



Universidade Federal do Maranhão

Programa de Pós-graduação em Ciência Animal

**NÍVEIS DE TREONINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA
PANGA (*Pangasius hypophthalmus*): DESEMPENHO,
COMPOSIÇÃO CORPORAL E HEMATOBIOQUÍMICA**

CAROLAINE SILVA MARTINS CARVALHO

Chapadinha – MA

2025

CAROLAINÉ SILVA MARTINS CARVALHO

**NÍVEIS DE TREONINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA
PANGA (*Pangasius hypophthalmus*): DESEMPENHO,
COMPOSIÇÃO CORPORAL E HEMATOBIOQUÍMICA**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós – Graduação em
Ciência Animal da Universidade
Federal do Maranhão, para obtenção
do título de Mestre em Ciência
Animal.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Barbosa
Ribeiro

Chapadinha – MA

2025

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

Silva Martins Carvalho, Carolaine.

NÍVEIS DE TREONINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA PANGA
Pangasius hypophthalmus: DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E
HEMATOBIOQUÍMICA / Carolaine Silva Martins Carvalho. -
2025.

58 p.

Orientador(a): Felipe Barbosa Ribeiro.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal/ccch, Universidade Federal do Maranhão,
Universidade Federal do Maranhão, 2025.

1. Aminoácido Essencial. 2. Deposição de Proteína
Corporal. 3. Exigência Nutricional. 4. Ganho de Peso. I.
Barbosa Ribeiro, Felipe. II. Título.

CAROLAINÉ SILVA MARTINS CARVALHO

**NÍVEIS DE TREONINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA
PANGA (*Pangasius hypophthalmus*): DESEMPENHO,
COMPOSIÇÃO CORPORAL E HEMATOBIOQUÍMICA**

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

Aprovada em 25 / 02 / 2025

BANCA EXAMINADORA

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

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

Dr. Rafael Silva Marchão
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

“Porque o Senhor dá a
sabedoria: da sua boca vem o
conhecimento e o entendimento.”

Pr 2:6

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela vida e por todas as oportunidades que tive, por me dá sabedoria e toda força necessária para não desistir. Sem a Tua mão a me guiar eu não teria chegado até aqui.

A minha família, por me acompanhar ao longo desse percurso, em especial a minha mãe Isabel Cristina dos Santos Silva Martins, por ser um exemplo na minha vida, por ter sido minha base, por todos os ensinamentos, apoio em todos os momentos e me incentivado nos meus planos e projetos, és a principal responsável por eu ter chegado aonde estou. Ao meu pai Raimundo Nonato Silva Martins, por todo apoio para eu seguir em frente, ajuda e os ensinamentos que foram essenciais para minha chegada até aqui.

Ao meu esposo Eudonaik Siqueira de Carvalho, por todo companheirismo, apoio, compreensão das minhas ausências, por ser meu porto seguro nos momentos de dificuldade e estar ao meu lado em todos os momentos.

A toda equipe LANUMA (Laboratório de Alimentação de Organismos Aquáticos do Maranhão) em especial aos estagiários e bolsistas Glória, Bernardson, Jhullyana, Dhara, Milena, Maiane, Luana e Vinícius pela ajuda durante o experimento. As companheiras da pós, Milena e Claudia, pela amizade conquistada durante este percurso, por deixar tudo mais leve e por todos os momentos compartilhados. A todos os professores do Campus de Chapadinha pelos ensinamentos diários.

Ao meu orientador professor Dr. