



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

**EXIGÊNCIA DE LISINA DIGESTÍVEL PARA PANGA
(*Pangasius hypophthalmus*) COM BASE NO
CRESCIMENTO, DEPOSIÇÃO CORPORAL, HEMATOLOGIA
E VARIÁVEIS METABÓLICAS**

VANESSA FERREIRA BATISTA

Chapadinha – MA
2024

VANESSA FERREIRA BATISTA

**EXIGÊNCIA DE LISINA DIGESTÍVEL PARA PANGA
(*Pangasius hypophthalmus*) COM BASE NO
CRESCIMENTO, DEPOSIÇÃO CORPORAL, HEMATOLOGIA
E VARIÁVEIS METABÓLICAS**

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

Orientador: Prof. Dr. Felipe
Barbosa Ribeiro

Co-orientador: Dr. Rafael
Silva Marchão

Chapadinha - MA
2024

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

Ferreira Batista, Vanessa.

Exigência de Lisina digestível para Panga Pangasius hypophthalmus com base no crescimento, deposição corporal, hematologia e variáveis metabólicas / Vanessa Ferreira Batista. - 2024.

69 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro Dr. Rafael Silva Marchão.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência Animal/ccch, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2024.

1. Aminoácido essencial. 2. Desempenho. 3. Proteína.
4. Requerimento nutricional. I. Dr. Rafael Silva Marchão, Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro. II. Título.

VANESSA FERREIRA BATISTA

**EXIGÊNCIA DE LISINA DIGESTÍVEL PARA PANGA
(*Pangasius hypophthalmus*) COM BASE NO
CRESCIMENTO, DEPOSIÇÃO CORPORAL, HEMATOLOGIA
E VARIÁVEIS METABÓLICAS**

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

Aprovada em 28 /02/2024

BANCA EXAMINADORA

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

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

Profa. Dra. Sylvia Sanae Takishita
Universidade de Mogi das Cruzes (UMC)

DEDICO

À Deus, minha base, fortaleza e fonte de misericórdia. À minha família, em especial minha mãe, pai e avó. Às amizades construídas ao longo dessa trajetória e professores-orientadores pela confiança depositada.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todos os livramentos, força, misericórdia e amor. Sem Ele nada disso teria sido possível, pois Ele quem me amparou quando ninguém sabia e podia.

Agradeço de todo coração à minha mãe, símbolo de garra, perseverança e bondade. Se ainda continuo a lutar, é devido a vontade de compensar tudo que já fizestes por mim. Te amo eternamente! Meus agradecimentos se estendem a meu pai, avó e irmão, pessoas que sempre me auxiliaram com palavras de ânimo, lembrando o motivo de eu estar aqui. Amo vocês!

Ao meu orientador Prof. Dr. Felipe Ribeiro e meu orientador adotivo, Prof. Dr. Marcos Bomfim, pela confiança, ensinamentos e puxões de orelha. Vocês são pessoas brilhantes.

Aos membros do grupo LANUMA, por todo acolhimento, risos, auxílio e experiências, em especial Vanilisa, Milena, Gabi, Vinícius, Maiane e Luana.

Não poderia deixar de agradecer por todo carinho, irmandade e parceria de Maylanne, Geise, Maylla, Seu Manoel, Seu Gilmar e Dona Sula. Obrigada de coração por terem me recebido em suas casas e família, além de todo apoio prestado. Vou levar vocês comigo por onde for.

Jamais poderia deixar de agradecer ao meu amigo e coorientador, Dr. Rafael Marchão, que durante essa caminhada foi meu guia, apoio técnico e emocional, além de fonte inesgotável de paciência, conhecimento e humildade. Obrigada, meu amigo! Você é um verdadeiro anjo na vida das pessoas e merece as melhores dádivas.

Ao meu amigo querido, Antônio Barbosa (*In memoriam*), por me mostrar o quão intenso devemos viver e fazer a diferença com o que temos. Obrigada por estar comigo em dias difíceis durante a graduação e se fazer presente nessa etapa também. Amo você, meu amigo “véi”.

À Tomaz, secretário do curso, por todo auxílio prestado.

À equipe da limpeza e vigilância, sempre muito prestativos e alerta. Obrigada por todo zelo e segurança.

Aos colaboradores Me. Gilmar Pereira, Prof. Dr. Fernando Melo, Prof. Dr. Carlos Copatti, Profa. Dra. Dáphinne Nascimento e Profa. Dra. Sanae Takishita pela disponibilidade e auxílios cruciais para concretização desse trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa e Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA, pelo recurso financiador do projeto de pesquisa.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	3
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	3
1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVO	6
2.1 Objetivo geral	6
2.2 Objetivos específicos	6
3. REVISÃO DE LITERATURA	7
3.1. Piscicultura no Brasil.....	7
3.2. Panga (<i>Pangasius hypophthalmus</i>)	8
3.3. Proteínas e aminoácidos	10
3.4. Lisina na nutrição de peixes	12
3.5. Parâmetros hematológicos, hepáticos e bioquímicos na nutrição de peixes.....	15
REFERÊNCIAS.....	16
CAPÍTULO 2	24
EXIGÊNCIA DE LISINA DIGESTÍVEL PARA PEIXE PANGA (<i>Pangasius hypophthalmus</i>) COM BASE NO CRESCIMENTO, DEPOSIÇÃO CORPORAL, HEMATOLOGIA E VARIÁVEIS METABÓLICAS.....	24
1. INTRODUÇÃO	27
2. MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1. Uso ético de animais	29
2.2. Animais e condições experimentais	29
2.3. Dietas experimentais	30
2.4. Ensaio de digestibilidade	33
2.5. Cálculos de desempenho de crescimento.....	33
2.6. Coleta de amostras	34
2.7. Análises hematológicas e hepáticas.....	35
2.8. Análises de composição corporal	36
2.9. Análises estatísticas.....	37
3. RESULTADOS.....	37

3.1. Valores dos aminoácidos totais analisados e digestíveis das dietas	37
3.2. Desempenho zootécnico	27
3.3. Composição e deposição corporal.....	27
3.4. Variáveis bioquímicas e hematológicas.....	29
4. DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS.....	37
ANEXOS	48

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1		p.
Tabela 1	Aminoácidos essenciais e não essenciais, seguidos de suas abreviações	11
Tabela 2	Exigência de lisina (% da dieta) para peixes carnívoros e onívoros	14
Capítulo 2		
Tabela 1	Composição percentual e química das dietas experimentais com diferentes níveis de Lisina (Lis)	32
Tabela 2	Composição analisada dos aminoácidos totais e digestíveis (g kg ⁻¹)	38
Tabela 3	Desempenho de Panga alimentados com dietas contendo níveis crescentes de Lis digestível durante 60 dias	39
Tabela 4	Composição e deposições corporais de Panga alimentados com dietas contendo níveis crescentes de Lis digestível durante 60 dias	41
Tabela 5	Metabólicos do sangue e fígado de Panga alimentados com dietas contendo níveis crescentes de Lis digestível durante 60 dias	43
Tabela 6	Variáveis hematológicas de Panga alimentados com dietas contendo níveis crescentes de Lis digestível durante 60 dias	44

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2		p.
Figura 1	Representação gráfica do ganho de peso (GP), taxa de conversão alimentar (TCA), taxa de crescimento específico (TCE) e consumo de ração (CR) em função de diferentes níveis de Lis digestível nas dietas para Panga (<i>Pangasius hypophthalmus</i>)	39
Figura 2	Representação gráfica da deposição de proteína corporal (DPC), deposição de gordura corporal (DGC), deposição de cinza corporal (DCZ) e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) em função de diferentes níveis de Lis digestível nas dietas de Panga (<i>Pangasius hypophthalmus</i>)	41
Figura 3	Atividade da enzima Aspartato Aminotransferase (AST), glicogênio e proteínas totais (PT) em função dos níveis de Lis digestível nas dietas para Panga (<i>Pangasius hypophthalmus</i>)	43

RESUMO

A lisina (Lis) é o aminoácido essencial encontrado em maior proporção na carcaça dos peixes, com função quase que exclusiva para deposição de proteína corporal e geralmente é limitante em dietas de origem vegetal. Objetivou-se estimar a exigência de Lis digestível para Panga ($3,20 \pm 0,05$ g). Foram formuladas seis dietas, com diferentes níveis de Lis total, sendo 11,00, 14,00, 17,00, 20,00, 23,00, 26,00 g kg⁻¹ (correspondente a 9,14, 12,54, 15,64, 18,94, 22,44, 24,12 g kg⁻¹ de Lis digestível) oferecidas até a saciedade aparente, em Delineamento Inteiramente Casualizado, durante 60 dias. Avaliou-se o desempenho zootécnico, deposições corporais, hematologia e variáveis metabólicas. De acordo com a regressão quadrática ($p < 0,05$), o peso final, ganho de peso, ganho de peso relativo, taxa de conversão alimentar e taxa de crescimento específico, apresentaram os melhores resultados aos níveis estimados de 16,75; 16,76; 16,78; 17,17 e 16,60 g kg⁻¹ Lis digestível respectivamente. Os teores de proteína bruta, cinza e gordura, foram afetados de quadrática ($p < 0,05$) até os níveis de 18,59; 19,50 e 16,30 g kg⁻¹ Lis digestível, respectivamente. As deposições de proteína, cinza e gordura corporais, e eficiência de retenção de nitrogênio, aumentaram de forma quadrática ($p < 0,05$) até a concentração de 17,93; 16,94; 17,43 e 18,33 g kg⁻¹ Lis digestível, respectivamente. A atividade da enzima hepática Aspartato Aminotransferase reduziu de forma quadrática ($p < 0,05$) ao nível estimado de 17,18 g kg⁻¹ de Lis digestível. Os valores de glicogênio hepático e proteínas totais variaram de forma quadrática até os níveis estimados de 18,33 e 18,73 g kg⁻¹ Lis digestível, respectivamente. Os níveis de Lis dietéticos também afetaram de forma quadrática ($p < 0,05$) a contagem de eritrócitos e a concentração de hemoglobina corpuscular até os níveis estimados de 18,46 e 16,18 g kg⁻¹ Lis digestível, respectivamente. Os parâmetros bioquímicos plasmáticos sanguíneos não foram afetados ($p > 0,05$). Conclui-se que a exigência de Lis digestível para Panga é 17,93 g kg⁻¹ Lis digestível, correspondendo 5,98% da PB da dieta.

PALAVRAS-CHAVE: Proteína; desempenho; aminoácido essencial; requerimento nutricional.

ABSTRACT

Lysine (Lys) is the essential amino acid found in the highest proportion in fish carcasses, with an almost exclusive function for the deposition of body protein and is generally limiting in diets of plant origin. The objective was to estimate the digestible Lys requirement for Panga (3.20 ± 0.05 g). Six diets were formulated, with different levels of total Lis, being 11.00, 14.00, 17.00, 20.00, 23.00, 26.00 g kg⁻¹ (corresponding to 9.14, 12.54, 15.64, 18.94, 22.44, 24.12 g kg⁻¹ of digestible Lys) offered until apparent satiety, in a Completely Randomized Design, for 60 days. Referring to zootechnical performance, body deposition, hematology and metabolic variables. According to quadratic regression ($p < 0.05$), final weight, weight gain, relative weight gain, feed conversion rate and specific growth rate obtained the best results at estimated levels of 16.75; 16.76; 16.78; 17.17 and 16.60 g kg⁻¹ digestible Lys respectively. Crude protein, ash and fat contents were affected quadratically ($p < 0.05$) up to levels of 18.59; 19.50 and 16.30 g kg⁻¹ digestible Lys, respectively. Protein, ash and body fat depositions, and nitrogen retention efficiency, increased quadratically ($p < 0.05$) up to a concentration of 17.93; 16.94; 17.43 and 18.33 g kg⁻¹ digestible Lys, respectively. The activity of the liver enzyme Aspartate Aminotransferase, quadratically impaired ($p < 0.05$) at the estimated level of 17.18 g kg⁻¹ of digestible Lys. The values of liver glycogen and total proteins varied quadratically to estimated levels of 18.33 and 18.73 g kg⁻¹ digestible Lis, respectively. Dietary Lys levels also quadratically ($p < 0.05$) affected erythrocyte count and corpuscular hemoglobin concentration up to estimated levels of 18.46 and 16.18 g kg⁻¹ digestible Lys, respectively. Blood plasma biochemical parameters were not affected ($p > 0.05$). It is concluded that the digestible Lys requirement for Panga is 17.93 g kg⁻¹ of digestible Lys, corresponding to 5.98% of the dietary CP.

KEYWORDS: Protein; performance; essential amino acid; nutritional requirement.

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

A proteína é o macronutriente mais caro em dieta para peixes. Todavia, uma dieta formulada apenas com base em proteína bruta, pode não garantir crescimento satisfatório, uma vez que, os peixes não possuem exigência metabólica em proteína, mas sim de aminoácidos essenciais e não essenciais (Wilson, 2002; Wu, 2013; Bomfim et al., 2010; Marchão et al., 2020).

Entre os aminoácidos essenciais, parte significativa dos estudos têm sido voltados para a determinação da exigência de lisina, pois é o aminoácido encontrado em maior proporção na carcaça dos peixes, além de ser um dos aminoácidos mais limitantes em dietas para peixes, principalmente quando se utiliza alimentos de origem vegetal, e sua rota metabólica é quase que exclusiva para a deposição de proteína corporal em peixes (Abimorad et al., 2010; NRC, 2011).

A espécie *Pangasius hypophthalmus*, é um bagre de água doce, oriundo do Vietnã, conhecido globalmente por Panga, Bagre Listrado, Peixe-Gato, Tra e Bagre Sutchi (Phan et al., 2009; Karl et al., 2010; Guimarães et al., 2016). É um dos peixes mais cultivados no mundo, com produção e exportação concentrada no continente asiático, destacando-se a China, Tailândia, Myanmar, Vietnã e Bangladesh (FAO, 2020; Naylor et al., 2021; Peixe BR, 2022; Macedo et al. 2023).

O Panga apresenta hábito alimentar onívoro e respiração aérea facultativa, que lhe confere resistência à baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (Gasparotto et al., 2011). Além disso, sua carne é firme e sem espinhas, com expressivo rendimento de filé (FAO, 2018; Mugaonkar et al., 2019; Hoque et al. 2021). Entretanto, apesar da sua importância global na piscicultura, são escassos os estudos sobre suas

exigências nutricionais, em especial de lisina (Rachmawati; Nurhayati, 2022; Rachmawati et al., 2023).

Assim, realizou-se este trabalho com o objetivo de determinar a exigência de lisina digestível para *Pangasius hypophthalmus*, com base no desempenho zootécnico, composição corporal, hematologia e variáveis metabólicas.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

- Determinar a exigência de Lisina digestível em dietas para Panga (*Pangasius hypophthalmus*) com base no crescimento, deposição corporal, hematologia e variáveis metabólicas.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a exigência de Lisina digestível em dietas para Panga (*Pangasius hypophthalmus*), avaliando seus efeitos sobre o desempenho de crescimento e deposição corporal;
- Avaliar os efeitos da variação dos níveis de Lisina digestível sobre parâmetros hematológicos e hepato-bioquímicos em dietas para Panga (*Pangasius hypophthalmus*).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Piscicultura no Brasil

A piscicultura é um ramo que gera fonte de renda e mantém cerca de 3 milhões de pessoas empregadas, movimentando de forma crescente a economia brasileira (Peixe BR, 2022). O Brasil é o 4º maior produtor mundial de peixes, gerando exportações e benefícios para a economia do país. O aumento de demanda da piscicultura é atribuído principalmente ao consumo brasileiro, o que gerou no ano de 2021 cerca de 841.005 toneladas de produção, culminando em um crescimento de 4,7% em comparação ao ano de 2020, onde foram produzidas 802.930 toneladas (Peixe BR, 2022).

A exportação de peixes inteiros, congelados, filés e refrigerados oriundos da piscicultura brasileira para os Estados Unidos, Colômbia, China e Chile também apresentou um aumento expressivo no ano de 2021, com um acréscimo de 78% em relação ao ano de 2020, indicando significativo crescimento da demanda por produtos provenientes da piscicultura, sinalizando cenários produtivos favoráveis à produção de peixes (Comexstat, 2022; Peixe BR, 2022).

No ranking global de espécies mais cultivadas destacam-se a Tilápia, Pangásius e Salmão (FAO, 2020; Peixe BR, 2022). Já no Brasil, os peixes exóticos mais representativos para a piscicultura são Tilápia, Carpas, Trutas e Pangásius, e dentre as espécies nativas o Tambaqui. O destaque do Pangásius na piscicultura brasileira é devido a liberação do seu cultivo nos estados, tendo se destacado principalmente na região Nordeste, onde cresceu 17% em 2021, em relação ao ano de 2020 (Comexstat, 2022; Peixe BR, 2022).

Diante disso, a piscicultura brasileira é uma atividade que apresenta grande potencial de expansão produtiva, haja vista os números expressivos em termos de produção, demanda do mercado consumidor, economia e exportação. Nesse contexto, para possibilitar o crescimento da piscicultura brasileira, o desenvolvimento e a adoção de novas tecnologias se fazem necessários, aliados ao conhecimento das espécies que possuem alto potencial de cultivo (Silva et al., 2018), bem como a espécie *Pangasius hypophthalmus* (Ha et al., 2020; Souza et al., 2020; Peixe BR, 2022).

3.2. Panga (*Pangasius hypophthalmus*)

A espécie *Pangasius hypophthalmus* é um bagre de água doce, pertencente à família Pangasiidae, conhecido ao redor do mundo como Panga, Bagre Listrado, Peixe Gato, Tra e Bagre Sutchi e é nativo do rio Mekong no Vietnã (Phan et al., 2009; Karl et al., 2010; Guimarães et al., 2016).

O Panga possui respiração aérea facultativa, podendo adquirir oxigênio (O₂) da água por meio das brânquias e do ar atmosférico através da bexiga natatória, órgão altamente vascularizado que serve de aparato para trocas gasosas em algumas espécies (Gasparotto et al., 2011). Esse atributo facilita seu cultivo em locais pequenos e com maior estocagem de indivíduos (120 peixes/m²), pois a espécie resiste a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (variando de 0,05 a 0,10 mg/litro) (FAO, 2018; Mugaonkar et al., 2019), permitindo que os piscicultores consigam uma boa produtividade comercial com menor custo de produção.

Diferente de algumas espécies de bagre, como *Pangasius Bocourt*, que possui hábito alimentar carnívoro (Hung et al., 1999), a espécie *Pangasius hypophthalmus* é

descrita como onívora (Hung e Huy, 2007; Orban et al., 2008; Fishbase, 2019), apesar da sua estrutura gastrointestinal curta, semelhante a encontrada em peixes carnívoros.

Quando em seu ambiente natural, alimenta-se de zooplâncton, fauna e algas presentes no local (Allama et.al., 2020). Já quando cultivado em cativeiro, é alimentado com dietas a base de ingredientes de origem vegetal (Hung et al., 2003; Phumee et al., 2011), o que reduz o custo de produção. Nesse contexto, devido ao hábito alimentar onívoro, por possuir respiração aérea facultativa e apresentar rápido crescimento, a espécie possui grande potencial produtivo para se tornar a principal fonte de renda para produtores que se beneficiam da piscicultura (Khan et al., 2018; Peixe BR, 2022; Macedo et al., 2023).

A espécie foi introduzida no Brasil no ano de 2009 e desde então agradou ao consumidor brasileiro por possuir características consideradas agradáveis ao paladar, como textura firme, pouca espinha e cor branca (Guimarães et al., 2016). O custo-benefício em relação a outras espécies também foi outro fator que facilitou sua aceitação no país, pois é mais barato em relação a algumas espécies de peixes vendidos no mercado nacional (Pincinato, 2022).

Em 2021, a maior contribuição comercial envolvendo o Panga no Brasil, foi advinda da sua distribuição comercial no Nordeste, que apesar de enfrentar as medidas impostas pelo período da pandemia, conseguiu o aumento de 17% de produção em conjunto a outras espécies (Peixe BR, 2022).

3.3. Proteínas e aminoácidos

A proteína é um macronutriente formado por aminoácidos unidos por ligações peptídicas, sendo considerado o composto orgânico mais caro das dietas (NRC, 2011; Lima et al., 2015; Batista et al., 2024). As proteínas desempenham papéis importantes no organismo animal, como substrato para produção de enzimas, anticorpos, hormônios e tecido muscular, atendendo as necessidades básicas e vitais dos animais (Fracalossi e Cyrino, 2013; Batista et al., 2024).

A proteína está presente nos tecidos de todos os animais, sendo considerada o principal componente da estrutura corporal e visceral do organismo (Wu, 2013). No entanto, para a devida utilização da proteína da dieta, são necessários processos fisiológicos e metabólicos que envolvem desde a digestão da macromolécula até a absorção dos peptídeos e aminoácidos pelos enterócitos e transporte pela corrente sanguínea, até a chegada nas células (Wilson, 2002; NRC, 2011; Batista et al., 2024).

Os peixes, assim como os animais terrestres, não possuem exigência metabólica no que diz respeito a proteína, mas sim de um equilíbrio entre os aminoácidos essenciais e não essenciais (Wilson, 2002) que, dentre os mais de 200 existentes na natureza, somente um total de 20 aminoácidos são comumente encontrados como componentes das proteínas corporais, sendo 10 aminoácidos essenciais e os demais aminoácidos não essenciais (Wilson, 2002; McDonald et al., 2010; NRC, 2011; Craig, 2017; Batista et al., 2024).

Os aminoácidos essenciais são aqueles que não podem ser sintetizados pelo organismo animal, ou apresentam uma síntese lenta em relação a exigência metabólica do animal, sendo estes obrigatórios no fornecimento na dieta. Enquanto que os não essenciais, são aqueles sintetizados pelo organismo do animal, utilizando

como substrato outro aminoácido proveniente da dieta (Li et al., 2009; NRC, 2011; Cavalheiro et al., 2014; Rodrigues, 2019; Batista et al., 2024). A classificação dos aminoácidos essenciais e não essenciais estão representados na tabela 1.

Tabela 1. Aminoácidos proteicos essenciais e não essenciais, seguidos de suas abreviações

Aminoácidos essenciais	Abreviação	Aminoácidos não essenciais	Abreviação
Lisina	Lys	Cistina	Cys
Metionina	Met	Tirosina	Tyr
Treonina	Thr	Glicina	Gly
Triptofano	Trp	Serina	Ser
Valina	Val	Alanina	Ala
Histidina	His	Aspartato	Asp
Isoleucina	Ile	Glutamino	Glu
Leucina	Leu	Prolina	Pro
Arginina	Arg	Asparagina	Asn
Fenilalanina	Phe	Glutamato	Gln

Adaptado: NRC (2011)

A lisina é um dos primeiros aminoácidos essenciais limitantes em ingredientes vegetais, como milho, usado na formulação de dietas para peixes, além de ser encontrada em grande proporção na carcaça desses animais (Furuya et al., 2004). Desse ponto de partida, a lisina - assim como metionina, treonina e triptofano - são alvos de estudos constantes, pois em quantidades balanceadas, proporciona maior ganho de peso, deposição de proteína e melhora na conversão alimentar (Berge et al., 1998; Furuya et al., 2006; Silva et al., 2018; Marchão et al., 2020; Batista et al., 2024).

O crescimento dos peixes está condicionado ao fornecimento dos aminoácidos dietéticos, tomando como base os valores digestíveis (Furuya et al., 2001; Batista et al., 2024), uma vez que dietas formuladas levando em conta apenas o teor de proteína bruta pode não garantir o atendimento das exigências de todos os aminoácidos,

principalmente os essenciais, limitando o desenvolvimento do animal (Bomfim, 2013). Enquanto que seu excesso promove redução no desempenho, devido à necessidade da excreção de resíduos nitrogenados no ambiente aquático com elevado custo energético (Botaro et al., 2007; Cyrino, 2010; NRC, 2011; Bomfim, 2013; Batista et al., 2024).

Uma forma de minimizar a deficiência do aminoácido essencial na dieta é a suplementação deste aminoácido na forma sintética. Já o efeito ocasionado pelo excesso de aminoácidos na dieta, pode ser minimizado com a redução da proteína bruta na dieta e a suplementação dos aminoácidos limitantes na forma sintética, proporcionando o balanceamento entre os aminoácidos (Botaro et al., 2007; Quadros et al., 2009; Batista et al., 2024).

3.4. Lisina na nutrição de peixes

A lisina é o aminoácido essencial com maior número de estudos na nutrição de peixes, pelo fato de ser encontrada em maior proporção na carcaça desses animais, uma vez que, apresenta função quase que exclusiva na deposição de proteína corporal (NRC, 2011; Kim e Lall, 2000; Abimorad et al., 2010; Marchão et al., 2020; Batista et al., 2024). Dentre todos os aminoácidos essenciais, a lisina geralmente é um dos primeiros limitantes, principalmente quando a fonte proteica é de origem vegetal (da Costa Sousa et al., 2021; Batista et al., 2024).

A lisina, assim como a metionina, participa da síntese da carnitina, molécula que atua como transportadora dos ácidos graxos para a mitocôndria, onde ocorre a geração de energia através da β -oxidação (Adabi et al., 2011; Batista et al., 2024). Além disso, esse aminoácido indispensável, assim como a leucina, é um aminoácido

cetogênico, sendo incapaz de ser precursor da glicose através do seu esqueleto carbônico. Contudo, pode produzir corpos cetônicos, gerando moléculas intermediárias como acetoacetil-CoA ou acetil-CoA, importantes componentes para síntese de energia metabólica (Nelson e Cox, 2011; Campelo et al., 2018; Batista et al., 2024).

A suplementação de lisina em dietas deficientes neste aminoácido para peixes, proporciona aumento no ganho de peso, melhora da conversão alimentar, redução de gordura na carcaça e maior retenção de nitrogênio (Marchão et al., 2020; Teixeira et al., 2020; Batista et al., 2024). Em contrapartida, sua deficiência na dieta proporciona impacto negativo no desempenho de peixes, devido a limitação de síntese proteica (Wilson, 2002; Furuya et al., 2004; NRC, 2011; Batista et al., 2024). Já o excesso de lisina provoca catabolismo, devido a incapacidade de armazenamento dos aminoácidos e competição por sítios de absorção em função da semelhança na estrutura química com arginina, além de promover a excreção de compostos nitrogenados no ambiente aquático, provocando eutrofização (NRC, 2011; Bomfim, 2013; Batista et al., 2024). Assim, para que a suplementação seja adequada, é imprescindível o conhecimento sobre o requerimento aminoacídico dietético da espécie (Furuya et al., 2004; Batista et al., 2024), conforme exemplificado na Tabela 2.

Tabela 2. Exigência de lisina (% da dieta) para alguns peixes carnívoros e onívoros

Espécie	Exigência (% da dieta)	Tamanho (g)	Modelo estatístico	Referência
Jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)	3,0 - 6,5	1,4	Broken line ^e Regressão polinomial	Montes-Girão e Fracalossi (2006)
Salmão do Atlântico (<i>Salmo salar</i>)	0,4 - 5,6	4,7 – 642	Equação exponencial	Espe et al. (2007)
Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	1,73 - 1,58	0,34 – 23	LRP – Regressão polinomial	Silva et al., (2018); Marchão et al., (2020).
Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	1,04 - 1,9	0,04 - 5,7	Broken-line; Regressão	Santiago e Lovell (1988); Furuya et al., (2006)

No entanto, as dietas fornecidas aos peixes devem ser ajustadas levando em consideração alguns fatores, como estágio de vida e hábito alimentar e espécie, visto que as necessidades dietéticas são distintas (Wilson, 2002; NRC, 2011). Além disso, ao determinar o requerimento de lisina para peixes, deve-se atentar as condições físico-químicas da água e estado de saúde, pois são fatores que podem alterar o nível recomendado (Neta et al., 2023). Outro fator relevante é a energia dietética, uma vez que, dietas com elevado teor energético influenciam o consumo, enquanto que rações com níveis abaixo da exigência, provocam o catabolismo dos aminoácidos, a fim de suprir a demanda energética (NRC, 2011; Wu, 2013) podendo interferir no valor a ser recomendado (Batista et al., 2024).

3.5. Parâmetros hematológicos, hepáticos e bioquímicos na nutrição de peixes

As análises sanguíneas e plasmáticas são ferramentas que auxiliam na determinação do bem-estar dos animais e suscetibilidade a doenças, sendo amplamente utilizadas em estudos para determinação de exigências nutricionais (Marchão et al., 2023; Aroucha et al., 2023; Batista et al., 2024). O uso dessa metodologia é atribuído a facilidade da coleta de amostras sem necessidade de levar o peixe a óbito, devido a sucinta quantidade de sangue coletada para inúmeros diagnósticos.

Por meio da coleta de sangue é possível diagnosticar a quantidade de eritrócitos, níveis de colesterol total, triglicerídeos, proteínas totais, glicose, albumina, hematócrito e concentração de hemoglobina (Macedo et al., 2023; Rocha et al., 2023; Batista et al., 2024). Tais parâmetros, servem de indicadores do estado fisiológico dos peixes, em resposta a nutrientes, estresse e doenças (Pedro et al., 2005; Batista et al., 2024).

Assim, sabendo que o estado fisiológico dos peixes responde em função de nutrientes, alterações ambientais e doenças, essa metodologia vem ganhando espaço e destaque em estudos com peixes, uma vez que, auxilia de forma pertinente na elaboração de estratégias voltadas ao bem-estar animal, atreladas à nutrição (Marchão et al., 2022; Batista et al., 2024).

O fígado é um órgão vital e exerce importantes funções metabólicas no organismo dos peixes (NRC, 2011). É o local de deposição da maior parte do glicogênio, atuando na regulação dos níveis de glicose no sangue (Oliveira et al., 2022; Marchão et al., 2023; Batista et al., 2024). Outra importante função do fígado

consiste na produção de enzimas cruciais no processo metabólico e digestivo de nutrientes, como proteínas e lipídeos (Rašković et al., 2011; Batista et al., 2024).

Dessa forma, considerando a importância do fígado e suas funções, as análises hepáticas como atividade das enzimas aminotransferase e concentração do glicogênio hepático, podem ser consideradas importantes indicadores na determinação do estado fisiológico dos peixes e utilizadas em estudos voltados a nutrição animal (Rocha et al., 2023; Aroucha et al., 2023; Batista et al., 2024).

REFERÊNCIAS

- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00674.x>
- ADABI, S. G.; COOPER, R. G.; CEYLAN, N.; CORDUK, M. L-carnitine and its functional effects in poultry nutrition. **World's poultry science journal**, v. 67, n. 2, p. 277-296, 2011. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000304>
- ALLAMA, B. W.; KHALIL, H. S.; MANSOUR, A. T.; SROUR, T. M.; OMAR, E. A.; NOUR, A. A. M. Impact of substitution of fish meal by high protein distillers dried grains on growth performance, plasma protein and economic benefit of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). **Aquaculture**, v. 517, p.734-792, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734792>
- AROUCHA, R. J. N.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A. D.; DE SIQUEIRA, J. C.; MARCHÃO, R. S.; DO NASCIMENTO, D. C. N. Digestible methionine plus cystine requirement in tambaqui (*Colossoma macropomum*) diets: Growth performance and plasma biochemistry. **Aquaculture Reports** 32:101725, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101725>
- BERGE, G. E.; SVEIER, H.; LIED, E. Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*); there quirement and metabolic effect to flysine. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.120, p.477-485, 1998. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(98\)10049-1](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(98)10049-1)
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F. B.; SOUSA, M. P. D. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1-8, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100001>

Bomfim, M. A. D., (2010). Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 1-8.

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. <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v15n2p122-140>

BOTARO, D.; FURUYA, W. M.; SILVA, L. C. R.; SANTOS, L. D. D.; SILVA, T. S. D. C.; SANTOS, V. G. D. Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.517-525, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000300001>

CAMPELO, D. A. V.; SALARO, A. L.; LADEIRA, A. L. F.; MOURA, L. B. D.; FURUYA, W. M. Dietary lysine requirement of adult lambari (*Astyanax altiparanae*) (Garutti and Britski, 2000). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.47, 2018. <https://doi.org/10.1590/rbz4720160325>

CAVALHEIRO, A. C. M.; CASTRO, M. L. S.; EINHARDT, M.; POUHEY, J. L. O. F.; PIEDRAS, S. N.; XAVIER, E. G. Microingredientes utilizados em alimentação de peixes em cativeiro—Revisão. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.109, p.11-20, 2014.

COMEXSTAT/Ministério da Economia. **Exportação e Importação Geral**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em 26 outubro de 2022.

CRAIG, S. R.; HELFRICH, L. A.; KUHN, D.; SCHWARZ, M. H. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding, 2017.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, Á. J. D. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIK, J. K. A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.68-87, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>

DA COSTA SOUSA, M.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; MARCHÃO, R. S.; DE SOUSA, T. J. R.; TAKISHITA, S. S. Lysine requirements of tambatinga (*Colossoma macropomum* × *Piaractus brachypomus*) fingerlings using different diet formulation techniques. **Aquaculture Nutrition**, v. 27, n. 6, p. 1825-1836, 2021. <https://doi.org/10.1111/anu.13320>

DIOGENES, A. F.; FERNANDES, J. B. K.; DORIGAM, J. C. P.; SAKOMURA, N. K.; RODRIGUES, F. H. F.; LIMA, B. T. M.; GONÇALVES, F. H. Establishing the optimal essential amino acid ratios in juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by deletion method. **Aquaculture nutrition**, v.22, n.2, p.435-443, 2016. <https://doi.org/10.1111/anu.12262>

ESPE, M.; LEMME, A.; PETRI, A.; EL-MOWAFI, A. Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in Atlantic salmon using plant protein diets. **Aquaculture**, v.263, n. 1-4, p.168-178, 2007.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.018>

FAO. Food and agriculture organization of the United Nations. 2018. [acesso 22 out 2022]. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-bm085e.pdf>.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome, Italy: **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Retrieved from <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FISHBASE, *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) Striped catfish. Disponível em:

<https://www.fishbase.de/Summary/SpeciesSummary.php?ID=14154&AT=panga>.

acesso em: 10 de outubro de 2022.

FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, v. 375, 2013.

FORSTER, I.; OGATA, H. Y. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, v.161, p.131-142, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00263-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00263-9)

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M.; MIRANDA, E. C. D. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, 2001. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000500002>

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; NEVES, P. R.; SILVA, L. C. R.; HAYASHI, C. Exigência de lisina pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase de terminação. **Ciência Rural**, v.34, p. 1933-1937, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000500038>

FURUYA, W. M.; SANTOS, V. G. 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.

<https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000400001>

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

GASPAROTTO, O. C.; SIEBEWRT, M.; HENNEMANN, M.; COELHO, C.; GRANUCCI, N.; da SILVA, B. L.; COELHO, F. **Fisiologia Animal Comparada**, 2011.

GUIMARÃES, C. F. M.; MÁRSICO, E. T.; MONTEIRO, M. L. G.; LEMOS, M.; MANO, S. B.; CONTE JUNIOR, C. A. The chemical quality of frozen Vietnamese *Pangasius hypophthalmus* fillets. **Food science & nutrition**, v.4 (3), pag. 398-408, 2016.

<https://doi.org/10.1002/fsn3.302>

HA, T. T. T.; NGA, T. T.; HANG, T. N. A.; ALAM, M. S. Genetic diversity in *Pangasius* spp. collected in Bangladesh based on mitochondrial cytochrome b gene sequence analysis. **Aquaculture Reports**, v. 17, p. 100351, 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100351>

HOQUE, M. S.; HAQUE, M. M.; NIELSEN, M.; RAHMAN, M. T.; HOSSAIN, M. I.; MAHMUD, S.; MANDAL, A. K.; FREDERIKSEN, M.; LARSEN, E. P. Prospects and challenges of yellow flesh pangasius in international markets: secondary and primary evidence from Bangladesh. **Heliyon**, v. 7, n. 9, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08060>

HUNG, L. T.; CACOT, P.; LAZARD, J. Larval Rearing of the Mekong catfish, *Pangasius bocourti* (Pangasiidae, Siluroidei): Substitution of *Artemia nauplii* with live and artificial feed. **Aquatic Living Resources**, v.12 (3), p.229-232, 1999.

[https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(00\)88473-9](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(00)88473-9)

HUNG, L. T.; LAZARD, J.; MARIOJOULS, C.; MOREAU, Y. Comparison of starch utilization in fingerlings of two Asian catfishes from the Mekong River (*Pangasius bocourti* Sauvage, 1880, *Pangasius hypophthalmus* Sauvage, 1878). **Aquaculture Nutrition**, v.9, n.4, p.215-222, 2003.

<https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2003.00244.x>

HUNG, L. T.; HUYNH, H. P. V. Análise de rações e fertilizantes para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Vietnã. In: **Estudo e Análise de Rações e Fertilizantes para o Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura**. Documento Técnico de Pesca da FAO, Roma: FAO, n. 497, p.331-361, 2007.

KHAN, A.; GUTTORMSEN, A.; ROLL, K. H. Production risk of Pangas (*Pangasius hypophthalmus*) fish farming. **Aquaculture Economics and Management**, v.22, n.2, p.192-208, 2018.

<https://doi.org/10.1080/13657305.2017.1284941>

KARL, H.; LEHMANN, I.; REHBEIN, H.; SCHUBRING, R. Composition and quality attributes of conventionally and organically farmed *Pangasius* fillets (*Pangasius hypophthalmus*) on the German market. **International Journal Food Science Technology**. v.45, p.56-66, 2010.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02103.x>

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

[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00322-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00322-7)

LI, P.; MAI, K.; TRUSHENSKI, J.; WU, G. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. **Amino acids**, v.37, n.1, p. 43-53, 2009. <https://doi.org/10.1007/s00726-008-0171-1>

LIMA, C. S.; BOMFIM, M. A. D.; SIQUEIRA, J. C. D.; FIRMO, D. D. S.; RIBEIRO, F. B.; LANNA, E. A. T. Crude protein reduction with amino acid supplementation in tambaqui fingerling diets. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.6Supl2, p.4531-4540, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n6Supl2p4531>

MACEDO, J. D. S.; COPATTI, C. E.; COSTA, E. V.; DA SILVA, F. M. A.; DUTRA, L. M.; SANTOS, V. L. D. A.; Almeida, J. R. G. S.; TAVARES-DIAS, M.; MELO, J. F. B. Effects of Citrus limon extract on growth performance and immunity in striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*). **Aquaculture International**, v.31, pag. 719-738, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00995-4>

MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; BOMFIM, M. A. D.; SILVA, J. C.; DE SOUSA, T. J. R.; NASCIMENTO, D. C. N.; DA COSTA SOUSA, M. Digestible lysine requirement for Tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles using the diet dilution technique. **Aquaculture Reports**, v.18, p.100482, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100482>

MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A.; PEREIRA, G. A.; ROCHA, A. D. S.; VIDAL, L. V.; COPATTI, C. E.; MELO, J. F. Digestible threonine requirement in tambaqui (*Colossoma macropomum*) diets: growth, body deposition, haematology and metabolic variables. **Aquaculture Research**, v.53, p.5697–5709, 2022. <https://doi.org/10.1111/are.16051>

MARCHÃO, R. S.; COPATTI, C. E.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A. D.; DE LIMA, M. S.; BATISTA, V. F.; ROCHA, A. S.; PEREIRA, G. A.; COSTA, T. S.; ROCHA, D. R.; VIDAL, L. V. O.; MELO, J. F. B. Evaluation of dietary tryptophan requirement on growth, whole-body composition, and hematobiochemical parameters of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in the fattening phase. **Aquaculture International**, p.1-20, 2023 <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01179-4>

MCDONALD, P. **Animal Nutrition**. 7th Edition. London: Pearson Education. 2010.

MONTES-GIRAO, P. J.; FRACALLOSSI D. M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundia, *Rhamdia quelen*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.37, p.388-396, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00052.x>

MUGAONKAR, P. K.; KUMAR, N. R.; BIRADAR, R. S. Economics and Determinants of Pangas catfish production in India. **Fishery Technology**, v.56 (1), p.80-88, 2019.

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

NAYLOR, R. L.; HARDY, R. W., BUSCHMANN, A. H., BUSH, S. R., CAO, L., KLINGER, D. H., LITTLE, D. C.; LUBCHENCO, J.; SHUMWAY, S. E.; TROELL, M.

A 20-year retrospective review of global aquaculture. **Nature**, v.591 (7851), p.551-563, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger - princípios de bioquímica**, Artmed, Porto Alegre, Brazil, 2011.

NETA, M. G. S.; LIMA, M. S.; BATISTA, V.F.; SOUSA, G. S.; BASTOS, M. V. S.; SOUSA, V. C.; VEIGA, M. S.; SILVA, M. F.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; MELO, J. F. B.; MARCHÃO, R. S. Exigência de aminoácidos para peixes redondos. In: **Ciências veterinárias, patologias, saúde e produção animal**. Atena, 2023. p. 123.

OLIVEIRA, I. C.; OLIVEIRA, R. S. M.; LEMOS, C. H. D. P.; DE OLIVEIRA, C. P. B.; FELIX E SILVA, A.; LORENZO, V. P.; LIMA, A. O.; CRUZ, A. L.; COPATTI, C. E. Essential oils from *Cymbopogon citratus* and *Lippia sidoides* in the anesthetic induction and transport of ornamental fish *Pterophyllum scalare*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.48, p.501–519, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10695-022-01075-3>

ORBAN, E. NEVIGATO, T.; DI LENA, G.; MASCI, M.; CASINI, I.; GAMBELLI, L. CAPRONI, R. New trends in the seafood market. Sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*) filets from Vietnam: Quality and nutritional safety aspects. **Food Chemistry**, v.110, n.2, p.383-389, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.014>

PEDRO, N.; GUIJARRO, A. I.; LÓPEZ-PATIÑO, M. A.; MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, R.; DELGADO, M. J. Daily and seasonal variations in haematological and blood biochemical parameters in the tench, *Tinca tinca* Linnaeus, 1758. **Aquaculture research**, v.36, n.12, p.1185-1196, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01338.x>

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário peixe BR da piscicultura** (2022) São Paulo.

PINCINATO, R. B. M.; OGLEND, A.; BERTOLINI, R. M. B.; MUÑOZ, A. E. P. The São Paulo wholesale seafood market: A study of fish prices in Brazil. **Aquaculture Economics & Management**, v.26(3), p.259-282, 2022.

PHAN, L. T.; BUI, T. M.; NGUYEN, T. T.; GOOLEY, G. J.; INGRAM, B. A.; NGUYEN, H. V.; NGUYEN, P. T.; DE SILVA, S. S. Current status of farming practices of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* in the Mekong Delta, Vietnam. **Aquaculture**, v.296, n.3-4, p. 227-236, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.08.017>

PHUMEE, P.; WEI, W. Y.; RAMACHANDRAN, S.; HASHIM, R. Evaluation of soybean meal in the formulated diets for juvenile *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878). **Aquaculture Nutrition**, v.17, 214–222, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00729.x>

QUADROS, M.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T. D.; RIBEIRO, F. B.; TAKISHITA, S. S. Crude protein reduction and digestible methionine+ cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for Nile tilapia fingerlings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1400-1406, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000800002>

RACHMAWATI, D.; NURHAYATI, D. Effect of dietary lysine on the growth performance of *Pangasius hypophthalmus*. **Depik**, v.11, n.2, p.111-116, 2022.

RACHMAWATI, P. D.; SAMIDJANP I.; NURHAYATIP D.; RIYADIP, P. H.; SETYOBUDIP, R. H.; ANNEET, O. Effects of Dietary Lysine for River Catfish Juveniles on Protein Digestibility and Body Composition. **Biological**, v.16, p.165-170, 2023. <https://doi.org/10.54319/jjbs/160120>

RAŠKOVIĆ, B.; STANKOVIĆ, M.; MARKOVIĆ, Z.; POLEKSIĆ, V. Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine of fish. **Journal of Agricultural Sciences** (Belgrade), v.56, p.87-100, 2011.

ROBINSON, E. H. WILSON, R. P.; POE, W. E. Re-evaluation of the lysine requirement and lysine utilization by fingerling channel catfish. **The Journal of nutrition**, v.110, n.11, p.2313-2316, 1980.

ROCHA, A. D. S.; ROCHA, A. D. S.; COPATTI, C. E.; MARCHÃO, R. S.; COSTA, T. S.; SANTANA, G. S.; COELHO, M. C.; PEREIRA, G. A.; ROCHA, D. R.; CAMARGO, ANTÔNIO, C. S.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A. D.; MELO, J. F. B. Assessment of methionine plus cystine requirement of tambaqui (*Colossoma macropomum*) based on zootechnical performance, body composition, erythrogram, and plasmatic and hepatic metabolites. **Veterinary Reseach Community**, p.1-15, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10175-1>

RODRIGUES, A. T. **Perfil ideal de aminoácidos essenciais em dietas para tilápia-do-nilo, na fase de terminação, pelo método de deleção**. Dissertação (Pós-graduação), Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, Jaboticabal, São Paulo, 2019.

ROLLIN, X.; MAMBRINI, M.; ABBOUDI, T.; LARONDELLE, Y.; KAUSHIK, S. J. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fry. **British Journal of Nutrition**, v.90, n.5, p.865-876, 2003. <https://doi.org/10.1079/BJN2003973>

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. D.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014.

SANTIAGO, C. B.; LOVELL, R. T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **The journal of nutrition**, v.118, n.12, p.1540-1546, 1988. <https://doi.org/10.1093/jn/118.12.1540>

SILVA, J. C.; BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; DE SOUSA, T. J. R.; MARCHÃO, R. S.; DO NASCIMENTO, D. C. N. Lysine requirement for tambaqui juveniles. **Semina: Ciências Agrárias**, v.39, n.5, p.2157-2168, 2018. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n5p2157>

SOUZA, J. T.; DA SILVA, É. L. B.; DA SILVA, L. R. C.; DE OLIVEIRA, P. V. C.; DA SILVA LUZ, K. S.; FIRMINO, S. S.; DE OLIVEIRA LIMA, P. Comparação físico-química e sensorial de filés congelados de *Oreochromis niloticus* e *Pangasius hypophthalmus*. Research, **Society and Development**, v.9, n.10, p. e3489108583-e3489108583, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8583>

TEIXEIRA, S. O.; NUNES, Z. M. P.; JUNIOR, A. D. S. P.; SALARO, A. L.; DE MOURA, L. B.; VERAS, G. C.; CAMPELO, D. A. V. Optimal dietary lysine improves growth performance, increases protein deposition and reduces lipid accumulation in tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles. **Aquaculture Research**, v.51, n.12, 5065-5073, 2020. <https://doi.org/10.1111/are.14845>

WILSON, R. P.; HARDING, D. E.; GARLING JR, D. L. Effect of dietary pH on amino acid utilization and the lysine requirement of fingerling channel catfish. **Journal Nutrition**, v.107, p.166-170, 1977. <https://doi.org/10.1093/jn/107.1.166>

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

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, England: CABI Publishing, 2003. p. 427-447.

WU, G. **Amino acids: Biochemistry and nutrition**. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2013.

CAPÍTULO 2

EXIGÊNCIA DE LISINA DIGESTÍVEL PARA PANGA (*Pangasius hypophthalmus*) COM BASE NO CRESCIMENTO, DEPOSIÇÃO CORPORAL, HEMATOLOGIA E VARIÁVEIS METABÓLICAS

O artigo a seguir foi editorado com base nos critérios do Periódico Eletrônico Tropical Animal Health and Production, com adaptações às normas para redação da Dissertação (UFMA, 2023).

Resumo

A lisina é o aminoácido essencial encontrado em maior proporção na carcaça dos peixes, com função quase que exclusiva para deposição de proteína corporal e geralmente é limitante em dietas de origem vegetal. O presente estudo objetivou estimar a exigência de lisina digestível para o Panga ($3,20 \pm 0,05$ g). Seis dietas, com diferentes níveis de lisina total, sendo 11,00, 14,00, 17,00, 20,00, 23,00, 26,00 g kg⁻¹ (correspondente a 9,14, 12,54, 15,64, 18,94, 22,44, 24,12 g kg⁻¹ de lisina digestível) foram oferecidas até a saciedade aparente, em Delineamento Inteiramente Casualizado, durante 60 dias. Os resultados de desempenho, deposições corporais e variáveis hemato-bioquímicas foram analisadas. Segundo a regressão quadrática ($p < 0,05$), o peso final, ganho de peso, ganho de peso relativo, taxa de conversão alimentar e taxa de crescimento específico, apresentaram níveis ótimos em 16,75, 16,76, 16,78, 17,17 e 16,60 g kg⁻¹ lisina digestível, respectivamente. A proteína bruta, cinza e gordura, apresentaram efeito quadrático ($p < 0,05$) aos respectivos níveis de 18,59, 19,50, 16,30 g kg⁻¹ lisina digestível. As deposições de proteína, cinza, gordura corporal e eficiência de retenção de nitrogênio, apresentaram efeito quadrático ($p < 0,05$), até 17,93, 16,94, 17,43 e 18,33 g kg⁻¹ lisina digestível, respectivamente. Os níveis ótimos para glicogênio hepático, proteínas totais, contagem de eritrócitos, concentração de hemoglobina corpuscular média e enzima aspartato aminotransferase hepática foram 18,33, 18,73, 18,46, 16,18, 17,18 g kg⁻¹ lisina digestível, respectivamente. A bioquímica plasmática sanguínea não foi afetada ($p > 0,05$). Com base na deposição de proteína corporal, a exigência de lisina digestível para Panga é 17,93 g kg⁻¹ lisina digestível.

Palavras chave: Proteína; desempenho; aminoácido essencial; requerimento nutricional

1. INTRODUÇÃO

A proteína é o macronutriente mais caro em dieta para peixes. Todavia, uma dieta formulada apenas com base em proteína bruta, pode não garantir crescimento satisfatório, uma vez que, os peixes não possuem exigência metabólica em proteína, mas sim de um equilíbrio de aminoácidos essenciais e não essenciais (Wilson 2002; Bomfim et al. 2010; Wu 2013).

Entre os aminoácidos essenciais, a lisina (Lis) têm sido o mais estudado, pois é o encontrado em maior proporção na carcaça dos peixes e normalmente é limitante em dietas práticas, principalmente quando se utiliza alimentos de origem vegetal. Além disso, sua rota metabólica é quase exclusiva para a deposição de proteína corporal (Abimorad et al. 2010; NRC 2011; Marchão et al. 2020), além de participar da síntese de L-carnitina (Mukhtar et al. 2017).

O Panga (*Pangasius hypophthalmus*) é um bagre de água doce, oriundo do Vietnã, globalmente conhecido por Pangasius, Bagre Listrado, Peixe-Gato, Tra e Bagre Sutchi (Phan et al. 2009; Karl et al. 2010; Guimarães et al. 2016; Wahyudi et al. 2023). Além disso, é um dos peixes mais cultivados ao redor do mundo, contribuindo com 2% de toda produção aquícola (Naylor et al. 2021). Sua produção e exportação concentra-se no continente asiático, destacando a China, Tailândia, Myanmar, Vietnã e Bangladesh (FAO 2018; 2022; Naylor et al. 2021; Peixe BR 2022; Macedo et al. 2023).

A espécie apresenta hábito alimentar onívoro e respiração aérea facultativa, que lhe confere resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (Lefevre et al. 2011). Além disso, sua carne é firme, com poucas espinhas e tem preço acessível em comparação a outras espécies (Mugaonkar et al. 2019; FAO 2022). Apesar da sua importância global na piscicultura, são escassos os estudos sobre suas exigências nutricionais, em especial de lisina (Rachmawati; Nurhayati, 2022; Rachmawati et al. 2023).

As análises hematológicas e bioquímicas são usadas para diagnosticar o bem-estar dos peixes (Aroucha et al. 2023; Marchão et al. 2023; Rocha et al. 2023). Para Panga, os trabalhos voltados a hemato-bioquímica são escassos (Kumar e Ramulu 2013; Daniel et al. 2018; Shahjahan et al. 2018; Macedo et al.

2023), havendo poucas referências sobre o estado metabólico do peixe em resposta a aminoácidos essenciais (Wahyudi et al. 2023), dificultando o estabelecimento desses parâmetros para a espécie.

Nesse contexto, objetivou-se determinar a exigência de Lis digestível para Panga (*Pangasius hypophthalmus*), avaliando seus efeitos no desempenho zootécnico, composição corporal, hematologia e variáveis bioquímicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Uso ético de animais

Experimento realizado de acordo com as normas éticas para experimentação animal, aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade Federal do Maranhão - UFMA (Nº do registro: 23115.002765/2023-97).

2.2. Animais e condições experimentais

O experimento foi executado no Laboratório de Nutrição e Alimentação de Organismos Aquáticos do Maranhão (LANUMA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Chapadinha, MA, Brasil.

Foram utilizados 360 Pangas provenientes da piscicultura AQUAPESC, situado em Santa Inês, MA, Brasil, com peso inicial de $3,20 \pm 0,05$ g, distribuídos em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em 24 unidades experimentais, com 15 peixes em cada unidade.

Durante o período experimental, os peixes permaneceram em caixas de polietileno, com capacidade de 1.000 L cada, equipadas com abastecimento de água, sistema de drenagem e sistema de aeração individuais. O abastecimento

de água para as caixas foi proveniente de poço artesiano, com vazão de 15 L h⁻¹ por caixa.

Os parâmetros de qualidade da água permaneceram estáveis e dentro da faixa de recomendação para a espécie (Manna et al. 2021; Peter et al. 2022). A temperatura da água durante o período experimental foi de 26,65 ± 0,40°C pela manhã e 27,69 ± 0,46°C tarde, mensurada diariamente às 08h e 17h por meio de termômetro digital (HI 8424, Hanna®, Woonsocket, USA).

Os valores de oxigênio dissolvido: 6,12±0,27 mg L⁻¹ (HI 9146, Hanna®, Woonsocket, USA), pH: 6,21±0,18 (HI 8424, Hanna®, Woonsocket, USA) e amônia total: <0,1p pm mg L⁻¹ N-NH₃ (Alcon Ltda – Camboriú, SC, Brasil), foram mensurados a cada dois dias.

2.3. Dietas experimentais

Foram formuladas seis dietas práticas, isoprotéicas (300 g kg⁻¹ de proteína bruta) e isoenergéticas (18,05 MJ kg⁻¹) (Tabela 1). A dieta basal (11,00 g kg⁻¹ de lisina total) foi suplementada com 3,85, 7,65, 11,55, 15,35 e 19,20 g kg⁻¹ de L-lisina (L-lisina; Vitalis®, São Luís, MA, Brasil), resultando em tratamentos compostos por 11,00, 14,00, 17,00, 20,00, 23,00, 26,00 g kg⁻¹ Lis total, os quais foram convertidos para valores digestíveis após ensaio de digestibilidade (9,14, 12,54, 15,64, 18,94, 22,44, 24,12 g kg⁻¹ Lis digestível; Tabela 1 e 2).

Os níveis de Lis total nas dietas experimentais foram escolhidos com base nas informações disponíveis para Bagre do Canal (*Ictalurus punctatus*) (NRC 2011), espécie com hábito alimentar e trato digestório semelhante ao Panga. Com o objetivo de manter o mesmo teor de nitrogênio nas dietas, cada

suplementação de L-lisina foi substituída pelo aminoácido não essencial L-Alanina (Michelato et al. 2017; Marchão et al. 2022).

Nas dietas experimentais, todos os aminoácidos essenciais (arginina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, treonina, triptofano e valina) foram mantidos, pelo menos, 5% acima do proposto pelo NRC (2011), para Bagre do Canal (*Ictalurus punctatus*). Este procedimento foi realizado a fim de evitar que outro aminoácido viesse a se tornar limitante para cada nível de Lis avaliado.

Os ingredientes das rações experimentais foram moídos (Trf 60, Trapp), pesados individualmente, misturados (Misturador Horizontal 300 Branorte) e posteriormente peletizadas em equipamento com diâmetro de 2 a 3 mm (Pellet e Extrusora modelo MX 40, Inbramaq®). As dietas eram ofertadas quatro vezes ao dia (08:00, 11:00, 14:00 e 17:00h) com repasses sucessivos até a saciedade aparente, durante 60 dias.

Todas as análises foram realizadas em triplicata e de acordo com a AOAC (2016). O teor de proteína bruta (% N × 6,25) foi determinado pelo método de Kjeldahl (Quimis®). O conteúdo de gordura bruta foi determinado por extração de éter em um extrator (LUCA-202, Lucadema®). As cinzas foram determinadas pela combustão de amostras secas em mufla (TE-1100-1P, Tecnal®) a 550°C por 4 horas no Laboratório de Alimentação e Nutrição de Organismos Aquáticos do Maranhão - LANUMA (Chapadinha, Maranhão, MA, Brasil). A análise da composição percentual dos aminoácidos das dietas foi determinada por cromatografia líquida realizada na empresa CBO (Valinhos, São Paulo, SP, Brasil). Os aminoácidos totais foram convertidos em aminoácidos digestíveis através dos coeficientes de digestibilidade obtidos no ensaio de digestibilidade.

Tabela 1 - Composição percentual e química das dietas experimentais com diferentes níveis de Lis.

Alimentos	Níveis de Lis total e digestível (g kg ⁻¹)					
	11,00 (9,14)	14,00 (12,54)	17,00 (15,64)	20,00 (18,94)	23,00 (22,44)	26,00 (24,12) ^a
Milho	465,62	465,62	465,62	465,62	465,62	465,62
Farinha de vísceras de aves	210,65	210,65	210,65	210,65	210,65	210,65
Glúten 60%	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Farinha de carne e ossos	46,19	46,19	46,19	46,19	46,19	46,19
Óleo de soja	37,93	37,93	37,93	37,93	37,93	37,93
L-alalina (99)	19,20	15,35	11,55	7,65	3,85	0,00
L-lisina HCL (78,4)	0,00	3,85	7,65	11,55	15,35	19,20
Premix mineral e vitamínico ^c	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Vitamina C ^d	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Calcário	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Sal comum	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
DL-metionina (98,5%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
L-histidina (99%)	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
BHT	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Óxido de cromo	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Composição Nutricional Calculada					
Proteína bruta (g kg ⁻¹)	301,41	300,20	300,17	301,00	300,15	300,27
Energia bruta (MJ kg ⁻¹)	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05
Extrato etéreo (g kg ⁻¹) ^b	95,13	95,09	95,49	95,88	95,74	95,69
Matéria mineral (g kg ⁻¹)	58,76	58,03	58,54	58,35	58,61	58,52
	Composição Aminoacídica Total Calculada (g kg ⁻¹)					
Histidina	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
Isoleucina	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45
Leucina	35,23	35,23	35,23	35,23	35,23	35,23
Lisina	11,00	14,00	17,00	20,00	23,00	26,00
Met + cistina	11,53	11,53	11,53	11,53	11,53	11,53
Metionina	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
Treonina	11,03	11,03	11,03	11,03	11,03	11,03
Triptofano	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Valina	14,21	14,21	14,21	14,21	14,21	14,21
Arginina	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71
Fenilalanina	15,43	15,43	15,43	15,43	15,43	15,43

^a Valores digestíveis calculados de acordo com os coeficientes de digestibilidade determinados para a lisina

^b Com base nos valores propostos por Rostagno et al. (2017);

^c 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;

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

2.4. Ensaio de digestibilidade

Para a determinação dos valores proteína e de aminoácidos digestíveis, um ensaio de digestibilidade foi realizado. Para isso, o total de 108 Pangas (251,20 ± 24,67g), foram distribuídos em 18 tanques cônicos, confeccionados em fibra de vidro (220L), com seis peixes por parcela experimental. Os peixes foram alimentados com as dietas experimentais contendo Cr₂O₃ (5,00 g kg⁻¹) e as fezes foram coletadas seis vezes, durante a noite, por 10 dias, com intervalo de duas horas (20h, 22h, 24h, 02h, 04h e 06h), através do sistema de Guelph modificado e armazenadas em freezer. A concentração de óxido de cromo foi analisada por absorção atômica em laboratório (CBO, Valinhos, São Paulo, SP, Brasil). O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de (N x 6,25) pelo método de Kjeldahl. Os teores de aminoácidos foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLEA) no laboratório CBO, Valinhos, São Paulo, SP, Brasil, após digestão básica para triptofano e digestão ácida para os demais aminoácidos. Os valores de aminoácidos digestíveis foram calculados através dos coeficientes de digestibilidade aparente (ADC) obtidos por método indireto (Tabela 2) e calculados pela seguinte fórmula:

$$ADC = 100 - 100 \times \left(\frac{\% Cr_2O_3 \text{ in diet}}{\% Cr_2O_3 \text{ in faeces}} \right) \times \left(\frac{\% \text{ nutrient in faeces}}{\% \text{ nutrient in diet}} \right)$$

2.5. Cálculos de desempenho de crescimento

Ao final do período experimental (60 dias), após jejum de 24 horas, os peixes foram pesados (g) para calcular as variáveis de desempenho de crescimento por meio das seguintes equações:

Peso final (PF, g) = peso final médio dos peixes (g) / número de peixe;

Consumo de lis digestível (CLD,mg) = $100 \times (\text{consumo de ração (mg)}/\text{nível de lis digestível na dieta (\%)})$;

Taxa de crescimento específica (TCE,% por dia) = $100 \times (\text{Ln peso final (g)} - \text{Ln peso inicial (g)})/\text{tempo (dias)}$;

Ganho de peso relativo (GPR,%)= $100 \times (\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)})/\text{peso inicial (g)}$

Consumo de ração (CR,g/peixe) = total de ração consumida (g)/número de peixes por tanque;

Ganho de peso (GP,g)= $\text{peso corporal final (g)} - \text{peso corporal inicial (g)}$;

Taxa de conversão alimentar (TCA) = consumo de ração (g)/ganho de peso (g);

2.6. Coleta de amostras

No início do experimento, 50 peixes com peso próximo ao da média das unidades experimentais foram amostrados aleatoriamente, sedados em água com 100 mg L⁻¹ de benzocaína (Leonardo et al. 2022), eutanasiados com corte na medula espinhal e posteriormente armazenados a -20°C para determinação da composição corporal inicial. No final do ensaio experimental (60 dias), após jejum de 24 horas, oito peixes por tanque (n = 32 peixes por tratamento), foram eutanasiados e armazenados a -20°C, para determinação da composição corporal final.

Para as análises hematológicas e hepáticas, foram amostrados aleatoriamente dois peixes por caixa (n = 8 por tratamento). Antes do procedimento, os animais foram sedados em água com benzocaína (100 mg L⁻¹) (Leonardo et al. 2022), para a retirada de 2 ml de sangue com o auxílio de seringas esterilizadas com 10 µl de heparina (5.000 UI). Cada alíquota (1ml) foi transferida para tubos de polietileno de 2,50 ml. As análises sanguíneas foram

realizadas a partir da primeira alíquota de sangue. A segunda alíquota serviu para obtenção do plasma, após ser centrifugada a 3000 g a 4°C por 10 minutos, sendo posteriormente conservada à -20°C para realização das análises bioquímicas. Em seguida, os peixes foram sacrificados com corte na medula espinhal para a coleta do fígado, o qual foi armazenado a -80°C.

2.7. Análises hematológicas e hepáticas

Nas análises sanguíneas, o método de cianometahemoglobina foi empregado para determinar as concentrações de hemoglobina (HB). Os eritrócitos (ERI) foram contados na câmara de Neubauer ($1 \times 10^6 \mu^{-1}$), com auxílio de microscópio com lente de aumento em 400 vezes.

O hematócrito (HT) foi mensurado em duplicata, por meio de capilares heparinizados e centrifugados a 12.000 x g por 5 minutos. E as variáveis de volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (MCH) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), foram determinadas por meio das seguintes equações:

$$\text{-VCM (fL)} = (\text{Hct} \cdot 10) / (\text{Ery} \cdot 10^6 \mu\text{L}^{-1});$$

$$\text{-MCH (pg)} = (\text{Hb} \cdot 10) / \text{Ery};$$

$$\text{-CHCM (g dL}^{-1}\text{)} = (\text{Hb} \cdot 100) / \text{Hct}.$$

Os valores de glicose (GLI) (mg dL⁻¹), colesterol (COL) (mg dL⁻¹), triglicérides (TRIG) (mg dL⁻¹), proteínas totais (PT) (g dL⁻¹) e albumina (ALB) (g dL⁻¹) foram determinados através do plasma sanguíneo, por meio do método

enzimático colorimétrico, com o auxílio de kits bioquímicos (Bioclin®, Belo Horizonte, MG, Brasil) e lidos em espectrofotômetro (Bel Spectro S-2000).

Para as análises hepáticas, os níveis de glicogênio foram determinados seguindo a metodologia empregada por Bidinotto et al. (1997). Os níveis de proteínas totais e a atividade da enzima aspartato aminotransferase (AST), foram obtidos por meio de kit comercial (Bioclin®), com leitura em espectrofotômetro, de acordo com as especificações de Marchão et al. (2022).

2.8. Análises de composição corporal

Após o descongelamento, os peixes inteiros (carcaças e vísceras) foram desidratados em estufa com circulação de ar forçado a 65 °C por 72 horas, moídos em processador comercial (Marconi MA923) e acondicionados em recipientes para análises laboratoriais. A composição química centesimal, sendo os teores de umidade corporal (UM), cinzas (CZS), gordura bruta (GB) e proteína bruta (PB), foi determinada em triplicata, segundo os protocolos estabelecidos por AOAC (2016).

A UM corporal foi avaliada por secagem em estufa a 105 °C até obter peso constante. Proteína bruta ($N \times 6,25$) pelo método Kjeldahl após digestão ácida, GB foi extraída e medida pelo método Goldfish e o teor de CZS foi mensurado em mufla (TE-1100-1P, Tecnal) a 550 °C por 4 horas.

Por meio da composição química corporal, foram calculadas as variáveis de deposições de proteína corporal (DPC), deposições de gordura corporal (DGC), deposições de cinza corporal (DCZ) e a eficiência de retenção de nitrogênio (ERN), utilizando as seguintes equações:

- DPC (g) = (proteína corporal final (g) – proteína corporal inicial (g));
- DGC (g) = (gordura corporal final (g) – gordura corporal inicial (g));
- DCZ (g) = (cinza corporal final (g) – cinza corporal inicial(g));
- ERN (%) = $100 \times [N \text{ corporal final (g)} - N \text{ corporal inicial (g)}] / \text{consumo de N (g)}$

2.9. Análises estatísticas

Os resultados são apresentados como média \pm erro padrão da média. Todos os dados foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk à 5%) e ao teste de homocedasticidade das variâncias (teste de Levene à 5%). As variáveis que apresentaram homogeneidade, foram submetidas a análise de variância de uma via (anova), seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$).

As variáveis que apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) foram submetidas a análise de contrastes polinomiais ortogonais por meio de regressão linear e quadrática. Caso os dois modelos de regressão sejam significativos, o menor valor de p e o maior valor de R^2 serão levados em consideração para a escolha. Os dados foram analisados com o pacote estatístico Info Stat® (2010).

3. RESULTADOS

3.1. Valores dos aminoácidos totais analisados e digestíveis das dietas

Durante o período experimental todos os animais sobreviveram e nenhum sinal patológico externo foi registrado.

A composição aminoacídica das dietas experimentais e os respectivos valores digestíveis, estimados após a obtenção dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição analisada dos aminoácidos totais (AAT) e digestíveis (AAD) em g kg⁻¹.

Aminoácidos	Níveis de Lis digestível (g kg ⁻¹) ^a											
	9,14		12,54		15,64		18,94		22,44		24,12	
	AAT	AAD	AAT	AAD	AAT	AAD	AAT	AAD	AAT	AAD	AAT	AAD
Histidina	6,65	6,03	6,63	6,02	6,69	6,03	6,64	6,07	6,63	6,03	6,65	6,02
Isoleucina	11,69	10,35	11,9	10,47	11,49	10,14	11,48	10,21	11,56	10,28	11,89	10,47
Leucina	35,65	33,12	36,23	33,71	35,89	33,65	36,73	33,78	35,68	33,14	35,56	33,44
Lisina	11,07	9,14	14,08	12,54	17,01	15,64	20,07	18,94	23,11	22,44	26,05	24,12
Met + cistina	11,68	10,86	11,49	10,68	11,70	10,84	11,91	11,08	11,83	10,89	11,44	10,56
Metionina	6,63	6,14	6,71	6,20	6,69	6,25	6,48	6,01	6,85	6,31	6,82	6,29
Treonina	11,24	10,53	11,68	10,90	11,53	10,73	11,39	10,81	11,39	10,92	11,74	11,30
Triptofano	2,18	1,89	2,12	1,83	2,21	1,91	2,23	1,93	2,19	1,89	2,22	1,92
Valina	14,18	12,68	14,04	12,59	14,47	12,77	14,67	12,99	14,26	12,82	14,45	12,88
Arginina	15,27	13,36	15,87	13,81	15,34	13,39	15,28	13,29	15,91	13,67	15,49	13,02
Fenilalanina	15,78	14,04	15,89	14,02	15,48	13,80	15,82	14,01	15,69	14,03	15,88	14,02

^a Valores digestíveis calculados de acordo com os coeficientes de digestibilidade de cada aminoácido.

3.2. Desempenho zootécnico

O aumento gradativo de Lis digestível de 9,14 a 24,12 g kg⁻¹ na dieta influenciou todas as variáveis de desempenho zootécnico (Tabela 3). Foi observado efeito quadrático ($p < 0,05$) no GP, TCA, TCE, CR (Tabela 3; Fig. 1), PF e GPR (Tabela 3) estimando os níveis ótimos em 16,76; 17,17; 16,60; 15,71; 16,75 e 16,78 g kg⁻¹ de Lis digestível na dieta, respectivamente.

Tabela 3 – Desempenho de Panga diante de níveis crescentes de Lis digestível durante 60 dias

Lis digestível (g kg ⁻¹)	Variáveis							
	PI (g)	CR (g)	CLD (mg)	PF (g)	GP (g)	GPR (%)	TCA (g g ⁻¹)	TCE (% dia ⁻¹)
9,14	3,21	29,00	318,96	9,50	6,28	195,52	4,62	1,81
12,54	3,20	29,60	414,45	10,75	7,55	236,32	4,00	2,02
15,64	3,19	30,39	515,02	11,16	7,97	249,98	3,82	2,09
18,94	3,19	30,01	600,17	11,48	8,29	259,67	3,65	2,13
22,44	3,19	29,03	677,90	10,95	7,76	243,09	3,75	2,05
24,12	3,20	27,59	717,42	8,99	5,79	180,86	4,65	1,72
*EPM	0,01	0,25	29,47	0,21	0,21	6,84	0,10	0,04
**p	0,988	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Regressão							
Linear	0,768	0,031	<0,001	0,459	0,491	0,565	0,486	0,471
Quadrático	0,507	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R²	-	0,51	0,99	0,67	0,67	0,66	0,62	0,66

PI (peso inicial), CR (consumo de ração), CLD (consumo de lis digestível), PF (peso final), GP (ganho de peso), GPR (ganho de peso relativo), TCA (taxa de conversão alimentar), TCE (taxa de crescimento específico). N= 8 peixes por tratamentos. Regressão quadrática: CR: $y = -0,0347x^2 + 1,09x + 21,755$; CLD: $y = -0,3809x^2 + 39,43x - 12,531$; PF: $y = -0,0373x^2 + 1,25x + 1,053$; GP: $y = -0,0376x^2 + 1,26x - 2,235$; GPR: $y = -1,1983x^2 + 40,22x - 76,282$; TCA: $y = 0,0161x^2 - 0,55x + 8,381$; TCE: $y = -0,0063x^2 + 0,21x + 0,393$

