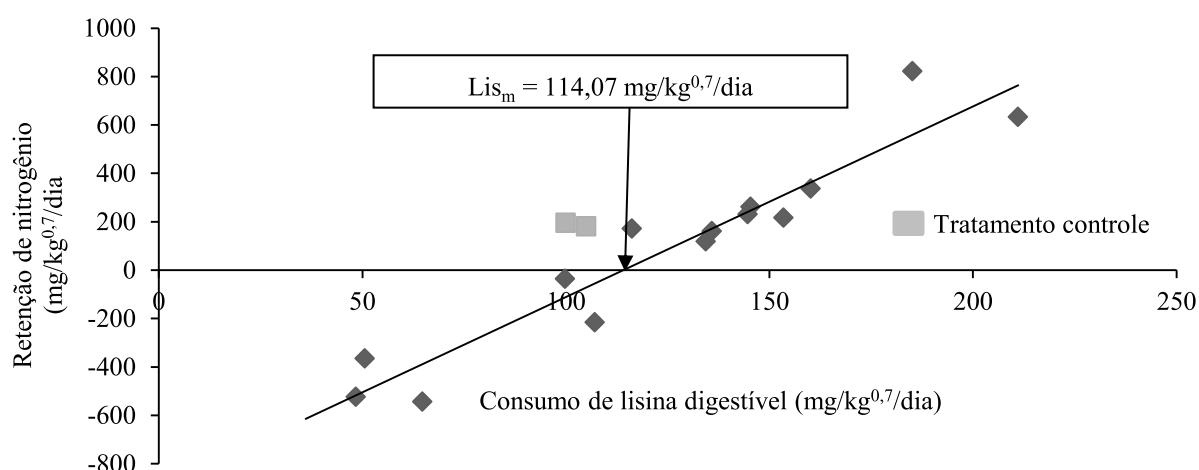


Figura 2. Representação gráfica da retenção de nitrogênio em função do consumo de lisina digestível para tambaquis na fase de engorda, $RN = 7,8779 \text{ CLys} - 898,65$ ($p < 0,0001$; $r^2 = 0,9057$).

Os valores observados para a exigência de lisina digestível para manutenção de tambaqui neste estudo estão acima dos recomendados por HELLAND; HATLEN; GRISDALE-HELLAND, (2010) e GRISDALE-HELLAND et al. (2011) para o salmão do Atlântico (95,7

e 62,8 g) com valores de 18 e 21,70 mg/kg^{0,7}/dia respectivamente, e por HE et al. (2013), para juvenis de tilápias do Nilo 16,90 mg/kg^{0,7}/dia com peso de 20,7 g. Entretanto, o valor observado neste estudo para tambaquis na fase de crescimento, foi similar aos relatados por HE et al. (2013) para tilápias adultas (165 g) com o valor de 68,8 mg/kg^{0,7}/dia.

Esta diferença entre os valores da partição da lisina digestível destinada para manutenção pode estar relacionada com as diferença entre espécies, peso dos animais e na metodologia empregada, forma de arraçoamento e duração do período experimental (BECK e GROPP, 1995; ABBOUDI et al., 2006; HELLAND; HATLEN; GRISDALE-HELLAND, 2010; GRISDALE-HELLAND et al., 2011; PIROZZI; BOOTH; ALLAN, 2010). As espécies de peixes podem apresentar metabolismo diferente na utilização de aminoácidos para manutenção (NRC, 2011) e *turnover* proteico (LUPATSCH; KISSIL; SKLAN, 2003).

Através dos resultados observados neste estudo, observou-se que requerimento de lisina digestível para manutenção do tambaqui, está relacionado com peso corporal dos animais, ou seja, ocorre um aumento da exigência de lisina digestível para manutenção à medida que o tambaqui, aumenta o peso. Efeito semelhante foi relatado para tilápias por HE et al. (2013) onde tilápias adultas (165 g) apresentaram exigência superior de lisina digestível para manutenção em comparação a juvenis (20,7 g), 68,80 e 16,90 mg/kg^{0,7}/dia, respectivamente.

Em animais jovens os requerimentos de aminoácidos destinados para manutenção corporal representam uma pequena fração da exigência total dos mesmos, porém esta situação se inverte à medida que o animal aumenta de tamanho (BONATO et al., 2011). No estágio inicial da vida dos animais a deposição de proteína ocorre em grande velocidade em comparação com animais adultos, desta forma é preciso cuidado ao determina a exigência de aminoácidos para manutenção no estágio inicial da vida, pois pode ocorrer um confundimento, entre a proporção de aminoácidos destinados para a manutenção e os destinados para o crescimento, pois esta relação pode estar mudando rapidamente com a velocidade de crescimento do animal (ABBOUDI et al., 2006).

Outo fator que pode explicar a diferença entre os valores do presente trabalho e os relatados por He et al. (2013) com tilápias do Nilo, ambas espécies de peixes onívoras de água doce, é a metodologia empregada nos trabalhos e a duração do período experimental.

HE et al. (2013), utilizou diferentes níveis de alimentação e determinou a perda de nitrogênio através de uma dieta isenta de proteína. Animais alimentados com a dieta isenta proteína apresentam modificação metabólicas ocorrendo uma maior excreção de nitrogênio. Todavia, animais alimentados com baixo nível de proteína na dieta podem apresentar mecanismo de poupar proteína, modificando as perdas endógenas (LIEBERT; SÜNDER;

MOHAMED, 2006). Animais em restrição alimentar maximizam a eficiência alimentar e reduzem a excreção de compostos nitrogenados ao meio ambiente (PIROZZI; BOOTH; ALLAN, 2010).

O período experimental utilizado para determinar a exigência de manutenção não deve ser longo (> 1 mês), uma vez que pode ocorrer mudança na exigência para manutenção durante a avaliação. Além disso, os peixes podem apresentar adaptações metabólicas, modificando assim as perdas de nitrogênio. Mas também, o período não deve ser muito curto, pois se deve garantir uma diferença significativa nos acréscimo de nitrogênio corporal durante este período (BECK e GROPP, 1995; ABBOUDI et al., 2006).

Através dos valores inversos da inclinação da reta foi possível obter o valor do consumo de lisina digestível para as fases de crescimento e engorda de 17 (1/9,1757) e 20 mg (1/7,8779) respectivamente, para deposição de 1 g de proteína. Estes valores estão abaixo dos relatados por He et al. (2013) para juvenis e adultas de tilápias do Nilo, com valores de 101 e 152 mg para deposição de 1 g de proteína respectivamente. Estes resultados demonstram que o tambaqui apresente uma melhor eficiência de utilização de lisina para deposição de proteína que a tilápia. A eficiência de utilização de lisina para deposição de proteína pode ser afetada pela quantidade de lisina na dieta, quantidade e fonte da proteína da dieta e desbalanceamento do perfil aminoacídico da dieta (ABBOUDI et al., 2006; TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010).

O fracionamento adequado da utilização de lisina digestível para manutenção de tambaqui é um ponto de partida para elaboração de equações de predição da exigência de lisina digestível (manutenção + produção) para qualquer fase de produção. Além disso, permitirá a indústria elaborar rações com níveis de lisina adequados para o tambaqui, proporcionando menor excreção de compostos nitrogenados ao meio aquático e o equilíbrio entre a máxima produtividade e custo de produção.

CONCLUSÃO

A exigência de lisina digestível para manutenção de tambaqui nas fases de crescimento e engorda são de 73,39 e 114,07 mg/kg^{0,7}/dia, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ABBOUDI, T. MAMBRINI, M.; OOGHE, W.; LARONDELLE, Y.; ROLLIN, X. Protein and lysine requirements for maintenance and for tissue accretion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. **Aquaculture**, v. 261, p. 369-383, 2006.
- AGUIAR, F. A. A. Modelagem matemática de utilização da energia e da proteína dietética pelo pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Tese** (Doutorado em ciência animal e pastagem), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2016.
- BECK, F; GROPP, J. Estimation of the starvation losses of nitrogen and energy in the rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) with special regard to protein and energy maintenance requirements **Journal of Applied Ichthyology**, v. 11, n. 3-4, p. 263-275, 1995.
- BONATO, M. A.; SAKOMURA, N. K.; SIQUEIRA, J. C.; FERNANDES, J. B. K.; GOUS, R. M. Maintenance requirements for methionine and cysteine, and threonine for poultry. **South African Journal of Animal Science**, v. 41 v. 3, p. 209-222, 2011.
- COWERY, C. B. Amino acids requirements of fish: a critical appraisal of presente values. **Aquaculture**, Amsterdam, v.124, p. 1-11, 1994.
- CYRINO, J. E. P.; BICUDO, Á. J. D. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIK, J. K. Fish farming and the environment: the use of environmental friendly feeds in fish culture. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, 2010.
- 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).
- DAIRIKI, J. K.; BORGHESI, R.; DIAS, C. T. D. S.; CYRINO, J. E. P. Lysine and arginine requirements of *Salminus brasiliensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 48, n. 8, p. 1012-1020, 2013.
- DUMAS, A.; DE LANGE, C. F. M.; FRANCE, J.; BUREAU, D. P. Quantitative description of body composition and rates of nutriente deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**. v. 273, n. 1, p. 165-181, 2007.
- FERREIRA, M. F. Z. Modelos para predizer exigências proteicas para codornas de corte. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias. Maringá-PR, 2014.
- FISHER, C.; MORRIS, T. R. The determination of the methionine requirement of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v. 11, n. 1, p. 67-82, 1970.
- FUJIMOTO, R. Y.; DE CASTRO, M. P.; HONORATO, C. A.; DE MORAES, F. R. Composição corporal e eficiência de utilização de nutrientes por pacus alimentados com ração suplementada com cromo trivalente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 12, p. 1763-1768, 2007.

