



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



**EXIGÊNCIA DE LISINA PARA ALEVINOS DE
TAMBATINGA UTILIZANDO DIFERENTES TÉCNICAS
DE FORMULAÇÃO DE RAÇÕES**

MARILENE DA COSTA SOUSA

CHAPADINHA-MA

2019



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



MARILENE DA COSTA SOUSA

**EXIGÊNCIA DE LISINA PARA ALEVINOS DE
TAMBATINGA UTILIZANDO DIFERENTES TÉCNICAS
DE FORMULAÇÃO DE RAÇÕES**

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

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim.

CHAPADINHA-MA

2019

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

da Costa Sousa, Marilene

Exigência de lisina para alevinos de tambatinga utilizando diferentes técnicas de formulação de rações / Marilene da Costa Sousa – 2019. 47 f.

Orientador: Marcos Antonio Delmondes Bomfim.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (19.03) /ccaa.
Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2019.

1. Aminoácido essencial. 2. Desempenho zootécnico. 3. Composição corporal. 4. Nutrição de peixe.
5. Proteína ideal. I. Título

MARILENE DA COSTA SOUSA

**EXIGÊNCIA DE LISINA PARA ALEVINOS DE
TAMBATINGA UTILIZANDO DIFERENTES TÉCNICAS
DE FORMULAÇÃO DE RAÇÕES**

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

Dissertação defendida e aprovada em : **19/03/ 2019**.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim
Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro
Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Profa. Dra. Sylvia Sanae Takishita
Doutora em Zootecnia
Faculdade de Tecnologia (FATEC)

“Tudo passa e tudo se renova na terra, mas o que vem do céu permanecerá... Não te esqueças, porém, de que amanhã será outro dia”.

Chico Xavier

A minha mãe, Lucinda Lima pelo cuidado e amor incondicionais.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida e pelos dons da força, coragem e determinação, que me fizeram caminhar, mesmo que pelos mais tortuosos caminhos.

A minha família e amigos, em especial Lucinda Lima, por ter me acolhido em seus braços após a partida da minha mãe biológica, Maria dos Santos Sousa (*in memoriam*), pelo seu amor incondicional, preocupação e orações diárias, e por me motivar a nunca desistir dos meus sonhos.

Ao meu orientador e amigo, professor Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim, por acreditar em meu potencial, pelos ensinamentos e oportunidades nesta jornada.

Aos amigos do grupo do Laboratório de Nutrição e Alimentação de Organismos Aquáticos do Maranhão-LANUMA, mestrandos, bolsistas de iniciação científica, estagiários, voluntários e em especial, Rafael Marchão, Dayanna Costa, Neliane Galvão, Dhulya Rodrigues e Thalles Rêgo que me auxiliaram sem medir esforços.

A todos os amigos da turma de mestrado que tornaram as dificuldades das disciplinas mais leves em especial, Raphael Ramos, Thiago Vinicius Ramos, Helen Ribeiro, Nathalie Pinto, Éllen Cristina Vale e Karla Batista, nossos laços são únicos.

Ao Professor Dr. Jefferson Costa de Siqueira pela ajuda inestimável nas análises estatísticas e contribuições na banca do exame de qualificação.

Ao Professor Dr. Felipe Barbosa Ribeiro pela parceria na execução do experimento no LANUMA, cedendo os equipamentos e materiais necessários para análises. Como também, colaboração nas bancas do exame de qualificação e defesa.

A Professora Dra. Sylvia Sanae Takishita, pela colaboração e participação na banca de defesa do mestrado.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal-PPGCA, bem como todo o corpo docente, ao Tomaz (secretário do PPGCA) e ao Leonardo Fernandes (técnico agropecuário da UFMA) por serem prestativos em todos os momentos.

A CAPES pelo suporte financeiro, na concessão de bolsas de mestrado.

A FAPEMA pelo suporte financeiro na concessão de bolsas de estágio e financiamento do projeto de pesquisa.

Meu muito obrigada!!!

SUMÁRIO

	p.
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS	3
1.INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Piscicultura no Brasil: Uma abordagem ambiental e econômica.....	5
2.2.Tambatinga (<i>Colossoma macropomum</i> x <i>Piaractus brachypomum</i>)	6
2.3.Nutrição proteica e lisina digestível.....	7
2.4.Técnicas de formulação de rações experimentais	8
3.OBJETIVO GERAL.....	9
4.REFERÊNCIAS	10
CAPÍTULO 2- EXIGÊNCIA DE LISINA PARA ALEVINOS DE TAMBATINGA UTILIZANDO DIFERENTES TÉCNICAS DE FORMULAÇÃO DE RAÇÕES	15
INTRODUÇÃO	18
MATERIAL E MÉTODOS.....	19
RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	34

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1. Composição percentual e química das rações experimentais, elaboradas com base na técnica da “suplementação de aminoácidos” (matéria natural).....	21
Tabela 2. Composição percentual e química da ração isenta de proteína e das rações experimentais elaboradas com base na técnica da “diluição de dietas” (matéria natural).....	22
Tabela 3. Composição percentual dos teores de aminoácidos totais do milho, farelo de soja e farelo de trigo obtidos por meio de aminogramas.....	23
Tabela 4. Consumo de ração (CR), consumo de lisina digestível (CLISD), ganho de peso (GP) de alevinos de tambatinga e resumo da análise de variância comparando-se duas técnicas de formulação de ração em função dos níveis de lisina digestível.....	25
Tabela 5. Taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência de lisina digestível (ELISD) de alevinos de tambatinga e resumo da análise de variância comparando-se duas técnicas de formulação de ração em função dos níveis de lisina digestível.....	26
Tabela 6. Equações de regressão ajustadas, valor de P, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis, consumo de lisina digestível (CLISD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA) e eficiência de lisina digestível (ELISD) de alevinos de tambatinga em função dos níveis de lisina digestível da ração.....	27
Tabela 7. Deposição de proteína corporal (DPC), deposição de gordura corporal (DGC) e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) de alevinos de tambatinga e resumo da análise de variância comparando-se duas técnicas de formulação de ração em função dos níveis de lisina digestível.....	32
Tabela 8. Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis: deposição de proteína corporal (DPC), deposição de gordura corporal (DGC) e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) de alevinos de tambatinga em função dos níveis de lisina digestível da ração.....	33

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1. Representação gráfica do ganho de peso para alevinos de tambatinga em função do nível de lisina digestível da ração.....	28
Figura 2. Representação gráfica da taxa de crescimento específico para alevinos de tambatinga em função do nível de lisina digestível da ração.....	29
Figura 3. Representação gráfica da conversão alimentar para alevinos de tambatinga em função do nível de lisina digestível da ração.....	30

RESUMO

A lisina é um aminoácido essencial presente em alta proporção no tecido muscular dos peixes, sendo um dos aminoácidos mais limitantes em alimentos para peixes. Objetivou-se determinar a exigência de lisina digestível em rações para alevinos de tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomum*) utilizando-se diferentes técnicas de formulação de rações experimentais. Foram utilizados 1.800 alevinos com peso inicial de $0,82 \pm 0,39$ g distribuídos em esquema fatorial 6 x 2 (nível de lisina digestível x técnica de formulação das dietas), em delineamento em blocos ao acaso, totalizando 12 tratamentos, com dois blocos e três repetições de cada tratamento por bloco, com 25 peixes por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por rações isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas contendo diferentes níveis de lisina digestível (1,20; 1,38; 1,56; 1,74; 1,92; e 2,10%) formuladas por duas técnicas distintas: suplementação dos aminoácidos e diluição das dietas. Foram avaliados parâmetros de desempenho, eficiência alimentar e composição corporal. Com exceção do consumo de ração, os tratamentos influenciaram todas as variáveis de desempenho e eficiência alimentar. A elevação dos níveis de lisina aumentou linearmente o consumo de lisina digestível e aumentou de forma quadrática o ganho de peso, taxa de crescimento específico, melhorou a conversão alimentar, eficiência de lisina digestível para o ganho de peso e a deposição de proteína corporal dos peixes até os níveis estimados em 1,80%, 1,83%, 1,81%, 1,50% e 1,82%, respectivamente. Houve interação entre os níveis de lisina e a técnica de formulação de rações apenas para a deposição de gordura corporal e eficiência de retenção de nitrogênio. Peixes alimentados com rações formuladas com a técnica de diluição apresentaram maior ganho de peso, taxa de crescimento específico e deposição de proteína corporal. A elevação dos teores de lisina digestível elevou de forma quadrática a deposição de gordura corporal e a eficiência de retenção de nitrogênio nos peixes alimentados com rações formuladas pela técnica da suplementação até o nível de 1,70% e 1,80%, respectivamente. Para os peixes alimentados com rações formuladas pela técnica da diluição, observou-se que em rações contendo 1,56% e 2,10% de lisina digestível apresentaram maior deposição de gordura corporal e pior retenção de nitrogênio, respectivamente. A recomendação do nível de lisina digestível em rações para alevinos de tambatinga que otimiza o ganho de peso e deposição de proteína corporal é de 1,80%, correspondente a 1,89% de lisina total, e a técnica de diluição pode ser utilizada na formulação de rações experimentais para determinar a exigência de aminoácidos.

Palavras-chave: Aminoácido essencial. Desempenho zootécnico. Composição corporal. Nutrição de peixe. Proteína ideal.

ABSTRACT

Lysine is an essential amino acid present in high proportion in fish muscle tissue, being one of the most limiting amino acids in fish feed. The objective was to determine the requirement of digestible lysine in diets for tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachipomum*) fingerlings using different experimental feed formulation techniques. A total of 1,800 fingerlings weighing $0.82 \pm 0.39\text{g}$ were used in a 6×2 factorial scheme (digestible lysine level x diet formulation technique), in a randomized complete block design, totaling 12 treatments, with two blocks and three replicates of each treatment per block, with 25 fish per experimental unit. The treatments were composed of isoenergetic, isocalcium and isophosphoric diets containing different levels of digestible lysine (1.20, 1.38, 1.56, 1.74, 1.92 and 2.10%) formulated by two different techniques: supplementation of amino acids and dilution of diets. Performance, food efficiency and body composition parameters were evaluated. With the exception of feed consumption, treatments influenced all variables of performance and food efficiency. Elevation of lysine levels linearly increased digestible lysine consumption and increased quadratic weight gain, specific growth rate, improved feed conversion, digestible lysine efficiency for weight gain and deposition of fish body protein up to the levels estimated at 1.80%, 1.83%, 1.81%, 1.50% and 1.82%, respectively. There was interaction between lysine levels and the feed formulation technique only for body fat deposition and nitrogen retention efficiency. Fish fed diets formulated with the dilution technique presented higher weight gain, specific growth rate and body protein deposition. The elevation of digestible lysine levels increased quadratically the body fat deposition and nitrogen retention efficiency in fish fed with rations formulated by the supplementation technique up to the level of 1.70% and 1.80%, respectively. For fish fed with rations formulated by the dilution technique, it was observed that in rations containing 1.56% and 2.10% of digestible lysine presented higher deposition of body fat and worse retention of nitrogen, respectively. The recommendation of digestible lysine level in rations for tambatinga fingerlings that optimizes body weight gain and deposition is 1.80%, corresponding to 1.89% of total lysine, and the dilution technique can be used in formulation of experimental diets to determine the amino acid requirement.

Keywords: Essential amino acid. Zootechnical performance. Body composition. Fish nutrition. Ideal protein.

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura no Brasil utiliza grande diversidade de espécies, chegando a produzir cerca de 722.560 toneladas de peixes/ano em 2018, conforme dados recentes apresentados pela Associação Brasileira da Piscicultura (2019). E para espécies nativas, a produção representa cerca de 39,84% do total, dentre as quais podemos citar os peixes redondos como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), pirapitinga (*Piaractus brachypomum*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e seus híbridos como o tambacu (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) e o tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomum*).

O tambatinga é um híbrido amplamente aceito para a produção por apresentar características zootécnicas, como: rusticidade, rápido crescimento, carne com valor comercial e por ser bem apreciado para o consumo (DIAS et al., 2012). Entretanto, pouco se conhece sobre suas exigências nutricionais.

Considerando-se que os peixes não apresentam exigência metabólica de proteína bruta, mas sim de um adequado equilíbrio de aminoácidos essenciais e não essenciais, os estudos nutricionais têm sido realizados para determinar as exigências em aminoácidos pelos peixes com experimentos de dose-resposta. Esse método é empírico e tradicionalmente empregado como base para a utilização do conceito de proteína ideal (WILSON, 2002; TAKISHITA et al., 2009).

A proteína ideal corresponde à mistura de aminoácidos essenciais e não essenciais cuja composição seja idêntica às exigências nutricionais do animal, sendo que todos os aminoácidos essenciais são expressos em proporções ideais ou em relação a um aminoácido referência, a lisina (BOISEN, 2003; TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010; FURUYA et al., 2010). A lisina é um dos aminoácidos mais estudados porque tem importante papel na deposição proteica, é o aminoácido referência para o perfil de proteína ideal e apresenta resultados rápidos a cerca de sua análise (ABIMORAD et al., 2010; FURUYA et al., 2013).

A técnica empregada para a formulação da dieta pode afetar significativamente as respostas produtivas dos animais, e dentre as mais utilizadas está a técnica da suplementação dos aminoácidos. Esta técnica baseia-se na utilização de uma ração basal que atenda a exigência de todos os demais nutrientes e energia, deixando apenas o aminoácido testado como limitante (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007). Para formação dos demais tratamentos, o aminoácido avaliado é suplementado na forma

industrial em diferentes níveis. Todavia, a técnica da suplementação dos aminoácidos recebe críticas porque a fixação de níveis mais elevados dos demais aminoácidos podem limitar as respostas produtivas do animal (devido as diferentes relações aminoácido: lisina). Além disso, a utilização de elevados teores de aminoácidos industriais pode levar a imprecisões no valor de exigência obtido, podendo superestimar sua exigência (SIQUEIRA et al., 2009; TAKISHITA et al., 2009; NRC, 2011; TAKISHITA, 2012; LANNA et al., 2016).

Uma técnica alternativa para a formulação de rações experimentais é a “técnica da diluição das dietas” que, conforme Gous, (1980) é um método melhorado comparando-se o mesmo com a técnica da suplementação. Essa técnica consiste na utilização de um alto teor de proteína, porém deficiente no aminoácido teste, que é misturada com outra ração isoenergética, porém isenta de proteína (DIP), obtendo-se assim, rações com níveis intermediários do aminoácido teste e com reduzidos teores de aminoácidos industriais (FISHER & MORIS, 1970; SIQUEIRA et al., 2009).

Considerando-se que as informações a cerca da exigência de lisina digestível para o tambatinga são incipientes e que as diferentes técnicas de formulação de rações experimentais para determinação das exigências podem influenciar na acurácia dos níveis obtidos, a realização de pesquisas para esta finalidade torna-se necessária.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Piscicultura no Brasil: Uma abordagem ambiental e econômica.

A piscicultura consiste na criação comercial de peixes cujo potencial têm se destacado fortemente nos últimos anos. O Brasil apresenta extenso litoral e grande volume de água doce, que compreende 10 bacias hidrográficas distribuídas em diferentes regiões e segundo dados publicados pela Associação Brasileira da Piscicultura (2019), em 2018 o país produziu cerca de 722.560 toneladas de peixes e do total, 287.910 toneladas foram espécies nativas, tendo como maior representante, o tambaqui.

A piscicultura brasileira cresceu 4,5% em 2018 comparando-se com a produção do ano anterior e esses dados demonstram que apesar de enfrentar muitas dificuldades devido à situação macroeconômica do país, como a redução dos investimentos, aumento de desemprego e a estiagem prolongada na região Nordeste em 2016, a Associação Brasileira de Piscicultura (2019) destaca que essa atividade ainda apresenta

desenvolvimento em comparação a outras atividades da pecuária e mantém sua rota de crescimento (PEZZATO, 2004; CYRINO & BICUDO, 2010; ROCHA et al., 2013).

Segundo Furuya et al. (2010), as rações para peixes normalmente elevam os custos da produção em torno de 68% tendo a proteína como um dos ingredientes mais onerosos. Além disso, alevinos e juvenis requerem uma maior quantidade de proteína para deposição em comparação as demais fases de crescimento (BOMFIM et al., 2005; FURUYA et al., 2006; BICUDO, 2008; TAKISHITA et al., 2009; LIMA et al., 2016).

Outra vertente abordada nos últimos anos acerca da nutrição de peixes consiste no fato de que a produção em sistemas intensivos e semi-intensivos utiliza rações industriais como principal fonte de nutrientes. Deste modo, rações mal formuladas que possuam deficiências ou excessos de aminoácidos interferem na utilização da fração nitrogenada e promovem aumento da excreção de compostos nitrogenados ao ambiente aquático (BOMFIM et al., 2010; NRC, 2011; QUINTERO-PINTO et al., 2011; LIMA et al., 2016).

Desta forma, para garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção, se faz necessário uma conciliação entre o aumento da produção com redução de descargas de resíduos ao meio ambiente (BOMFIM et al., 2008; TAKISHITA, 2012).

2.2 Tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomum*)

A produção de híbridos tem como principal objetivo aproveitar o vigor de heterose dos peixes e produzir variedades de espécies mais resistentes e com superioridade média dos filhos em relação aos pais. Além disso, promove a criação de gêneros com maior rusticidade, precocidade e melhor adaptação aos sistemas de cultivo (GUERRA et al., 1992; SILVA et al., 2000).

Os peixes híbridos têm ganhado espaço nas pisciculturas em decorrência da obtenção de linhagens mais resistentes a doenças e patógenos, por possuir carne com valor comercial e bem apreciada para o consumo, tornando a hibridização uma das técnicas mais importantes para a elevação dos rendimentos produtivos dos peixes (FERNANDES et al., 2004; PEZZATO, 2009; BITTENCOURT et al., 2010).

O tambatinga é um híbrido resultante do cruzamento da fêmea do tambaqui (*Colossoma macropomum*), com o macho do pirapitinga (*Piaractus brachypomum*), possui hábito alimentar onívoro, capacidade de reprodução em dois ciclos por ano e tem sido uma espécie promissora para a produção (SILVA-ACUNA & GUEVARA, 2002; ARARIPE et al., 2011; DIAS et al., 2015).

A região Nordeste condensa grande parte da produção de peixes redondos e o tambatinga (*Colossoma macropomum x Piaraactus brachypomum*) está entre os híbridos mais produzidos nessa região. Desta forma, o tambatinga tem demonstrado que é um peixe amplamente aceito pelos piscicultores, pelas comunidades dessa região do país e o Maranhão consolida-se cada vez mais como um dos principais estados produtores de tambatinga cultivados. Entretanto, os estudos nutricionais com a espécie são escassos e muitas vezes o conhecimento que se tem é empírico.

2.3 Nutrição proteica e lisina digestível

A nutrição de peixes juntamente com o melhoramento genético, sanidade e qualidade físico-química da água configura-se em uma das áreas mais carentes de informações na piscicultura brasileira (SANTOS et al., 2010; DAIRIKI & SILVA, 2011; TAKISHITA, 2012).

A prioridade dos estudos para determinar as exigências metabólicas de aminoácidos pelos peixes tem sido reportada a utilização de um adequado balanceamento de aminoácidos essenciais e não essenciais que devem estar em proporções adequadas e podem ser obtidos pela combinação de matérias primas ou pela suplementação com aminoácidos sintéticos adicionados moderadamente nas rações (WILSON, 2003; FURUYA et al. 2005; BOMFIM et al, 2008; BICUDO et al., 2009; BOMFIM et al., 2010). Desta forma, as pesquisas concentram-se em avaliar variáveis de desempenho e eficiência alimentar utilizando-se rações formuladas com base no conceito de proteína ideal. (BALDISSEROTO, 2002; WILSON, 2002; NRC, 2011).

A utilização do conceito de proteína ideal em formulação de rações experimentais consiste na redução do teor de proteína da ração com suplementação moderada de aminoácidos sintéticos podendo ser realizada sem prejudicar o desempenho dos animais e reduzir sistematicamente a excreção de compostos nitrogenados ao ambiente aquático, o que é desejável para a manutenção da qualidade da água (YAMAMOTO et al., 2005; BOMFIM et al., 2008). E desta forma, o conceito de proteína ideal foi estabelecido por meio da proposta de se estimar as exigências em aminoácidos para a manutenção e produção dos animais em que estes sejam expressos em função de um aminoácido referência, a lisina.

A lisina é reportada como um aminoácido essencial encontrado em maior quantidade nas carcaças dos peixes e constitui-se no aminoácido de referência para a formulação de dietas empregando-se o conceito de proteína ideal. A razão para o uso

deste conceito se deve ao fato de que as relações entre os aminoácidos essenciais e a lisina permanecem praticamente constantes apesar das variações entre os fatores dietéticos, ambientais e genéticos (ROSTAGNO, 2007; BARROS, 2010; RIGHETTI et al., 2011; TAKISHITA, 2012). Além disso, a facilidade que se tem para obter informações a cerca das exigências de lisina pelos peixes justifica-se pelo fato de que a lisina geralmente é um dos aminoácidos mais limitantes em ingredientes comumente utilizados na formulação de rações, pode ser encontrada na forma industrial e possibilita rapidez em suas análises (WILSSON, 2002; FURUYA et al., 2004; ABMORAD et al., 2010; FRACALOSSO & CYRINO, 2013).

Considerando-se que o efeito da lisina digestível nas dietas para peixes tem sido avaliado em diferentes fases de criação, a determinação dos níveis ótimos de exigência para espécies como o tambatinga se faz necessária porque gera subsídios para formulação de dietas nutricionalmente eficientes.

2.4 Técnicas de formulação de rações experimentais

A técnica de formulação de rações experimentais é um aspecto de grande relevância para os estudos nutricionais, haja vista que podem influenciar nas respostas produtivas dos animais.

Uma técnica tradicionalmente utilizada para formulação de rações consiste na “suplementação dos aminoácidos” que foi proposta por D’Mello (1982), e tem recebido críticas a cerca de sua utilização. Isso ocorre porque esse método fundamenta-se no aumento sucessivo do nível do aminoácido teste, associado ao uso excessivo de aminoácidos sintéticos. Desta forma, uma grande quantidade de aminoácidos sintéticos nas rações podem afetar as respostas produtivas dos animais, tendo em vista que esse método poderá alterar a relação do aminoácido teste com os demais aminoácidos da ração nos sítios de síntese proteica (TAKISHITA, 2012).

O excesso de aminoácidos sintéticos em rações para peixes pode gerar problemas porque estes são absorvidos mais rapidamente no trato intestinal em relação aos aminoácidos provenientes de fontes proteicas dos alimentos e promovem um desequilíbrio temporário nos sítios de síntese proteica devido ao aumento na concentração dos aminoácidos disponíveis nos tecidos e músculos (YAMAMOTO et al., 2005; TAKISHITA, 2012). Além disso, os grânulos da ração devem apresentar estabilidade na água, haja vista que as concentrações de aminoácidos sintéticos podem

ser perdidas por lixiviação e tem menos estabilidade na água comparando-se com aminoácidos ligados a proteína do alimento (ZARATE & LOVELL, 1997).

A técnica da diluição das dietas é uma forma alternativa para a formulação de rações experimentais. Esse método foi proposto por Fisher & Moris (1970) e sua utilização baseia-se na diluição sequencial de uma dieta com alto teor de proteína, porém deficiente no aminoácido teste, com outra isoenergética livre de proteína. Assim, os níveis do aminoácido testado serão obtidos de forma intermediária com relações constantes entre os aminoácidos, mesmo com variações nos teores proteicos (SIQUEIRA, 2009; NRC, 2011).

Siqueira (2009) comparou a técnica da suplementação de aminoácidos com diluição das dietas para estimar as exigências nutricionais de lisina digestível para frangos de corte em diferentes fases de criação. Neste estudo, o autor explica que de forma geral, a técnica da diluição das dietas apresentou resultados mais acurados em comparação com a técnica da suplementação. Isso se deve ao fato de que essa técnica fornece taxas de aminoácidos constantes para todos os tratamentos, utiliza pouca concentração de aminoácidos sintéticos e proporciona melhor eficiência na utilização dos nutrientes.

Diante do exposto, as informações acerca da avaliação das técnicas de formulação de rações, bem como seus efeitos nas respostas produtivas dos peixes ainda são incipientes e pouco estudadas, cabendo aos pesquisadores à missão de elucidar as várias discussões acerca da técnica empregada para que se possa contribuir para programas de estudos nutricionais.

3. OBJETIVO GERAL

Determinar a exigência de lisina digestível em rações para alevinos de tambatinga (*Colossoma macropomum* x *piaractus brachypomum*) utilizando diferentes técnicas de formulação das rações experimentais.

4. REFERÊNCIAS

ABIMORAD, E. G.; FAVERO, G.C.; SQUASSONI, G.H. 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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PISCICULTURA. **Anuário da PEIXE BR 2019**. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-peixe-br-da-piscicultura-2019/>. Acesso em: 19 de março de 2019.

ARARIPE, M.N.B. A; ARARIPE, H.G.A.; LOPES, J.B.; BRAGA, T.E.A.; ANDRADE, L.S.; MONTEIRO, A.B. Relação treonina: lisina para alevinos de tambatinga (*Colossoma macropomum x Piaractus brachipomum*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.37, n.4, p.393–400, 2011.

BALDISSEROTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada á piscicultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. Cap. 2, p. 212.

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

BICUDO, A.J. de A. Exigências nutricionais de juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) proteína, energia e aminoácidos. 2008. 103p. **Tese** (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. Bibliografia. Piracicaba, 2008.

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

BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.A. Densidade de estocagem e parâmetros eritrocitários de pacus criados em tanques-rede no reservatório de Itaipu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2323-2329, 2010.

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

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

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para 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.; DONZELE, 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 tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.1-8, 2010.

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

D'MELLO J.P.F. A comparison of two empirical methods of determining amino acid requirements. **World's Poultry Science Journal**, v. 38, p.114–119, 1982.

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**, p. 44, 2011.

DIAS, M.K.R.; TAVARES-DIAS M.; MARCHIORI N.: First report of *Linguadactyloides brinkmanni* (Monogenoidea: Linguadactyloidinae) on hybrids of *Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus* (Characidae) from South America. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.16, p. 61-64, 2012.

DIAS, M. K. R.; NEVES, L. R.; MARINHO, R. G. B.; PINHEIRO, D. A.; TAVARES-DIAS, M.: Parasitismo em tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*, Characidae) cultivados na Amazônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 45, p. 231-238, 2015.

FERNANDES,J.B.K.; LOCHMANN, R.; BOCABEGRA, F. A. Apparent digestible energy and nutrient digestibly coefficients of diet ingredients for pacu *Piaractus brachypomus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.35, n. 2, 2004.

FISHER, C.; MORRIS,TR. The determination of the methionine requirements of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v.11, p.67-82, 1970.

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

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. Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 937-942, 2006.

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

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.

GOUS, R.M. An improved method for measuring the response of broiler chickens to increasing dietary concentrations of an amino acid. In: European Poultry Conference, 6., 1980, Hamburg. **Proceedings**. Hamburg: World's Poultry Science Association. 1980, v.3, p.32-39.

GUERRA, H.F., ALCANTARA, F.B. SANCHEZ, H.R, AVALOS, S.Q. Hibridacion de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Curvier, 1818) por gamitana, *Colossoma macropomum* (Curvier, 1818) em Iquitos- Peru. **Folia Amazonica. Iquitos**, v.4, n.1, p.107-104,1992.

LANNA, E. A. T.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; QUADROS, M. Feeding Frequency of Nile tilapia fed rations supplemented with amino acids. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 458-464, abr- jun, 2016.

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

Ministério da Pesca e Aquicultura- MPA. Boletim da Pesca e Aquicultura: Brasil 2012. Brasília, 2012. 129 p.

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

PEZZATO, L. E. **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.

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. **Veterinary Zootecny**, v. 2, n.5, p.30-43, 2011.

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

ROCHA, C.M. C.; RESENDE, E. K.; ROUTLEDGE, E. A. B.; LUNDSTEDT, L. M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v 48, p.8, 2013.

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.

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

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

SILVA, P. C., PÁDUA, D.M.C., FRANÇA, A.F.S., PÁDUA, J.T., SOUZA, V. L. Milheto (*Pennisetum americanum*) como substituto do milho (*Zea mays*) em rações para alevinos de tambacu (híbrido *Colossoma macropomum* fêmea X *Piaractus mesopotamicus* macho). **ARS Veterinária**, v. 16, n.2, p. 146-153, 2000.

SILVA-ACUNÃ, A. & GUEVARA, M. Evaluación de las dietas comerciais sobre el crecimiento del híbrido de *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. **Zootecnia Tropical**, Maracay, v.20, n.4, 2002.

SIQUEIRA, J. C. Estimativas das exigências de lisina de frangos de corte pelos métodos dose resposta e fatorial. **Tese** (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009. Bibliografia. Jaboticabal, 2009. 154p.

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.

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, n.11, p.2099-2105, 2009.

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

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

WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2003, p.427-447.

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

ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T. Free lysine (L-lysine - HCl) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v.159, p.87-100, 1997.