*EPM- erro padrão da média

**Anova ($p < 0,05$)

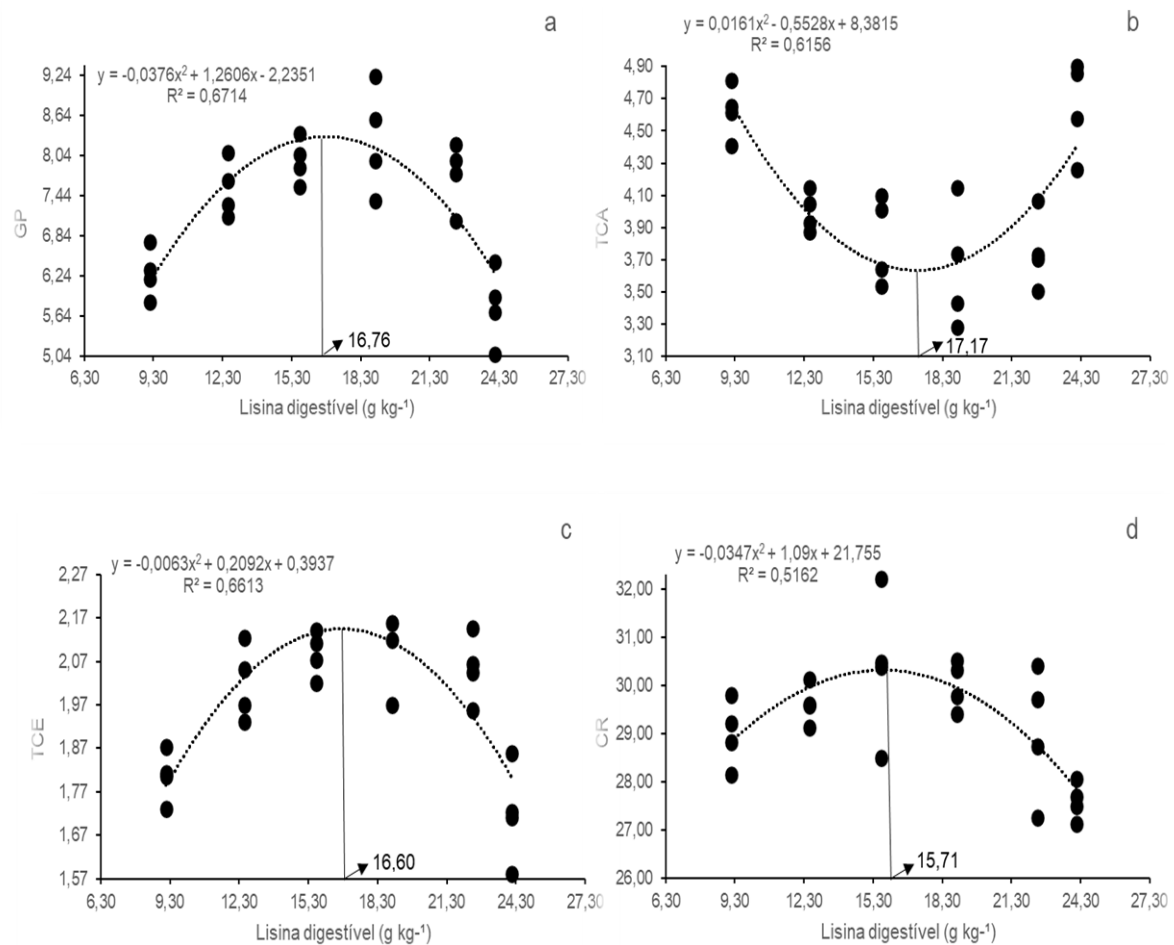


Fig.1- Representação gráfica do ganho de peso (a), taxa de conversão alimentar (b), taxa de crescimento específico (c) e consumo de ração (d) de Panga (*Pangasius hypophthalmus*) em função de diferentes níveis de Lis digestível na dieta

3.3. Composição e deposição corporal

O aumento gradativo de Lis nas dietas proporcionou redução linear ($p < 0,05$) no teor de UM. Já os teores de PB, GB e CZ, apresentam efeito quadrático ($p < 0,05$) (Tabela 4), estimando os níveis ótimos em 18,59, 16,30 e 19,50 g kg⁻¹ de Lis digestível na dieta, respectivamente.

Tabela 4 – Composição e deposições corporais de Panga alimentados com dietas contendo níveis crescentes de Lis digestível durante 60 dias.

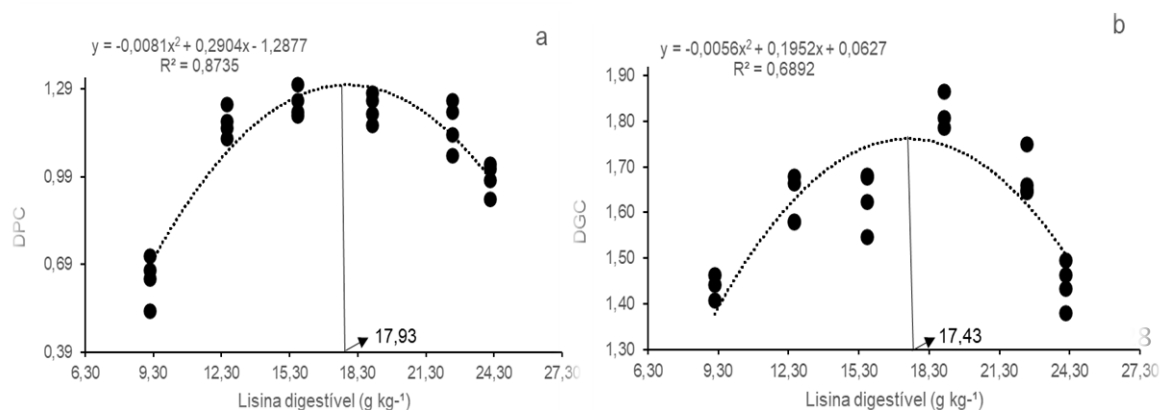
Lis digestível (g kg ⁻¹)	Variáveis							
	UM (%)	PB (%)	GB (%)	CZ (%)	DPC (g)	DGC (g)	DCZ (g)	ERN (%)
9,14	70,10	9,78	16,01	2,77	0,64	1,40	0,27	7,72
12,54	69,72	10,93	15,49	2,79	1,17	1,63	0,30	12,99
15,64	71,50	11,15	12,77	2,70	1,24	1,63	0,30	13,27
18,94	68,78	10,69	15,74	2,56	1,23	1,85	0,30	13,74
22,44	69,57	10,64	15,07	2,71	1,17	1,68	0,30	13,65
24,12	68,47	10,98	16,62	2,67	0,99	1,44	0,23	11,73
*EPM	0,27	0,12	0,28	0,02	0,05	0,03	0,01	0,45
**p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Regressão							
Linear	0,016	0,010	0,091	<0,001	<0,001	0,032	<0,001	<0,001
Quadrático	0,116	0,010	<0,001	0,010	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R²	0,16	0,39	0,40	0,38	0,87	0,69	0,64	0,88

UM - Umidade, PB - Proteína Bruta, GB - Gordura bruta, CZ - Cinza, DPC - deposições de proteína corporal, DGC - deposição de gordura corporal, DCZ - deposição de cinza corporal, ERN - eficiência de retenção de nitrogênio, *n* = 8 peixes por tratamentos. Regressão quadrática: PB: $y = -0,0119x^2 + 0,44x + 6,931$; GB: $y = 0,0372x^2 - 1,21x + 24,11$; CZ: $y = 0,0013x^2 - 0,05x + 3,166$; DPC: $y = -0,0081x^2 + 0,29x - 1,287$; DGC: $y = -0,0056x^2 + 0,19x + 0,063$; DCZ: $y = -0,0009x^2 + 0,03x + 0,063$; ERN: $y = -0,0728x^2 + 2,67x - 10,155$

*EPM- erro padrão da média

**Anova ($p < 0,05$)

As DPC, DGC, DCZ e ERN apresentaram efeito quadrático ($p < 0,05$), estimando os níveis ótimos em 17,93, 17,43, 16,94 e 18,33 g kg⁻¹ de Lis digestível da dieta, respectivamente (Tabela 4; Fig. 2).



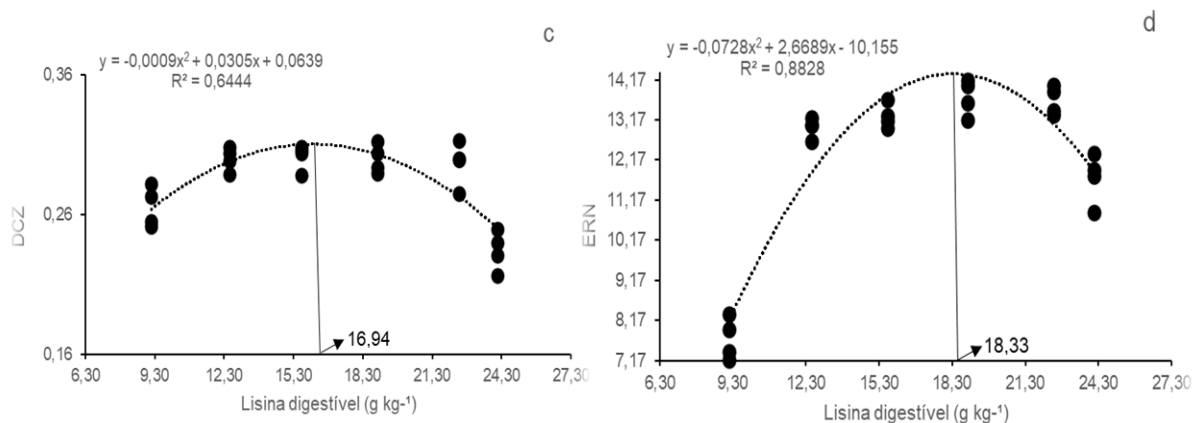


Fig.2- Representação gráfica da deposição de proteína corporal (a), deposição de gordura corporal (b), deposição de cinza corporal (c) e eficiência de retenção de nitrogênio (d) de Panga (*Pangasius hypophthalmus*) em função de diferentes níveis de Lis digestível na dieta

3.4. Variáveis bioquímicas e hematológicas

O aumento gradativo de Lis digestível (9,14 – 24,12 g kg⁻¹) nas dietas não influenciou os parâmetros bioquímicos do plasma sanguíneo ($p > 0,05$) (Tabela 5). Foi observado aumento quadrático ($p < 0,05$) no glicogênio, PT no fígado e redução na atividade da AST, aos níveis ótimos de 18,33; 18,73 e 17,18 g kg⁻¹ Lis digestível, respectivamente (Tabela 5, Fig. 3).

Tabela 5 – Metabólicos do sangue e fígado de Panga alimentados com dietas contendo níveis crescentes de Lis digestível durante 60 dias.

Lis digestível (g kg ⁻¹)	Variáveis							
	Sangue					Fígado		
	GLI	ALB	PT	TRIG	COL	Glicogênio	PT	AST
9,14	104,48	0,47	2,40	346,93	123,75	0,78	1,44	505,45
12,54	100,35	0,56	2,08	328,28	150,94	1,06	1,51	401,75
15,64	96,51	0,42	2,23	288,11	125,00	1,28	1,78	357,48
18,94	100,62	0,63	2,32	352,87	151,88	1,51	2,01	370,46
22,44	101,98	0,55	2,08	329,51	126,35	1,30	1,83	361,67
24,12	106,28	0,44	2,09	319,67	111,25	1,06	1,65	501,68
*EPM	1,86	0,03	0,06	12,44	7,34	0,06	0,05	16,73
**p	0,767	0,431	0,459	0,767	0,574	<0,001	0,008	0,002

Regressão								
Linear	0,660	0,965	0,232	0,804	0,487	0,004	0,019	0,603
Quadrático	0,170	0,307	0,961	0,710	0,230	<0,001	0,004	<0,001
R ²	-	-	-	-	-	0,64	0,42	0,51

GLI (glicose) é expresso em mg dl⁻¹, ALB (albumina) é expresso em g dl⁻¹, PT (proteína total) é expresso em g dl⁻¹ do sangue, TRIG (triglicerídeos) é expresso em g dl⁻¹, COL (colesterol) é expresso em mg dl⁻¹, Glicogênio é expresso em N mol glicose g⁻¹ fígado, PT (proteína total) é expresso em g dl⁻¹ do fígado, AST (aspartato aminotransferase) é expresso em U mg⁻¹ da proteína do fígado, n= 8 peixes por tratamentos. Regressão quadrática: Glicogênio: $y = -0,008x^2 + 0,29x - 1,278$; PT: $y = -0,0055x^2 + 0,21x - 0,063$; AST: $y = 2,5248x^2 - 86,78x + 1091,5$

*EPM- erro padrão da média

**Anova ($p < 0,05$)

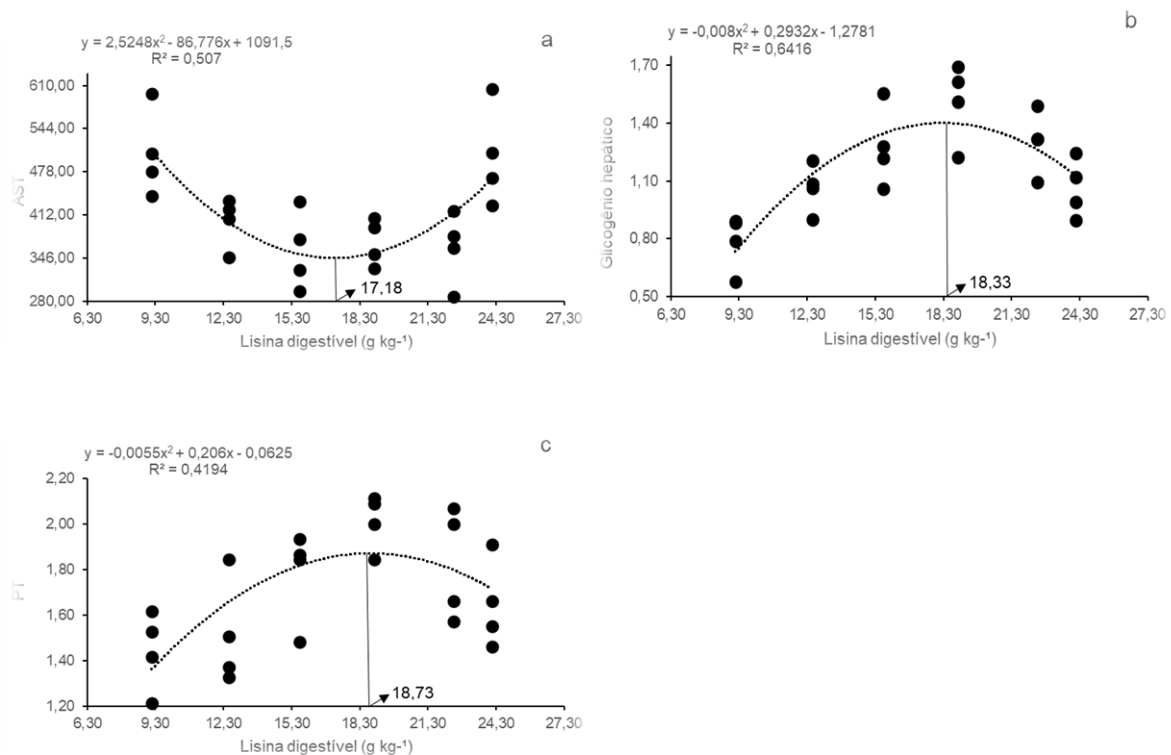


Fig. 3- Atividade da enzima Aspartato Aminotransferase (a), glicogênio hepático (b) e proteínas totais (c) de Panga (*Pangasius hypophthalmus*) em função de diferentes níveis de Lis digestível na dieta.

Os níveis de Lis nas dietas influenciaram de forma quadrática ($p < 0,05$) a contagem de ERI e a CHCM, aos níveis ótimos estimados em 17,12 e 16,11 g kg⁻¹ Lis digestível, respectivamente (Tabela 6). As variáveis hematológicas HT, HB, VCM e HCM não foram afetadas ($p > 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6 – Variáveis hematológicas de Panga alimentados com dietas contendo níveis crescentes de Lis digestível durante 60 dias.

Lis digestível (g kg ⁻¹)	Variáveis					
	HT	ERI	HB	VCM	HCM	CHCM
9,14	33,25	2,62	11,10	133,78	42,44	32,82
12,54	34,00	2,74	10,90	124,49	41,66	34,72
15,64	33,00	2,90	11,13	112,17	41,66	37,36
18,94	36,50	2,89	12,00	130,47	43,03	36,02
22,44	34,25	2,92	11,02	114,30	36,02	32,21
24,12	33,50	2,58	10,67	123,23	38,15	32,01
*EPM	0,39	0,03	0,19	2,57	0,96	0,49
**p	0,083	<0,001	0,470	0,074	0,225	<0,001
Regressão						
Linear	0,438	0,253	0,824	0,174	0,063	0,481
Quadrático	0,117	0,034	0,206	0,140	0,518	0,049
R ²	-	0,54	-	-	-	0,63

HT (hematócrito) é expresso em %, ERI (eritrócitos) é expresso em 10⁶ µL⁻¹, HB (hemoglobina) é expresso em g dl⁻¹, VCM (volume corpuscular médio) é expresso em fL, HCM (hemoglobina corpuscular média) é expresso em pg, CHCM (concentração de hemoglobina corpuscular média) é expresso em g dl⁻¹, n= 8 peixes por tratamentos. Regressão quadrática: ERI: $y = -0,005x^2 + 0,17x + 1,433$; CHCM: $y = -0,080x^2 + 2,59x + 15,706$

*EPM- erro padrão da média

**Anova ($p < 0,05$)

4. DISCUSSÃO

A diferença observada no CR, diante da variação de lisina digestível (9,14 – 24,12 g kg⁻¹), pode ser atribuída ao fato da Lis ser um aminoácido essencial limitante, provocando perda de apetite em níveis deficientes do aminoácido. Em contrapartida, níveis excessivos de Lis, podem provocar antagonismo com aminoácidos de estrutura química semelhante, como arginina, interferindo diretamente na ingestão da dieta (Ahmed e Khan 2004). Efeitos sobre o consumo

da ração em função da Lis, também foram observados por Borlongan e Benitez (1990), com juvenis de peixe leite (*Chanos chanos*) e Xie et al. (2012) em estudo com larvas de corvina-amarela (*Pseudosciaena crocea*).

O GP dos peixes é a variável mais utilizada para determinação da exigência de aminoácidos (NRC 2011), e está diretamente relacionado com as deposições corporais de água, proteína, gordura e cinzas (Bomfim et al. 2020; Marchão et al. 2023; Rocha et al. 2023).

No presente estudo, o GP dos Pangas apresentou melhora até a concentração dietética de 16,76 g kg¹ de Lis digestível, com a suplementação de L-lisina na dieta, comprovando a capacidade da espécie em usar de forma eficiente a Lis na forma sintética, confirmando o descrito de Rachmawati et al. (2023) em estudo com Panga (8,21g). Assim, a suplementação de Lis em dietas limitantes nesse aminoácido é imprescindível, principalmente naquelas à base de alimentos de origem vegetal, onde é normalmente limitante (Wilson 2002; Espe et al. 2007; NRC, 2011; Nunes et al. 2014; Marchão et al. 2020).

Resultados positivos no desempenho zootécnico com a suplementação de Lis dietética também foram descritos em estudos com outras espécies de peixe, como Jundiá, *Rhamdia quelen* (Montes-Girao et al. 2006), Pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Abimorad et al. 2010), Peixe-Gato Amarelo, *Pelteobagrus fulvidraco* (Cao et al. 2012), Tambaqui, *Colossoma macropomum* (Marchão et al. 2020) e Tilápia, *Oreochromis niloticus* (Bomfim et al. 2010; Furuya et al. 2006; Prabu et al. 2020). Esses resultados são atribuídos a função quase que exclusiva da Lis na deposição de proteína corporal, quando adicionada em proporções balanceadas, sendo o aminoácido encontrado em maior quantidade nas carcaças dos peixes (NRC 2011; Wu 2013).

A exigência Lis também pode ser determinada com base na deposição de proteína corporal (Encarnação et al. 2004; Zaminhan et al. 2018), uma vez que, dentre os aminoácidos essenciais, a Lis apresenta função quase que exclusiva para a deposição de proteína corporal (NRC 2011; Wu 2013). No presente estudo, o nível ótimo estimado para a máxima DPC foi de 17,93 g kg⁻¹ de Lis digestível.

Nossos achados são diferentes dos valores ótimos recomendados para a espécie, onde Rachmawati et al. (2023), ao trabalhar com Pangas de peso corporal 8,21g, determinou o nível ótimo em 22,2 g kg⁻¹ de Lis digestível, enquanto que Rachmawati e Nurhayati (2022), recomendaram níveis de 12 g kg⁻¹ para Pangas com 4,13g. Nossos valores ainda diferem de níveis ótimos recomendados para juvenis de Bagre Amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*), onde a exigência dietética de Lis total é de 33,1 g kg⁻¹ (Cao et al. 2012). Em contrapartida, nossas recomendações são próximas ao recomendado para Tambaqui (*Colossoma macropomum*), onde Silva et al. (2018) estimou o requerimento de Lis digestível em 17,8 g kg⁻¹.

A diferença entre os valores recomendados para espécie, pode ser em função da metodologia de estudo empregada, visto que, a determinação foi baseada em valores de Lis total (Rachmawati e Nurhayati 2022), enquanto que o presente estudo, recomenda níveis digestíveis. Além disso, outros fatores como diferentes estágios de vida (Rachmawati et al. 2023), diferença entre espécies e modelos estatísticos empregados podem afetar os níveis recomendados (NRC 2011; Song et al. 2016; Yu et al. 2022). O estado de saúde dos peixes, condições de manejo e fontes de proteínas da dieta, também são

fatores que influenciam na estimativa de exigência dietética de aminoácidos (NRC 2011; Wu 2013; Van Larebeke et al. 2018).

O aumento na TCE e melhora na TCA com a suplementação de L-lis nas dietas até os níveis ótimos de 16,60 e 17,17 g kg⁻¹, respectivamente, está associada ao melhor balanço aminoacídico da dieta, proporcionando maior eficiência de utilização da proteína dietética (Yu et al. 2022), refletindo diretamente em maior DPC e ERN (NRC 2011; Marchão et al. 2020).

A redução na DPC e DGC em níveis acima da exigência de Lis digestível (17,93 g kg⁻¹), pode estar relacionado a redução no CR e ao gasto energético para catabolizar a Lis dietética excedente a exigência, uma vez que, o requerimento foi atingido e os peixes não são capazes de armazenar aminoácidos (NRC 2011; Wu 2013). Efeitos semelhantes foram descritos por Abimorad et al. (2010); Marchão et al. (2020); De Souza Romaneli et al. (2021).

O fígado é um órgão vital e exerce importantes funções metabólicas no organismo dos peixes (NRC 2011). Além disso, é o local de deposição da maior parte do glicogênio, que é a forma de reserva de glicose do metabolismo animal, atuando na regulação dos níveis de glicose no sangue (Oliveira et al. 2022; Marchão et al. 2023).

O teor de glicogênio hepático aumentou gradativamente até 18,33 g kg⁻¹ de Lis digestível, valor próximo ao valor de exigência estimado com base na DPC do Panga neste estudo. Esse resultado pode estar relacionado ao aumento de CR, uma vez que, à medida em que a Lis deixou de ser limitante, em função da sua suplementação na dieta, melhorou o balanço aminoacídico, isso proporcionou aumento no CR, até o atendimento da exigência, desta forma maior parte dos aminoácidos da dieta foram destinados ao anabolismo, conforme

evidenciado na DPC. Consequentemente, a energia excedente foi depositada na forma de glicogênio hepático (Nelson e Cox 2002; Marchão et al. 2023), que aumentou até o atendimento da exigência e posteriormente reduziu.

A redução no glicogênio hepático com níveis de Lis acima da exigência, possivelmente está relacionado com o gasto energético para catabolizar os aminoácidos em excesso (Marchão et al. 2022; Rocha et al. 2023). Outra hipótese baseia-se na redução do CR, observado para os peixes que receberam as dietas com os maiores níveis de Lis (22,44 - 24,12 g kg⁻¹), ocasionado possivelmente pelo excesso de Lis, provocando desequilíbrio aminoacídico, redução no CR e consequentemente menor disponibilidade de energia para ser armazenada (NRC 2011; Wu 2013).

A AST é uma enzima sintetizada em grande proporção no tecido hepático e participa do processo de transaminação dos aminoácidos em excesso, liberando os esqueletos carbônicos para rotas energéticas (Gao et al. 2014). A redução na atividade da enzima hepática AST observada no presente estudo até 17,18 g kg⁻¹ de Lisina digestível, valor próximo ao nível estimado para o maior ganho de peso e deposição de proteína corporal (16,76 e 17,93 g kg⁻¹, respectivamente), demonstra que o processo de transaminação é reduzido em dietas balanceadas. Em contrapartida, níveis excessivos de Lis, resultaram no aumento da ação da AST no fígado, possivelmente pelo catabolismo da Lis em excesso, uma vez que a exigência foi atendida. Resultados semelhantes foram descritos por Campelo et. al (2018), em estudo com Lambari (*Astyanax altiparanae*).

Os parâmetros sanguíneos são variáveis utilizadas como indicadores do bem-estar dos peixes (Marchão et al. 2023; Macedo et al. 2023; Rocha et al.

2023; Aroucha et al. 2023). No entanto, no presente estudo não foram encontradas diferenças estatísticas ($p>0,05$) sobre as análises sanguíneas, indicando que os peixes permaneceram em homeostase durante todo o período experimental.

O aumento nos teores de PT no fígado pode ser justificado pelo aumento no CR e conseqüentemente maior quantidade de aminoácidos transportados para síntese proteica (Parchikolaei et al. 2021; Wahyudi et al. 2023), uma vez que, o fígado sintetiza proteínas que atuam como transportadoras de nutrientes, como ácidos graxos e aminoácidos (Stockham e Scott 2011). Efeitos semelhantes foram relatados por Ebeneazar et al. (2019) ao determinar a exigência de Lis para *Trachinotus blochii* e Wahyudi et al. (2023), em estudo com *Pangasius hypophthalmus*.

O aumento nos valores de ERI e CHCM, estão associados ao fato dos eritrócitos serem as células responsáveis pelo transporte de oxigênio e gás carbônico no organismo (Lemos et al. 2018; da Silva Liebl et al. 2022), enquanto que o CHCM, leva em consideração a concentração de hemoglobina dentro de um eritrócito (Ribeiro-Alves e Gordan, 2014). Dessa forma, o aumento desses parâmetros com a suplementação de Lis, pode ser um indicativo de taxas metabólicas mais altas nos animais que receberam dietas com níveis próximos a exigência, devido a otimização da síntese proteica. Apesar da diferença, nossos achados estão dentro dos valores descritos para a espécie, onde os ERI variam de 0,76 - 7,71 $10^6 \mu\text{L}^{-1}$ (Daniel et al. 2018; Manna et al. 2021) e CHCM de 18,29 - 35,71 g dL^{-1} (Manna et al. 2021; Vhatkar et al. 2016).

Diante das descobertas do presente estudo, novos dados servirão de base para formulação de rações que atendam a exigência de Lis digestível em

dietas para o Panga, aumentando seu potencial de desempenho sem comprometer seu bem-estar. Além disso, os custos de produção poderão ser reduzidos, bem como a excreção de nitrogênio no ambiente aquático.

6. CONCLUSÃO

A exigência de Lis digestível para Panga é 17,93 g kg⁻¹ (5,98% da PB da dieta), por promover maior deposição de proteína corporal, sem comprometer os parâmetros hemato-bioquímicos da espécie.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Brasil (Finance code 001) e Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA, pelo financiamento do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

Abimorad, E. G., Favero, G. C., Squassoni, G. H and Carneiro, D. 2010. Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*, *Aquaculture Nutrition*, 16, 370-377. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00674.x>

Ahmed, I and Khan, M. A. 2004. Dietary lysine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton), *Aquaculture*, 235, 499-511. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.12.009>

AOAC – Association of Official Analytical Chemists Oficial. Official Methods of Analysis. In: Latimer Jr GW (Ed), AOAC INTERNATIONAL, 20th ed, Gaithersburg, MD, USA, 2016.

Aroucha, R. J. N., Ribeiro, F. B., Bomfim, M. A. D., de Siqueira, J. C., Marchão, R. S and Do Nascimento, D. C. N. 2023. Digestible methionine plus cystine requirement in tambaqui (*Colossoma macropomum*) diets: Growth performance and plasma biochemistry, *Aquaculture Reports*, 32, 101725. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101725>

Bidinotto, P. M., Souza, R. H. S and Moraes, G. 1997. Hepatic glycogen in eight tropical freshwater teleost fish: a procedure for field determinants of micro samples, *Boletim Técnico CEPTA Pirassununga*, 10, 53-60.

Bomfim, M. A. D., Lanna, E. A. T., Donzele, J. L., Quadros, M., Ribeiro, F. B and Sousa, M. P. D. 2010. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 1-8. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100001>

Bomfim, M. A. D., Marchão, R. S., Ribeiro, F. B., Siqueira, J. C. D., Silva, L. R and Takishita, S. S. 2020. Digestible tryptophan requirement for tambaqui (*Colossoma macropomum*) fingerlings, *Revista Ciência Agronômica*, 51, e20196724. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200025>

Borlongan, I. G and Benitez, L. V. 1990. Quantitative lysine requirement of milkfish (*Chanos chanos*) juveniles, *Aquaculture*, 87, 341–347. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90071-T](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90071-T)

Campelo, D. A. V., Salaro, A. L., Ladeira, A. L. F., Moura, L. B. D and Furuya, W. M. 2018. Dietary lysine requirement of adult lambari (*Astyanax altiparanae*) (Garutti and Britski, 2000), *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47, e20160325. <https://doi.org/10.1590/rbz4720160325>

Cao, J. M., Chen, Y., Zhu, X., Huang, Y. H., Zhao, H. X., Li, G. L., Lan, H. B., Chen, B and Pan, Q. 2012. A study on dietary L-lysine requirement of juvenile

yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*, *Aquaculture Nutrition*, 18, 35-45.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00874.x>

Daniel, N., Muralidhar, A. P., Srivastava, P. P., Jain, K. K., Pani Prasad, K., Anandan, R and Manish, J. 2018. Influence of Vitamin C on Hematology of *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) Juveniles during pre and post-challenge with *Aeromonas hydrophila* (Chester, 1901), *Fish Technology*, 55 (2), 120-127.