FURUYA, W. M.; SANTOS, V. D.; SILVA, L. C. R.; FURUYA, V. R. B.; SAKAGUTI, E. S. Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 937-942, 2006.

FURUYA, W. M. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 100p, 2010.

FURUYA, et al. Nutrição de tilápias no Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 1, p. 19-34, 2012.

FURUYA, W. M.; MICHELATO, M.; GRACIANO, T. S.; VIDAL, L. V. O.; XAVIER, T. O.; FURUYA, V. R. B.; DE MOURA, L. B. 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, 2013.

GRISDALE-HELLAND, B.; GATLIN, D. M.; CORRENT, E.; HELLAND, S. J. The minimum dietary lysine requirement, maintenance requirement and efficiency of lysine utilization for growth of Atlantic salmon smolts. **Aquaculture Research**, n. 42, p. 1509-529, 2011.

HE, J. Y.; TIAN, L. X.; LEMME, A.; GAO, W.; YANG, H. J.; NIU, J.; CHEN, P. F.; LIU, Y. J. Methionine and lysine requirements for maintenance and efficiency of utilization for growth of two sizes of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, n. 19, p. 629-640, 2013.

HELLAND, S. J.; HATLEN, B.; GRISDALE-HELLAND, B. Energy, protein and amino acid requirements for maintenance and efficiency of utilization for growth of Atlantic salmon post-smolts determined using increasing ration levels. **Aquaculture**, n. 305, p. 150-158, 2010.

JORDÃO FILHO, J. Estimativas das exigências de proteína e de energia para manutenção, ganho e produção de ovos em codornas. **Tese** (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2008.

LUPATSCH, I.; KISSIL, G. W.; SKLAN, D. Comparison of energy and protein efficiency among three fish species gilthead sea bream (*Sparus aurata*), European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and white grouper (*Epinephelus aeneus*): energy expenditure for protein and lipid deposition. **Aquaculture**, v. 225, n.1, p. 175-189, 2003.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. National. Academy Press, Washington, DC, USA, 2011.

NONIS, M. K.; GOUS, R. M. Threonine and lysine requirements for maintenance in chickens. **South African Journal of Animal Science**, v.38, p.75-82, 2008.

PIEDRAS, S. R. N.; POUEY, J. L. O. F.; MORAES, P. R. R.; RODRIGUES, F. V. Resposta de alevinos de jundiá (*Rhamdia* sp.) alimentados com diferentes níveis de proteína bruta e

energia digestível. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 2, p. 217-220, 2014.

RAMPE, M. C. C.; PACHECO, M. L.; JÚNIOR, J. V.; GIANNOTTI, J. D. G.; DEMUNER, L. F.; MARIN, J. F. V. Adição de lisina digestível em rações experimentais para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 66, n.5, p.1557-1566, 2014.

ROSTAGNO, H. S. ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; 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**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV. Departamento de Zootecnia 2011, 252p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**, 2.a Ed., Funep-Unesp, Jaboticabal. 283 p. 2016.

SILVA, J. A. M.; FILHO, M. P.; PEREIRA, M. I. O. Frutos e Sementes Consumidos pelo Tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) Incorporados em Rações. Digestibilidade e Velocidade de Trânsito pelo Trato Gastrointestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1815-1824, 2003.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005.

SIQUEIRA, J. C.; SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S.; BONATO, M. A.; PINHEIRO, S. R. F.; NASCIMENTO, D. C. N. Exigência de lisina para manutenção determinada com galos de diferentes genótipos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.812-820, 2011.

TAKISHITA, S. S.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; BOMFIM, M. A. D.; QUADROS, M.; de SOUSA, M. P. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2099-2105, 2009.

VEIVERBERG, C. A.; RADÜNZ NETO, J.; SILVA, L. P.; SUTILI, F. J.; ROSSATO, S.; CORRÊIA, V. Crude protein levels in practical diets for grass carp juveniles. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 5, p. 1241-1249, 2010.

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.

WILSON, R. P. Amino acids and proteins. In: Halver, J. E. e Hardy, R. W.(Ed). **FishNutrition**. Orlando: Academic Press, p.144-179, 2002.

ANEXO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS-CEUA
CIAEP-01.0341.2014

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Exigências de proteína e lisina digestível para manutenção e eficiência de utilização para crescimento de tambaqui" registrada com o nº 23115.005476/2017-00, sob a responsabilidade de Felipe Barbosa Ribeiro, que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi considerado **APROVADO** pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - UFMA) da Universidade Federal do Maranhão.

FINALIDADE	☐ ENSINO ☒ PESQUISA ☐ EXTENSÃO
Vigência da autorização	01/08/2017 a 01/08/2019
Especie/linhagem/raça	Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)
Nº de animais	280
Peso/Idade	10-500g
Sexo	Machos e Fêmeas
Origem	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) Piriri, Piauí.

Prof. Dr. Rafael Cardoso Carvalho
 Presidente da Comissão de Ética no uso de animais-CEUA
 UFMA