CAPÍTULO 2

EXIGÊNCIA DE LISINA PARA ALEVINOS DE TAMBATINGA UTILIZANDO DIFERENTES TÉCNICAS DE FORMULAÇÃO DE RAÇÕES

Resumo – Objetivou-se determinar a exigência de lisina digestível em rações para alevinos de tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachipomum*) utilizando-se diferentes técnicas de formulação de rações experimentais. Foram utilizados 1.800 alevinos com peso inicial de $0,82 \pm 0,39$ g distribuídos em esquema fatorial 6 x 2 (nível de lisina digestível x técnica de formulação das dietas), em delineamento em blocos ao acaso, totalizando 12 tratamentos, com dois blocos e três repetições de cada tratamento por bloco, com 25 peixes por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por rações isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas contendo diferentes níveis de lisina digestível (1,20; 1,38; 1,56; 1,74; 1,92; e 2,10%) formuladas por duas técnicas distintas: suplementação dos aminoácidos e diluição das dietas. Foram avaliados parâmetros de desempenho, eficiência alimentar e composição corporal. Com exceção do consumo de ração, os tratamentos influenciaram todas as variáveis de desempenho e eficiência alimentar. A elevação dos níveis de lisina aumentou linearmente o consumo de lisina digestível e aumentou de forma quadrática o ganho de peso, taxa de crescimento específico, melhorou a conversão alimentar, eficiência de lisina digestível para o ganho de peso e a deposição de proteína corporal dos peixes até os níveis estimados em 1,80%, 1,83%, 1,81%, 1,50% e 1,82%, respectivamente. Houve interação entre os níveis de lisina e a técnica de formulação de rações apenas para a deposição de gordura corporal e eficiência de retenção de nitrogênio. Peixes alimentados com rações formuladas com a técnica de diluição apresentaram maior ganho de peso, taxa de crescimento específico e deposição de proteína corporal. A elevação dos teores de lisina digestível elevou de forma quadrática a deposição de gordura corporal e a eficiência de retenção de nitrogênio nos peixes alimentados com rações formuladas pela técnica da suplementação até o nível de 1,70% e 1,80%, respectivamente. Para os peixes alimentados com rações formuladas pela técnica da diluição, observou-se que em rações contendo 1,56% e 2,10% de lisina digestível apresentaram maior deposição de gordura corporal e pior retenção de nitrogênio, respectivamente. A recomendação do nível de lisina digestível em rações para alevinos de tambatinga que otimiza o ganho de peso e deposição de proteína corporal é de 1,80%, correspondente a 1,89% de lisina total, e a técnica de diluição pode ser utilizada na formulação de rações experimentais para determinar a exigência de aminoácidos.

Palavras-chave: Aminoácido essencial. Desempenho zootécnico. Composição corporal. Nutrição de peixe. Proteína ideal.

Abstract – The objective was to determine the requirement of digestible lysine in diets for tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomum*) fingerlings using different experimental feed formulation techniques. A total of 1,800 fingerlings weighing $0.82 \pm 0.39\text{g}$ were used in a 6×2 factorial scheme (digestible lysine level x diet formulation technique), in a randomized complete block design, totaling 12 treatments, with two blocks and three replicates of each treatment per block, with 25 fish per experimental unit. The treatments were composed of isoenergetic, isocalcium and isophosphoric diets containing different levels of digestible lysine (1.20, 1.38, 1.56, 1.74, 1.92 and 2.10%) formulated by two different techniques: supplementation of amino acids and dilution of diets. Performance, food efficiency and body composition parameters were evaluated. With the exception of feed consumption, treatments influenced all variables of performance and food efficiency. Elevation of lysine levels linearly increased digestible lysine consumption and increased quadratic weight gain, specific growth rate, improved feed conversion, digestible lysine efficiency for weight gain and deposition of fish body protein up to the levels estimated at 1.80%, 1.83%, 1.81%, 1.50% and 1.82%, respectively. There was interaction between lysine levels and the feed formulation technique only for body fat deposition and nitrogen retention efficiency. Fish fed diets formulated with the dilution technique presented higher weight gain, specific growth rate and body protein deposition. The elevation of digestible lysine levels increased quadratically the body fat deposition and nitrogen retention efficiency in fish fed with rations formulated by the supplementation technique up to the level of 1.70% and 1.80%, respectively. For fish fed with rations formulated by the dilution technique, it was observed that in rations containing 1.56% and 2.10% of digestible lysine presented higher deposition of body fat and worse retention of nitrogen, respectively. The recommendation of digestible lysine level in rations for tambatinga fingerlings that optimizes body weight gain and deposition is 1.80%, corresponding to 1.89% of total lysine, and the dilution technique can be used in formulation of experimental diets to determine the amino acid requirement.

Keywords: Essential amino acid. Zootechnical performance. Body composition. Fish nutrition. Ideal protein.

INTRODUÇÃO

O tambatinga é um híbrido com hábito alimentar onívoro resultante do cruzamento da fêmea de *Colossoma macropomum* (tambaqui) com o macho do *Piaractus brachipomum* (pirapitinga) que apresenta rápido crescimento, bom rendimento de carcaça e rusticidade, sendo bem tolerantes as mudanças ambientais (TAVARES-DIAS, 2004; DIAS et al., 2012).

A determinação das exigências nutricionais de proteína para peixes nativos tem sido priorizada porque é uma área carente de informações e tem sido o item mais oneroso nas rações, principalmente pelo elevado teor proteico em relação aos demais não ruminantes de interesse zootécnico (FURUYA et al., 2004; ROSTAGNO et al., 2007; ABIMORAD et al., 2010; PRADO, 2011). Contudo, os peixes não possuem exigências metabólicas em proteína bruta, mas de uma quantidade balanceada de aminoácidos que potencializem seu desempenho e reduzam a excreção de compostos nitrogenados ao ambiente aquático (TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010).

As exigências em aminoácidos para peixes têm sido determinadas utilizando estudos de dose-resposta. E a técnica tradicionalmente empregada é a “técnica de suplementação de aminoácidos”. Essa técnica consiste na formulação de uma ração basal que apresenta nível reduzido de proteína bruta, com o objetivo de obter rações com níveis deficitários do aminoácido que vai ser avaliado, assegurando a suplementação de aminoácidos sintéticos para ajustar os níveis dos demais aminoácidos que estiverem limitantes (BOMFIM et al., 2010; NRC, 2011). Entretanto, a utilização deste método recebe críticas porque a fixação dos níveis dos demais aminoácidos nas dietas pode limitar a resposta dos animais nos níveis superiores do aminoácido avaliado, subestimando sua exigência (TAKISHITA et al., 2009). Outra crítica se deve a maior utilização de aminoácidos sintéticos nas dietas experimentais que favorecem a lixiviação no ambiente aquático, podendo acarretar em imprecisões nos resultados obtidos. Além disso, estas fontes de aminoácidos muitas vezes constituem um entrave à realização de estudos sobre nutrição protéica (SIQUEIRA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010; LANNA et al., 2016).

Para minimizar este problema, o conceito de proteína ideal tem sido proposto para a formulação de rações experimentais. Esse conceito consiste em utilizar um balanço de aminoácidos essenciais em proporções ideais ou em função de um aminoácido referencia que normalmente é a lisina (FURUYA et al., 2006; BOMFIM et al., 2008).

Uma técnica alternativa proposta por Fisher & Moris (1970) é a “técnica da diluição das dietas”. Trata-se de um método alternativo em relação à técnica da suplementação dos aminoácidos. Nesta técnica, o balanço aminoacídico entre os tratamentos permanece constante porque se baseia na utilização de uma dieta com alto teor de proteína, deficiente no aminoácido teste, que é diluída com uma dieta isoenergética isenta de proteína, obtendo-se níveis intermediários do aminoácido. A vantagem principal seria a de se utilizar pouco aminoácido sintético, que favoreceria a determinação das exigências aminoacídicas em experimentos com peixes (GOUS, 1980; ROSTAGNO et al., 2007;SIQUEIRA, 2009).

A lisina é um aminoácido essencial encontrado em maior proporção nos tecidos musculares dos peixes, sendo um dos aminoácidos limitantes em alimentos de origem vegetal utilizados na formulação de rações para peixes e é encontrada na forma industrial (FURUYA et al., 2006; TAKISHITA, 2012).

Considerando a carência de informações, objetivou-se determinar a exigência de lisina digestível para tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomum*) utilizando diferentes técnicas de formulação de rações.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado de acordo com as normas éticas estabelecidas para utilização de animais, após aprovação do Comitê de ética no uso animal da Universidade Federal do Maranhão (Protocolo N° 23115.002771/2016-15).

A condução do experimento ocorreu no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais - CCAA da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, localizado no município de Chapadinha, região Leste do Maranhão, com duração de 52 dias experimentais.

Foram utilizados 1.800 alevinos de tambatinga com peso médio inicial de $0,81 \pm 0,39$ g em esquema fatorial 6 x 2 (nível de lisina digestível x técnica de formulação das dietas), em um delineamento em blocos ao acaso (dois blocos), três repetições por bloco, e vinte e cinco peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de doze rações experimentais isoenergéticas (3.000 kcal de energia digestível/kg), isocálcicas (1,00%) e isofosfóricas (0,70%), contendo diferentes níveis de lisina digestível (1,20; 1,38; 1,56; 1,74; 1,92; e 2,10%) formuladas por duas técnicas distintas, sendo uma com base na “suplementação dos aminoácidos” (Tabela 1) preconizada por D’Mello (1982); e outra com base na técnica

da “diluição das dietas”, preconizada por Fisher & Morris (1970) (Tabela 2). Todas as dietas foram formuladas com base no conceito de proteína ideal.

Em todas as rações, a relação dos aminoácidos: lisina foram mantidas, pelo menos, cinco pontos percentuais acima daquelas estimadas a partir dos valores de exigência para tilápias do Nilo, propostos por Furuya et al. (2010).

Os teores de aminoácidos totais do milho, farelo de soja e farelo de trigo, foram obtidos por meio de aminogramas realizados no laboratório CBO (Valinhos – SP) (Tabela 3). O teor de aminoácidos digestíveis foram estimados baseando-se nos coeficientes de digestibilidade dos ingredientes recomendados para tilápias do Nilo, segundo Furuya et al. (2010).

No período pré-experimental, os peixes foram estocados nas instalações experimentais por uma semana e alimentados com ração comercial para que se adaptassem as condições experimentais.

Os alevinos foram mantidos em 72 caixas de polietileno com capacidade volumétrica de 500 litros, dispostas em sistema fechado de circulação de água e dotadas de abastecimento proveniente de poço artesiano, aeração suplementar e drenagem individuais. 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. Os controles do pH, do teor de oxigênio dissolvido e de amônia na água foram aferidos a cada sete dias, por intermédio de um pHmetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia tóxica, respectivamente.