Da Silva Liebl, A. R., Cáo, M. A., dos Santos Nascimento, M., Castro, P. D. D. S., Duncan, W. L. P, Pantoja-Lima, J., Aride, P. H. R., Bussons, R. F. M., Furuya, W. M., Faggio, C and de Oliveira, A. T. 2022. Dietary lysine requirements of *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) based on growth performance, hepatic and intestinal morphohistology and hematology, *Veterinary Research Communications*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11259-021-09872-6>

De Souza Romaneli, R., do Nascimento, T. M. T., Gous, R. M., de Paula Reis, M., Mansano, C. F. M., Khan, K. U., Sakomura, N. K and Fernandes, J. B. K. 2021. Response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to lysine: Performance, body composition, maintenance and efficiency of utilization, *Aquaculture*, 538, 736522. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736522>

Ebenezar, S., Vijayagopal, P., Srivastava, P. P., Gupta, S., Sikendrakumar Varghese T., Prabu, D. L., Chandrasekar, S., Varghese, E., Sayooj, P., Tejpal, C. S and Wilson, L. 2019. Dietary lysine requirement of juvenile silver pompano, *Trachinotus blochii* (Lacepede, 1801), *Aquaculture*, 511, 734234. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734234>

Encarnaç o, P., de Lange, C., Rodehutschord, M., Hoehler, D., Bureau, W and Bureau, D. P. 2004. Diet digestible energy content affects lysine utilization,

but not dietary lysine requirements of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) for maximum growth, *Aquaculture*, 235, 569-586.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.01.001>

Espe, M., Lemme, A., Petri, A and El-Mowafi, A. 2007. Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in Atlantic salmon using plant protein diets, *Aquaculture*, 1 (4), 168-178.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.018>

FAO. 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture. Meeting the Sustainable Development Goals 2018. FAO, Rome <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>

FAO. 2022. The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards blue transformation. Rome, Italy, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

Furuya, W. M., Santos, V. G. D., Silva, L. C. R., Furuya, V. R. B and Sakaguti, E. S. 2006. Digestible lysine requirements of Nile tilapia juveniles, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 937-942. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000400001>

Gao, Y. J., Yang, H. J., Liu, Y. J., Chen, S. J., Guo, D.Q., Yu, Y. Y and Tian, L. X. 2014. Effects of graded levels of threonine on growth performance, biochemical parameters and intestine morphology of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella*, *Aquaculture*, 424 (425), 113-119.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.043>

Guimarães, C. F. M., Mársico, E. T., Monteiro, M. L. G., Lemos, M., Mano, S. B and Conte Junior, C. A. 2016. The chemical quality of frozen Vietnamese *Pangasius hypophthalmus* fillets. *Food science nutrition*, 4(3), 398-408.
<https://doi.org/10.1002/fsn3.302>

Karl, H., Lehmann, I., Rehbein, H and Schubring, R. 2010. Composition and quality attributes of conventionally and organically farmed *Pangasius* fillets (*Pangasius hypophthalmus*) on the German market, *Inter journal food science technology*, 45(1), 56-66. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02103.x>

Kumar, M. P and Ramulu, K. S. 2013. Haematological changes in *Pangasius hypophthalmus* infected with *Aeromonas hydrophila*, *International Journal Food, Agriculture Veterinary Science*, 3(1), 70-75.

Lefevre, S., Há, N. T. K., Wang, T., Phuong, N. T and Bayley, M. 2011. A telemetry study of swimming depth and oxygen level in a *Pangasius* pond in the Mekong Delta, *Aquaculture*, 3153, 410-413.

Leonardo, A. F., Barros, H. P and Sampaio, G. G. 2022. Benzocaine and eugenol as anesthetics for pangasius juveniles, *Pangasianodon hypophthalmus*, *Boletim de Indústria Animal*, 79, 1-10. <https://doi.org/10.17523/bia.2022.v79.e1505>

Lemos, C. H. P., Ribeiro, C. V. D. M., Oliveira, C. P. B., Couto, R. D and Copatti, C. E. 2018. Effects of interaction between pH and stocking density on the growth, haematological and biochemical responses of Nile tilapia juveniles, *Aquaculture*, 495, 62--67. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.05.037>

Macedo, J. D. S., Copatti, C. E., Costa, E. V., da Silva, F. M. A., Dutra, L. M., Santos, V. L. D. A., Almeida, J. R. G. S., Tavares-Dias, M and Melo, J. F. B. 2023. Effects of *Citrus limon* extract on growth performance and immunity in striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*), *Aquaculture International*, 31, 719-738. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00995-4>

Manna, S. K., Das, N., Bera, A. K., Baitha, R., Maity, S., Debnath, D., Panikkar, P., Nag, S. K., Sarkar, S. D., Das, B. K and Patil, P. K. 2021. Reference

haematology and blood biochemistry profiles of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in summer and winter seasons, *Aquaculture Reports*, 21:100836. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100836>

Marchão, R. S., Ribeiro, F. B., de Siqueira, J. C., Bomfim, M. A. D., Silva, J. C., de Sousa, T. J. R., Nascimento, D. C. N and da Costa Sousa, M. 2020. Digestible lysine requirement for Tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles using the diet dilution technique, *Aquaculture Reports*, 18, 100482. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100482>

Marchão, R. S., Ribeiro, F. B., Bomfim, M. A., Pereira, G. A., Rocha, A. D. S., Vidal, L. V., Copatti, C. E and Melo, J. F. B. 2022. Digestible threonine requirement in tambaqui (*Colossoma macropomum*) diets: Growth, body deposition, haematology and metabolic variables, *Aquaculture Research*, 53, 5697--5709. <https://doi.org/10.1111/are.16051>

Marchão, R. S., Copatti, C. E., Ribeiro, F. B., Bomfim, M. A. D., de Lima, M. S., Batista, V. F., Rocha, A. S., Pereira, G. A., Costa, T. S., da Rocha, D. R., Vidal, L. V. O and Melo, J. F. B. 2023. Evaluation of dietary tryptophan requirement on growth, whole-body composition, and hematobiochemical parameters of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in the fattening phase, *Aquaculture International*, 32, 633-652. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01179-4>

Michelato, M., Zaminhan, M., Boscolo, W. R., Nogaroto, V., Vicari, M., Artoni, R. F and Furuya, W. M. 2017. Dietary histidine requirement of Nile tilapia juveniles based on growth performance, expression of muscle-growth-related genes and haematological responses, *Aquaculture*, 467, 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.038>

Montes-Girao, P. J and Fracalossi, D. M. 2006. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*, Journal World Aquaculture Society, 37, 388-396. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00052.x>

Mugaonkar, P. K., Kumar, N. R and Biradar, R. S. 2019. Economics and determinants of pangas catfish production in India, Fishery Technology, 56, 80-88.

Mukhtar, B., Malik, M. F., Shah, S. H., Azzam, A and Slahuddin, L. I. 2017. Lysine supplementation in fish feed, International Journal of Applied Biology Forensics, 1, 26--31.

Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H and Troell, M. 2021. A 20-year retrospective review of global aquaculture, Nature, 591, 551-563. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>

Nelson, D. L and Cox, M. M. 2002. Lehninger princípios de bioquímica, 3rd edn. Sarvier Editora de Livros Médicos LTDA, São Paulo.

Nunes, A. J., Sá, M. V., Browdy, C. L and Vazquez-Anon, M. 2014. Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids, Aquaculture, 431, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.04.003>

National Research Council, 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. The National Academies Press. Washington, DC. <https://doi.org/10.17226/13039>

Oliveira, I. C., Oliveira, R. S. M., Lemos, C. H. D. P., de Oliveira, C. P. B., Felix e Silva A, Lorenzo, V. P., Lima, A. O., Cruz, A. L and Copatti, C. E. 2022. Essential oils from *Cymbopogon citratus* and *Lippia sidoides* in the anesthetic

induction and transport of ornamental fish *Pterophyllum scalare*, Fish Physiology and Biochemistry, 48 (3), 501-519. <https://doi.org/10.1007/s10695-022-01075-3>

Peixe BR - Anuário peixe BR da piscicultura. 2022. São Paulo, Associação Brasileira de Piscicultura

Peter, N., Pradhan, C., Dileep, N., Musharraf, M and Thazhakot Vasunambisan, S. 2022. Dietary taurine improved growth performance, nutrient utilization, and antioxidant enzyme activities in pangasius *Pangasianodon hypophthalmus*, Journal World Aquaculture Society, 53 (1), 106-121. <https://doi.org/10.1111/jwas.12778>

Phan, L. T., Bui, T. M., Nguyen, T. T., Gooley, G. J., Ingram, B. A., Nguyen, H. V., Nguyen, P. T and De Silva, S. S. 2009. Current status of farming practices of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* in the Mekong Delta, Vietnam, Aquaculture, 296, 227-236. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.08.017>

Prabu, E., Felix, N., Uma, A and Praveenraj, J. 2020. Effects of dietary L-lysine supplementation on growth, body composition and muscle-growth-related gene expression with an estimation of lysine requirement of GIFT tilapia, Aquaculture Nutrition, 26(2), 568-578. <https://doi.org/10.1111/anu.13018>

Parchikolaei, H. M., Kenari, A. A and Esmaeili, M. 2021. Soybean-based diets plus probiotics improve the profile of fatty acids, digestibility, intestinal microflora, growth performance, and the innate immunity of beluga (*Huso huso*), Aquaculture Research, 52, 152-166. <https://doi.org/10.1111/are.14877>

Rachmawati, D and Nurhayati, D. 2022. Effect of dietary lysine on the growth performance of *Pangasius hypophthalmus*, Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir, dan Perikanan, 11, 111-116. <https://doi.org/10.13170/depik.11.2.23824>

Rachmawati, P. D., Samidjan, I., Nurhayati, D., Riyadi, P. H., Setyobudi, R. H and Anne, O. 2023. Effects of dietary lysine for river catfish juveniles on protein digestibility and body composition, Jourdan Journal Biology Science, 16, 165--170. <https://doi.org/10.54319/jjbs/160120>

Ribeiro-Alves, M. A and Gordan, P. A. 2014. Diagnosis of anemia in patients with chronic kidney disease, Jornal Brasileiro de Nefrologia, 36, 9-12. <https://doi.org/10.5935/0101-2800.2014S003>

Rocha, A. D. S., Copatti, C. E., Marchão, R. S., Costa, T. S., Santana, G. S., Coelho, M. C and Melo, J. F. B. 2023. Assessment of methionine plus cystine requirement of tambaqui (*Colossoma macropomum*) based on zootechnical performance, body composition, erythrogram, and plasmatic and hepatic metabolites, Veterinary Research Communications. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10175-1>

Shahjahan, M., Uddin, M. H., Bain, V and Haque, M. M. 2018. Increased water temperature altered hemato-biochemical parameters and structure of peripheral erythrocytes in striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. Fish Physiology and Biochemistry, 44, 1309-1318. <https://doi.org/10.1007/s10695-018-0522-0>

Song, C., Ren, M., Xie, J., Xianping, G. E., Liu, B., Zhou, Q., Miao, L., Chen, R., Xia, S and Zhang, W. 2016. Study of lysine requirement in different growth stages of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). Journal Shanghai Oceanic United, 25, 396-405.

Stockham, S. L and Scott, M. A. 2011. Fundamentos de patologia clínica veterinária Guanabara: Rio de Janeiro, 8, 368-375.

Van Larebeke, M., Dockx, G., Larondelle, Y and Rollin, X. 2018. Relative influence of dietary protein and energy contents on lysine requirements and voluntary feed intake of rainbow trout fry, *The British Journal Nutrition*, 119, 42-56. <https://doi.org/10.1017/S0007114517003300>

Vhatkar, A., Chavan, B and Prasad, K. P. 2016. Study of haematological parameters in catfish *Pangasianodon hypophthalmus* fed with probiotics supplemented diets, *International Journal Science Reseach*, 5, 1865-1868.

Wahyudi, I. T., Jusadi, D., Setiawati, M and Ekasari, J. 2023. Effects of dietary supplementation with cinnamon powder and lysine on blood chemistry, liver histology, growth performance, and fillet quality of striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*, *Aquaculture International*. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01141-4>

Wilson, R. P. 2022. Amino acids and proteins. In: Halver JE, Hardy RW (eds) *Fish nutrition*. Academic Press, Orlando pp 144-179. <https://doi.org/10.1016/B978-012319652-1/50004-5>

Wu, G. 2013. *Amino acids: Biochemistry and nutrition*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Xie, F., Ai, Q., Mai, K., Xu, W and Wang, X. 2012. Dietary lysine requirement of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*, Richardson 1846) larvae, *Aquaculture Reseach*, 43, 917-928. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02906.x>

Yu, H., Yang, M., Xiao, T., Luo, Y., Ren, W., Ye, L and Li, Y. 2022. Effects of dietary lysine levels on growth performance and antioxidative capacity in channel catfish *Ictalurus punctatus*, *Aquaculture Reseach*, 53, 4414-4425. <https://doi.org/10.1111/are.15939>

Zaminhan, M., Michelato, M., Furuya, V. R. B., Boscolo, W. R., Araújo, F. E., Cruz, T. P and Furuya, W. M. 2018. Total and available tryptophan requirement of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings, Aquaculture Nutrition, 24, 1553-1562. <https://doi.org/10.1111/anu.12792>

Declarações

Financiamento

Estudo financiado por recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA).

Agradecimentos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) - Código Financeiro 001 - pela bolsa de pesquisa concedida a Batista, V.F.

ANEXOS



COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS
CIAEP: 02.0341.2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO



CERTIFICADO (08/2023)

Certificamos que a proposta intitulada: “**Exigência de lisina digestível para peixe panga (*Pangasius hypophthalmus*): crescimento, deposição corporal, hematologia e variáveis metabólicas**” **Processo 23115.002765/2023-97**, sob a responsabilidade do **Prof. Dr. 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, na reunião realizada em 14 de abril de 2023.

We certify that the proposal: “**Lysine requirement for panga juvenile (*Pangasius hypophthalmus*) based on zootechnical performance, body composition and blood biochemical parameters**”, **Process 23115.002765/2023-97**, under the responsibility of **Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro**, which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, sub phylum Vertebrata (except humans beings) for scientific research purposes (or teaching) - is in accordance with Law No. 11,794, of October 8, 2008, Decree No. 6.899, of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethics Committee on Animals Use of the Federal University of Maranhão (CEUA - UFMA), in meeting of April 14, 2023.

PROPOSTA

Finalidade: Pesquisa **Área:** Ciência Animal

Vigência: 01/06/2023 a 30/08/2023

ANIMAIS

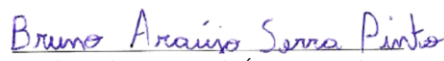
Origem: Piscicultura AQUAPESC. Jose Dilson Noleto Vilarinho – Eireli CNPJ: 23.069.548/0001-93. Endereço: BR 316, KM 267, Povoado Juçaral do Capistrano, Zona Rural, Santa Inês (MA) – CEP: 65300-970 – Caixa Postal 10.

Espécie: *Pangasius hypophthalmus* **Sexo:** Ambos sexos **Idade:** Juvenis **Peso:** 20g

AMOSTRA
240 peixes

Local do experimento: Laboratório de Nutrição e Alimentação de Organismos Aquáticos do Maranhão (LANUMA) - CCCh/UFMA

São Luís, 26 de abril de 2023


Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais



Documento assinado digitalmente

BRUNO ARAUJO SERRA PINTO

Data: 26/04/2023 10:35:55-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>