Os ingredientes das rações foram misturados, umedecidos em água aquecida a 50° C e peletizados utilizando-se um moinho de carne (C.A.F. Picadores de carne – modelo 98 STI). Posteriormente, as rações foram secas, trituradas e peneiradas, ficando pellets de 2 a 3 mm de diâmetro.

As rações peletizadas foram ofertadas *ad libitum* diariamente, em seis refeições (08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 h) 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 na manhã e ao final do dia.

Tabela 1 – Composição percentual e química das rações experimentais, elaboradas com base na técnica da “suplementação de aminoácidos” (matéria natural).

Ingredientes (%)	Nível de lisina digestível (%)					
	1,200	1,380	1,560	1,740	1,920	2,100
Farelo de soja	41,495	41,495	41,495	41,495	41,495	41,495
Milho	34,198	34,198	34,198	34,198	34,198	34,198
Farelo de Trigo	8,947	8,947	8,947	8,947	8,947	8,947
Amido de milho	3,314	3,275	3,248	3,228	3,246	3,312
Óleo de soja	4,367	4,274	4,146	3,996	3,826	3,668
Lisina-HCl	0,000	0,230	0,460	0,690	0,920	1,150
DL-Metionina	0,195	0,320	0,444	0,569	0,694	0,818
L-Treonina	0,161	0,310	0,459	0,608	0,757	0,906
L-triptofano	0,000	0,039	0,081	0,123	0,166	0,208
L-Isoleucina	0,000	0,000	0,070	0,187	0,303	0,419
L-Valina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,083	0,183
L-Arginina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,056	0,205
L-Alanina	2,833	2,422	1,961	1,469	0,819	0,000
Calcáreo Calcítico	0,321	0,321	0,321	0,321	0,321	0,321
Fosfato Bicálcico	3,088	3,088	3,088	3,088	3,088	3,088
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	0,512	0,512	0,512	0,512	0,512	0,512
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Composição calculada ¹						
Proteína Bruta (%)	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00
Proteína Digestível (%) ³	23,83	23,82	23,82	23,82	23,82	23,82
Energia Digestível (kcal/kg) ³	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Extrato Etéreo (%)	6,59	6,50	6,37	6,22	6,06	5,90
Fibra Bruta (%)	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64
Ca Total (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P disp (%)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Lisina (%) Digest ²	1,200	1,380	1,560	1,740	1,920	2,100
Met. + Cist (%) Digest. ²	0,816	0,938	1,061	1,183	1,306	1,428
Treonina Digest. (%) ²	0,960	1,104	1,248	1,392	1,536	1,680
Triptofano Digest. (%) ²	0,279	0,317	0,359	0,400	0,442	0,483
Isoleucina Digest. (%)	0,929	0,929	0,998	1,114	1,229	1,344
Arginina Digest. (%) ²	1,519	1,519	1,519	1,519	1,574	1,722
Valina Digest. (%)	0,973	0,973	0,973	0,973	1,056	1,155
Relação Lis. Dig./ED (g/Mcal)	0,400	0,460	0,520	0,580	0,640	0,700
Relação Met+Cist./Lisina Dig.	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0
Relação Treonina./Lisina Dig.	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
Relação Triptofano./Lisina Dig.	23,3	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
Relação Isoleucina./Lisina Dig.	77,4	67,3	64,0	64,0	64,0	64,0
Relação Arginina./Lisina Dig.	126,6	110,1	97,4	87,3	82,0	82,0
Relação Valina/Lisina Dig.	81,1	70,5	62,4	55,9	55,0	55,0

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

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

³ Com base nos coeficientes de digestibilidade para o 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);

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

⁵ Suplemento vitamínico e mineral comercial (5 kg/t), com níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D3, 200.000 UI; Vit. E, 1.200 mg; Vit. K3, 2.400 mg; Vit. B1, 4.800 mg; Vit. B2, 4.800 mg; Vit. B6, 4.800 mg; Vit. B12, 4.800 mg; Vit. C, 48 g; ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108 g; niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 30.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

Tabela 2- Composição percentual e química da ração isenta de proteína e das rações experimentais elaboradas com base na técnica da “diluição de dietas” (matéria natural).

Ingredientes %	Nível de lisina digestível (%)						
	DIP*	1,200	1,380	1,560	1,740	1,920	2,100
DIP*	-----	42,857	34,286	25,714	17,143	8,571	0,000
RR**	-----	57,143	65,714	74,286	82,857	91,429	100,0
Farelo de soja	0,000	44,934	51,674	58,414	65,154	71,894	78,635
Farelo de trigo	0,000	5,189	5,968	6,746	7,525	8,303	9,082
Amido de milho	78,608	34,261	27,609	20,956	14,304	7,652	1,000
Óleo de soja	10,843	8,161	7,758	7,356	6,954	6,551	6,149
Casca de arroz moída	5,432	2,328	1,862	1,397	0,931	0,466	0,000
DL-Metionina	0,000	0,273	0,314	0,355	0,396	0,437	0,478
L-Treonina	0,000	0,218	0,250	0,283	0,316	0,348	0,381
L-triptofano	0,000	0,003	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005
Calcáreo Calcítico	0,165	0,144	0,140	0,137	0,134	0,130	0,127
Fosfato bicálcico	3,827	3,391	3,325	3,260	3,195	3,129	3,064
Premix Vitamínico e Mineral ⁵	0,500	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	0,050
Sal	0,554	0,529	0,525	0,521	0,517	0,514	0,510
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Composição calculada ¹							
Proteína Bruta (%)	0,00	21,46	24,68	27,90	31,12	34,34	37,56
Proteína digestível (%) ³	0,00	19,73	22,69	25,65	28,61	31,57	34,53
Energia digestível (kcal/kg) ³	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Extrato Etéreo (%)	10,89	9,09	8,82	8,55	8,28	8,01	7,74
Fibra Bruta (%)	5,05	5,04	5,04	5,04	5,03	5,03	5,03
Ca Total (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P disp (%)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Lisina (%) Digest.²	0,000	1,200	1,380	1,560	1,740	1,920	2,100
Met. + Cist (%) Digest. ²	0,000	0,816	0,938	1,061	1,183	1,306	1,428
Treonina Digest. (%) ²	0,000	0,960	1,104	1,248	1,392	1,536	1,680
Triptofano Digest. (%) ²	0,000	0,276	0,317	0,359	0,400	0,442	0,483
Isoleucina Digest. (%) ²	0,000	0,900	1,035	1,170	1,305	1,440	1,575
Arginina Digest. (%)	0,000	1,479	1,700	1,922	2,144	2,366	2,588
Relação Lis. Dig./ED g/Mcal)	0,000	0,400	0,460	0,520	0,580	0,640	0,700
Relação Met+Cist /LisinaDig.	0,000	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0
Relação Treonina./Lisina Dig.	0,000	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
Relação Triptofano./Lisina Dig.	0,000	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
Relação Isoleucina./Lisina Dig.	0,000	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0
Relação Arginina./Lisina Dig.	0,000	123,2	123,2	123,2	123,2	123,2	123,2

* Dieta isenta de proteína.

** Ração referência.

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 do milho e farelo de soja, farelo de trigo e da disponibilidade para o fósforo 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 dos 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.

Tabela 3 – Composição percentual dos teores de aminoácidos totais do milho, farelo de soja e farelo de trigo.

Aminoácido	Milho (%)	Farelo de soja (%)	Farelo de trigo (%)
Ácido Aspártico	0,63	6,38	1,20
Ácido glutâmico	1,36	9,07	2,93
Serina	0,38	2,52	0,69
Glicina	0,33	1,98	0,79
Histidina	0,24	1,27	0,41
Arginina	0,42	3,44	1,09
Treonina	0,28	1,84	0,49
Alanina	0,54	2,10	0,77
Prolina	0,66	2,51	0,98
Tirosina	0,26	1,54	0,45
Valina	0,39	2,29	0,72
Metionina	0,13	0,51	0,23
Cistina	0,11	0,57	0,25
Isoleucina	0,27	2,20	0,50
Leucina	0,75	3,42	0,90
Fenilalanina	0,33	2,36	0,60
Lisina	0,27	2,79	0,67
Triptofano	0,02	0,61	0,35

Para determinação da composição corporal, utilizou-se uma amostra inicial com cerca de 60 peixes, e no final do experimento todos os peixes de cada caixa, ambos após jejum de 24 horas. Os peixes foram insensibilizados, eutanasiados com overdose de benzocaína 200 a 500 mg/L e posteriormente congelados.

Após congelamento, os peixes (carcaças e vísceras) foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72hs, pré-desengordurados, moídos em processador comercial e acondicionados em recipientes identificados para análises laboratoriais. As amostras foram avaliadas quanto aos teores de proteína bruta e lipídeos, conforme procedimentos descritos por Detmann et al. (2012). As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

Os índices de desempenho, eficiência alimentar e deposições corporais avaliados consistiram em: consumo de ração (CR), consumo de lisina digestível (CLISD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência de lisina digestível para o ganho de peso (ELISD), deposições de proteína (DPC) e gordura corporal (DGC) e a eficiência de retenção de nitrogênio (ERN); e foram calculados de acordo com as equações abaixo:

- Consumo de ração (g) = ração consumida durante o período experimental (g);

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

As variáveis foram submetidas à análise estatística ao nível de cinco por cento de probabilidade. Para aquelas que apresentaram efeitos significativos dos níveis de lisina digestível, realizaram-se análises de regressão por meio de modelos linear e quadrático. Para a escolha do modelo de melhor ajuste, levou-se em consideração o valor de P (significância) e o R^2 (SQ do modelo/ SQ do tratamento). Para os parâmetros aos quais não foram observados ajustes significativos ($P > 0,05$) nos 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 SAEG– Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de qualidade de água se mantiveram de acordo com os padrões recomendados para peixes redondos, conforme preconizado por Gomes et al. (2010) e Mendonça et al. (2012). Com relação à temperatura da água, as máximas e mínimas mantiveram-se em torno de $26,36 \pm 0,73^{\circ}\text{C}$ e $24,66 \pm 0,62^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A concentração de oxigênio dissolvido na água ficou em torno de $9,4 \pm 0,26$ ppm, pH $6,7 \pm 0,44$ e amônia total $< 1,00$ ppm.

Com exceção do consumo de ração, os tratamentos influenciaram ($P < 0,05$) todas as variáveis de desempenho e eficiência alimentar (Tabelas 4 e 5). Contudo, não foi observado interação entre os níveis de lisina digestível e técnicas de formulação de rações, evidenciando que os efeitos atuaram de forma independente.

Tabela 4- Consumo de ração (CR), consumo de lisina digestível (CLISD), ganho de peso (GP) de alevinos de tambatinga e resumo da análise de variância comparando-se duas técnicas de formulação de ração em função dos níveis de lisina digestível.

LISD (%)	CR (g)			CLISD (mg)			GP (g)		
	DILU	SUPL	$\bar{x}$	DILU	SUPL	$\bar{x}$	DILU	SUPL	$\bar{x}$
1,200	22,56	23,83	23,19	270,66	285,98	278,32	11,89	10,82	11,36
1,380	23,28	22,79	23,03	321,24	314,46	317,85	12,25	10,35	11,30
1,560	23,46	23,09	23,27	365,99	360,17	363,08	17,20	15,15	16,18
1,740	23,34	23,45	23,39	406,08	408,04	407,06	14,16	16,26	15,21
1,920	22,72	22,63	22,68	436,21	434,53	435,37	17,34	14,75	16,04
2,100	23,71	23,49	23,60	497,88	493,22	495,55	15,39	12,91	14,15
$\bar{x}$	23,18	23,21		383,01	382,73		14,71 ^A	13,37 ^B	
<i>P > F</i>									
Técnica(T)	0,999			0,999			0,032		
Nível(N)	0,999			0,001			0,001		
N x T	0,999			0,999			0,233		
CV (%)	5,00			10,64			18,32		

CV (%) Coeficiente de variação.

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

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

A ausência de variação no consumo de ração demonstra que o único componente nutricional que influenciou nos efeitos observados nas demais variáveis foi à variação no consumo de lisina digestível, que aumentou de forma linear ($P < 0,01$) proporcionalmente à elevação de sua concentração (Tabelas 4 e 6) assemelhando-se com os dados obtidos por Silva et al. (2018), que também verificaram efeito linear ($P < 0,05$) para juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de lisina

digestível. Esta observação também é sustentada nas rações elaboradas utilizando-se à técnica de diluição das dietas, considerando-se que a lisina digestível é o primeiro aminoácido limitante para cada nível proteico testado, condicionando, desta forma, a utilização da proteína.

Tabela 5- Taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência de lisina digestível (ELISD) de alevinos de tambatinga e resumo da análise de variância comparando-se duas técnicas de formulação de ração em função dos níveis de lisina digestível.

LISD (%)	TCE (%/dia)			CA (g/g)			ELISD (g/g)		
	DILU	SUPL	$\bar{x}$	DILU	SUPL	$\bar{x}$	DILU	SUPL	$\bar{x}$
1,200	5,28	5,14	5,21	1,98	2,22	2,10	42,99	38,49	40,74
1,380	5,27	5,18	5,22	2,11	2,07	2,09	34,17	34,30	34,23
1,560	5,95	5,72	5,84	1,43	1,55	1,49	45,52	41,60	43,56
1,740	5,65	5,77	5,71	1,65	1,50	1,57	35,99	39,85	37,92
1,920	6,04	5,73	5,88	1,30	1,50	1,40	40,71	35,96	38,33
2,100	5,74	5,49	5,62	1,65	1,80	1,73	30,10	27,18	28,64
$\bar{x}$	5,65A	5,51B		1,69	1,78		38,24	36,23	
<i>P>F</i>									
Técnica(T)	0,054			0,276			0,246		
Nível(N)	0,001			0,001			0,001		
N x T	0,999			0,999			0,999		
CV (%)	5,76			19,22			19,62		

CV (%) Coeficiente de variação.

P>F - Significância do Teste "F" da análise de variância;

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

A técnica de formulação das rações experimentais apresentou efeito significativo para o ganho de peso ($P<0,05$) e taxa de crescimento específico ($P<0,06$). Peixes alimentados com dietas formuladas pela técnica da diluição apresentaram ganho de peso e taxa de crescimento específico superior em relação aos alimentados com rações formuladas pela técnica da suplementação dos aminoácidos (Tabela 4 e 5). Essa melhora pode ser explicada pela maior proporção de aminoácidos oriundos da digestão de fontes proteicas das rações experimentais em relação aos aminoácidos sintéticos, em virtude da absorção mais lenta e mais compatível à capacidade de utilização nos sítios de síntese proteica, minimizando, desta forma, o catabolismo (TAKISHITA, 2012).

Com o aumento nos teores de lisina na ração foi observado efeito quadrático ($P<0,01$) sobre o ganho de peso, estimando-se o nível de lisina digestível que otimizou esta variável em 1,80% (Tabela 4 e 6; Figura 1).

O resultado demonstra que níveis inferiores a 1,80% são limitantes para a deposição proteica. No caso dos animais alimentados com rações formuladas pela técnica de suplementação, por terem níveis de proteína similares, o aumento desta variável ocorreu pelo melhor balanço aminoacídico proporcionado pela sua suplementação. Este valor é superior ao encontrado por Abmorad et al. (2010), quando testaram diferentes níveis de lisina digestível em rações para alevinos de pacu (8,66 a 49,18g) identificando melhora significativa no ganho de peso com nível estimado em 1,64%.

Por outro lado, o nível estimado neste estudo aproxima-se aos 1,73% obtido por Silva et al. (2018), em experimento avaliando diferentes níveis de lisina digestível para tambaqui na faixa de peso entre 0,34 e 5,24g. Possivelmente essa diferença se deve ao critério estatístico utilizado para determinação do nível recomendado, uma vez que o nível de lisina foi estimado de forma intermediária obtida com os modelos quadrático + LRP.

Tabela 6- Equações de regressão ajustadas, valor de P, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis, consumo de lisina digestível (CLISD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA) e eficiência de lisina digestível (ELISD) de alevinos de tambatinga em função dos níveis de lisina digestível da ração.

Variável	Modelo	Equação	P>F	R ²	Exigência (%)
CLISD (mg)	Linear	$CLISD = -5,45197 + 235,348Lis$	0,001	0,99	-----
GP (g)	Quadrático	$GP = -29,8139 + 50,4309Lis - 13,9716Lis^2$	0,001	0,74	1,80
TCE (%/dia)	Quadrático	$TCE = -0,0462222 + 6,40273Lis - 1,75292Lis^2$	0,001	0,76	1,83
CA (g/g)	Quadrático	$CA = 7,72560 - 6,87095Lis + 1,89683Lis^2$	0,001	0,77	1,81
ELISD (g/g)	Quadrático	$ELISD = -23,4077 + 85,3121Lis - 28,4419Lis^2$	0,010	0,53	1,50

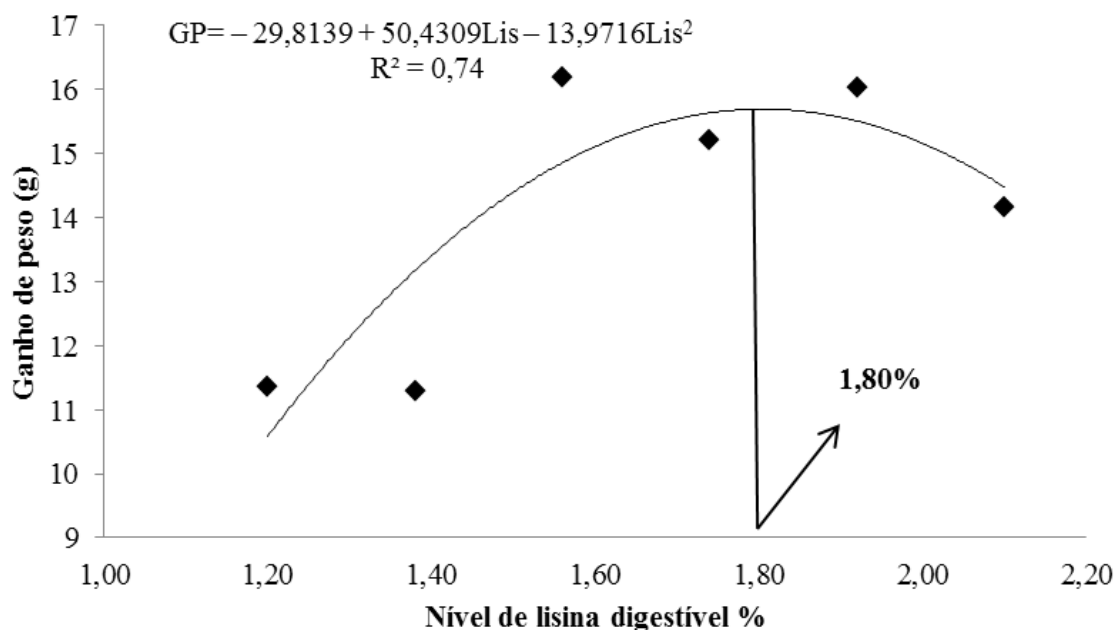


Figura 1- Representação gráfica do ganho de peso para alevinos de tambatinga em função do nível de lisina digestível da ração.

A taxa de crescimento específico aumentou de forma quadrática ($P < 0,05$) a partir da variação dos níveis de lisina digestível, com nível estimado de 1,83% (Tabelas 4 e 6; Figura 2). Essa melhora corrobora os resultados observados neste estudo para o ganho de peso, indicando uma melhor eficiência de aproveitamento da proteína pelos peixes para formação de tecido magro, haja vista que esta variável é o que mais influencia no incremento do peso corporal (LANNA et al., 2016).

Destaque-se que o nível de lisina digestível estimado (1,83%) foi observado para ambas às técnicas, mesmo com variação no teor de proteína bruta na formulação de rações pela técnica da diluição das dietas (32,41%) comparando-se com a técnica da suplementação dos aminoácidos (26,00%). Estes resultados corroboram as observações de Bomfim et al. (2008), Furuya et al. (2005) e Lima et al. (2015), nas quais constataram que a redução moderada dos teores de proteína bruta nas rações, desde que suplementada com aminoácidos sintéticos limitantes, não prejudicam o desempenho dos peixes.

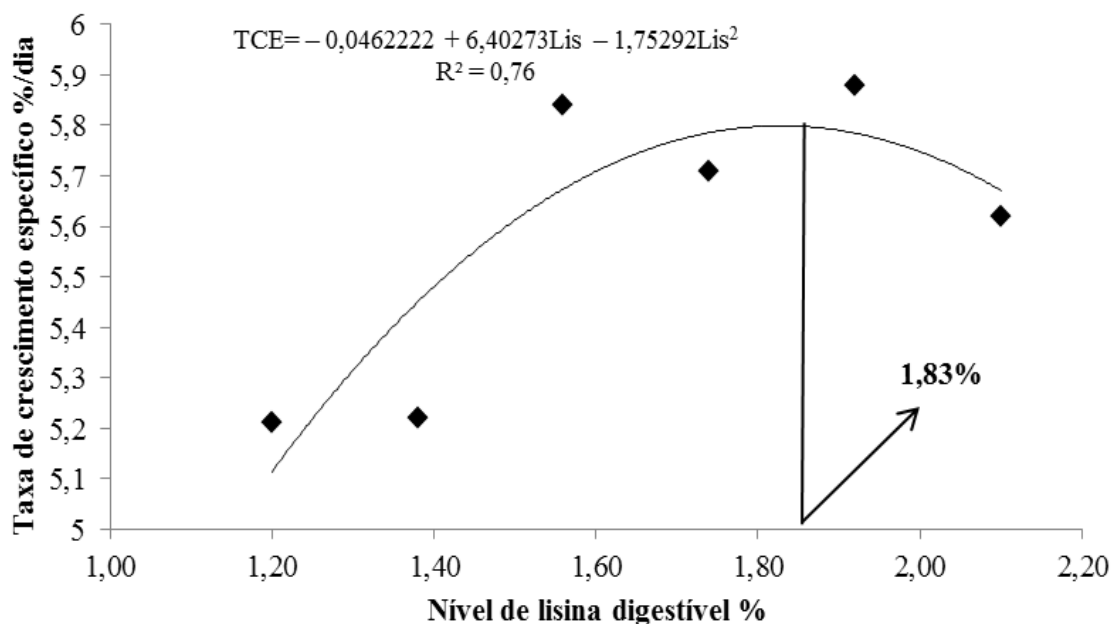


Figura 2- Representação gráfica da taxa de crescimento específico para alevinos de tambatinga em função do nível de lisina digestível da ração.

Para a conversão alimentar, observou-se efeito quadrático ($P < 0,01$) em função da elevação dos teores de lisina digestível, no qual foi estimado o nível de 1,81% para otimizar esta variável (Tabelas 4 e 5; Figura 3). Este nível é superior ao verificado por Abmorad et al. (2010), que avaliaram diferentes níveis de lisina digestível para juvenis de pacu, estimando a exigência mínima de 1,75%. Silva et al. (2018), em estudos para determinar a exigência de lisina digestível em rações para alevinos de tambaqui, não observaram ajuste em modelo de regressão para a conversão alimentar, entretanto, pelo teste de comparação de médias SNK, observaram uma melhora até o nível estimado de 1,66 %.

Para os peixes alimentados com rações formuladas com base na técnica da diluição das dietas, esperava-se que houvesse uma melhora significativa na conversão alimentar, haja vista que se observou maior ganho de peso para a referida técnica com consumo de ração similar entre as técnicas. Entretanto, a falta de uma diferença estatística para essa variável pode ter sido em função do coeficiente de variação obtido.

A eficiência de lisina digestível para ganho de peso variou de forma quadrática ($P < 0,05$) em função da elevação dos níveis de lisina digestível, onde o melhor nível foi estimado em 1,50% (Tabelas 5 e 6). Estes resultados demonstram que níveis inferiores a 1,50% são utilizados menos eficientemente, em função da elevação da proporção de

aminoácidos destinados aos processos de manutenção em detrimento à formação de proteína corporal. Acima desse valor, apesar do incremento do ganho de peso até o nível de 1,80%, a proporção de aminoácidos destinados ao catabolismo é aumentada. Estes dados corroboram com um estudo realizado por Marchão (2018), ao determinar a exigência de lisina para manutenção de tambaqui na fase de crescimento, onde o autor destaca que a exigência de lisina digestível para manutenção está diretamente relacionada com seu peso corporal.

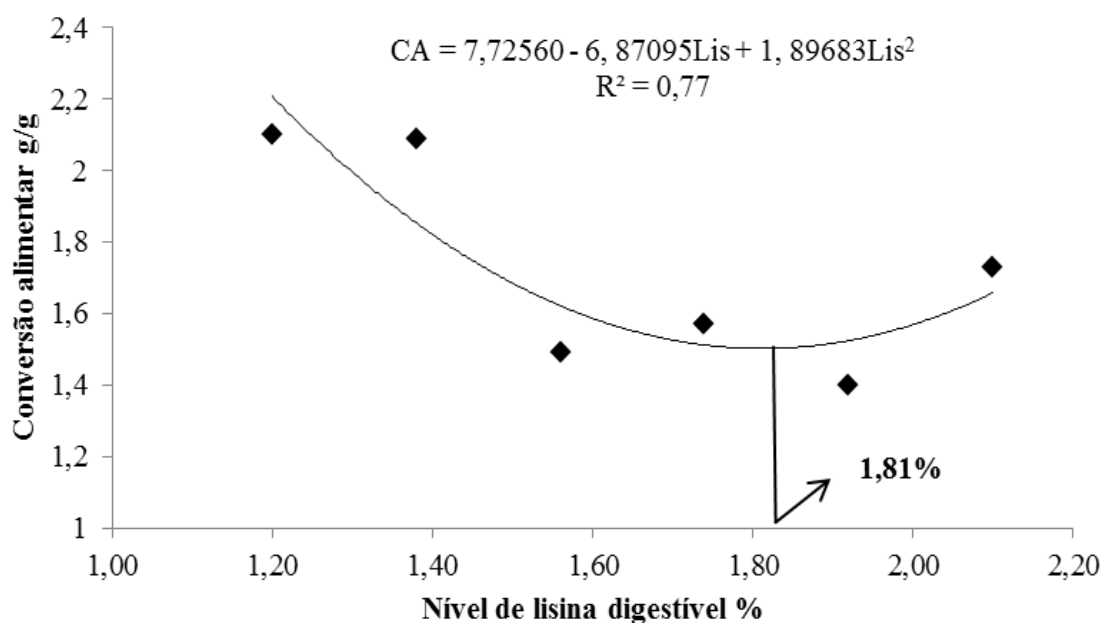


Figura 3- Representação gráfica conversão alimentar para alevinos de tambatinga em função do nível de lisina digestível da ração.

A partir da análise dos parâmetros de ganho de peso e conversão alimentar pode-se inferir que houve maior eficiência de utilização dos aminoácidos pelos peixes no nível de 1,80%. Isso se deve a premissa de que a elevação do consumo de lisina até esse nível proporcionou a adequação dos níveis nutricionais (técnica de diluição) ou o melhor balanceamento aminoacídico (técnica de suplementação), favorecendo a maior deposição proteica.

Considerando-se que o desbalanceamento dos aminoácidos nas dietas pode afetar diretamente o desempenho do animal (TAVARES DIAS & MORAES, 2004; BICUDO et al., 2009), deficiências ou excessos de aminoácidos consequentemente

interferem na utilização da fração nitrogenada, na composição química e no rendimento de carcaça dos peixes, implicando na diminuição da produção.

Rostagno et al. (2007) destacam que a exigência do animal para um determinado nutriente se dá no nível máximo de resposta da produção, contribuindo assim para o máximo ganho de peso e melhor deposição proteica. Além disso, a melhora na utilização dos aminoácidos em dietas formuladas com base no conceito de proteína ideal contribui para a diminuição da excreção de compostos nitrogenados ao ambiente e proporcionam resultados com maior acurácia a cerca de sua utilização (FURUYA et al., 2006; PERES & OLIVA-TELES, 2006; TAKISHITA et al., 2009; BOMFIM et al., 2010).

As deposições de proteína e gordura corporal foram influenciadas pelos tratamentos ($P < 0,05$), sendo que apenas para a deposição de proteína corporal não foi observado interação ($P > 0,05$) entre os níveis de lisina digestível e técnicas (Tabela 7).

Para a deposição de proteína corporal verificou-se efeito quadrático ($P < 0,01$), estimando-se o nível de lisina digestível que otimizou esta variável em 1,82% (Tabelas 7 e 8). Este resultado é inferior ao encontrado por Silva et al. (2018) que verificaram efeito significativo ($P < 0,05$) com nível estimado em 1,94%, e superior ao 1,61% determinado por Abimorad et al. (2010) em ensaios com juvenis de pacu.

A técnica de formulação das rações experimentais apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para a deposição de proteína corporal. Peixes alimentados com dietas formuladas pela técnica da diluição das dietas apresentaram valor superior em relação aos alimentados com rações formuladas pela técnica da suplementação dos aminoácidos (Tabelas 7 e 8), corroborando com o maior incremento observado no ganho de peso e taxa de crescimento específico e demonstrando que a utilização desta técnica parece ser mais vantajosa em relação à técnica da suplementação dos aminoácidos. Esta melhora provavelmente deve-se a maior eficiência de aproveitamento dos aminoácidos oriundos da digestão de fontes proteicas para a deposição de proteína corporal, em virtude da menor velocidade de digestão e absorção em relação aos aminoácidos sintéticos. A maior velocidade de absorção dos aminoácidos livres pode resultar em desequilíbrio temporário no *pool* de aminoácidos exigidos para a síntese de proteína corporal e, conseqüentemente, na formação de tecido magro (LANNA et al., 2016).

Com relação à deposição de gordura corporal observou-se interação ($P < 0,05$) entre os níveis de lisina e a técnica de formulação de rações. A elevação dos níveis de lisina digestível influenciou de forma quadrática ($P < 0,01$) nos peixes alimentados com

rações formuladas pela técnica da suplementação, elevando essa variável até o nível de 1,70% (Tabelas 7 e 8). Para os peixes alimentados com rações formuladas pela técnica da diluição das dietas não houve ajuste de modelos de regressão. Contudo, pelo teste de SNK, observou-se que peixes alimentados com rações contendo 1,56% de lisina digestível apresentaram maior deposição de gordura corporal.

Tabela 7- Deposição de proteína corporal (DPC), deposição de gordura corporal (DGC) e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) de alevinos de tambatinga e resumo da análise de variância comparando-se duas técnicas de formulação de ração em função dos níveis de lisina digestível.

LISD (%)	DPC (mg/dia)			DGC (mg/dia)			ERN (%)		
	DILU	SUPL	$\bar{x}$	DILU	SUPL	$\bar{x}$	DILU	SUPL	$\bar{x}$
1,200	28,01	25,08	26,55	23,55 ^{abA}	20,09 ^A	21,82	29,69 ^{abA}	21,55 ^B	25,62
1,380	28,58	23,42	26,00	19,16 ^{ba}	18,82 ^A	18,99	23,11 ^{cdA}	21,50 ^A	22,31
1,560	42,65	36,30	39,48	30,79 ^{aA}	24,92 ^B	27,85	33,31 ^{aA}	31,27 ^A	32,29
1,740	34,15	37,97	36,06	20,72 ^{bb}	28,09 ^A	24,40	25,43 ^{bcdB}	32,81 ^A	29,12
1,920	42,76	34,29	38,53	24,20 ^{abA}	24,22 ^A	24,21	29,23 ^{abcA}	30,80 ^A	30,01
2,100	37,91	31,11	34,51	20,49 ^{ba}	20,19 ^A	20,34	21,72 ^{bdA}	27,98 ^A	24,85
$\bar{x}$	35,68 ^A	31,36 ^B		23,15	22,72		27,08	27,65	
<i>P>F</i>									
Técnica(T)	0,009			0,999			0,999		
Nível(N)	0,001			0,001			0,001		
N x T	0,292			0,036			0,011		
CV (%)	20,20			21,06			20,24		

CV (%) Coeficiente de variação.

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

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

A variação da técnica de formulação de rações proporcionou deposições de gordura corporal similares entre os níveis de lisina digestível, com exceção dos peixes alimentados com 1,56% e 1,74%. Peixes alimentados pela técnica de suplementação apresentaram deposição de gordura corporal inferior aos da técnica de diluição no nível de 1,56% de lisina digestível, sendo o contrário observado nos peixes alimentados com rações contendo 1,74% de lisina digestível, conforme apresentado na Tabela 7.

A interação observada sobre a deposição de gordura corporal pode estar relacionada ao fato de níveis de lisina similares entre as técnicas apresentarem diferentes relações energia: proteína, influenciando, desta forma, o teor de energia líquida para a deposição de gordura corporal (BOMFIM et al., 2008; BOSCOLO et al., 2011).

Com relação à eficiência de retenção de nitrogênio, houve interação ($P < 0,05$) entre os níveis de lisina e a técnica de formulação de rações. A elevação dos níveis de lisina digestível influenciou esta variável em ambas as técnicas de formulação de rações. Para peixes alimentados com rações formuladas pela técnica da suplementação observou-se elevação de forma quadrática ($P < 0,01$) até o nível de 1,80% (Tabela 8), indicando que nesse nível ocorreu o melhor ajuste (balanceamento) aminoacídico. Para os peixes alimentados com rações formuladas pela técnica da diluição das dietas não houve ajuste de modelos de regressão. Contudo, pelo teste de SNK observou-se que peixes alimentados com rações contendo 2,10% de lisina digestível apresentaram pior retenção de nitrogênio, provavelmente em função do catabolismo proporcionado pelo nível excessivo de proteína (aminoácidos) e/ou menor relação energia: proteína.

Em geral, as técnicas proporcionaram eficiências de retenção de nitrogênio similares entre os níveis de lisina digestível, com exceção dos peixes alimentados com 1,20% e 1,74%. Observou-se ainda que peixes alimentados pela técnica de suplementação apresentaram eficiência na retenção de nitrogênio inferior aos da técnica de diluição no nível de 1,20% de lisina digestível, sendo observado o efeito inverso nos resultados para peixes alimentados com rações contendo 1,74% de lisina digestível conforme apresentado na tabela 7.

Tabela 8- Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis: deposição de proteína corporal (DPC), deposição de gordura corporal (DGC) e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) de alevinos de tambatinga em função dos níveis de lisina digestível da ração.

Variável	Técnica	Modelo	Equação	P>F	R ²	Exigência (%)
DPC (mg/dia)	-----	Quadrático	$DPC = -74,8119 + 123,444Lis - 33,8484Lis^2$	0,001	0,71	1,82
DGC (mg/dia)	SUPL	Quadrático	$DGC = -60,1973 + 100,742Lis - 29,5717Lis^2$	0,004	0,62	1,70
ERN (%)	SUPL	Quadrático	$ERN = -76,7659 + 120,645Lis - 33,5985Lis^2$	0,005	0,79	1,80

CONCLUSÃO

A recomendação do nível de lisina digestível em rações para alevinos de tambatinga que otimiza o ganho de peso e deposição de proteína corporal é de 1,80%, correspondente a 1,89% de lisina total, e a técnica de diluição pode ser utilizada na formulação de rações experimentais para determinar a exigência de aminoácidos.

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.
- BICUDO, A. J.A.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E.P. Dietary lysine requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Aquaculture**, v. 297, p. 151–156, 2009.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para 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.; DONZELE, 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 tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.1-8, 2010.
- 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.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.
- DIAS, M.K.R.; TAVARES-DIAS M.; MARCHIORI N.: First report of *Linguadactyloides brinkmanni* (Monogenea: Linguadactyloidea) on hybrids of *Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus* (Characidae) from South America. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.16, p. 61-64, 2012.
- D'MELLO J.P.F. A comparison of two empirical methods of determining amino acid requirements. **World's Poultry Science Journal**, v. 38, p.114–119, 1982.
- FISHER, C.; MORRIS,TR. The determination of the methionine requirements of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v.11, p.67-82, 1970.

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**, v. 35, p. 937-942, 2006.

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

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

GOUS, R.M. An improved method for measuring the response of broiler chickens to increasing dietary concentrations of an amino acid. In: European Poultry Conference, 6., 1980, Hamburg. **Proceedings**. Hamburg: World's Poultry Science Association. 1980, v.3, p.32-39.

LANNA, E. A. T.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; QUADROS, M. Feeding Frequency of Nile tilapia fed rations supplemented with amino acids. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 458-464, abr- jun, 2016.

LIMA, C.S.; BOMFIM, M.A.D.; SIQUEIRA, J.C, RIBEIRO, F.B.; LANNA, E.A.T.: crude protein levels in the diets of tambaqui *Colossoma macropomum* (curvier, 1818), fingerlings. **Revista Caatinga**, v.29, n.1, p.183-190, 2015.

MARCHÃO, S. R. Exigências de lisina para manutenção de tambaqui. **Dissertação (Ciência Animal)** - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha-MA, 2018.

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

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

PERES, H.; OLIVA-TELES, A. Effect of the dietary essential to non-essential amino acid ratio on growth, feed utilization and nitrogen metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 256, p.395-402, 2006.

PRADO, S. ASSIS: Exigência de lisina de juvenis de Surubim (*Pseudoplatystoma* spp). (Dissertação de Mestrado- Universidade Federal de Minas Gerais), Belo Horizonte, 2011.

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.

ROSTAGNO, H.S. ALBINO, L.. 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**. 3ª ed. Viçosa, MG: UFV. Departamento de zootecnia, 2011, 252p.

SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SILVA, C.S.; BOMFIM, M.A .D.; LANNA,E. A. T.; RIBEIRO,F. B.; SIQUEIRA, J.C.; SOUSA, T.J.R.; MARCHÃO, R. S.; NASCIMENTO, D. C. N. Lysine requerimento for tambaqui juveniles. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 39, n.5, p.2157-2168, set-out, 2018.

SIQUEIRA, J. C. Estimativas das exigências de lisina de frangos de corte pelos métodos dose resposta e fatorial. **Tese** (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009. Bibliografia. Jaboticabal, 2009. 154p.

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.

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.

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

TAVARES-DIAS, M. & MORAES, F. R. **Hematology of teleosts fish. 1. ed.:** Villimpress, Ribeirão Preto, 2004. 144 pp.

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



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

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "TÉCNICAS DE FORMULAÇÃO DE RAÇÕES EXPERIMENTAIS E EXIGÊNCIAS DE LISINA E METIONINA MAIS CISTINA DIGESTÍVEL EM RAÇÕES PARA ALEVINOS DE TAMBATINGA (*Colossoma macropomum* X *Piaractus brachypomum*)", registrada com o nº 23115.002771/2016-15, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Marcos Antonio Delmontes Bomfim 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 em reunião de 19/12/2016

FINALIDADE	() ENSINO (X) PESQUISA () EXTENSÃO
Vigência da autorização	01/08/2016 a 01/08/2018
Espécie/linhagem/raça	Tambatinga (<i>Colossoma macropomum</i> X <i>Piaractus brachypomum</i>)
Nº de animais	4000
Peso/Idade	Alevinos em torno de 1g
Sexo	Macho e Fêmea
Origem	PROAQ - Projeto de Aquicultura LTDA / Companhia Pesqueira São Raimundo / Rafaela de Melo e Alvim de Jesus Tavares

Lucilene Amorim Silva

Profª. Dra. Lucilene Amorim Silva
 Presidente da Comissão de Ética no uso de animais-CEUA
 UFMA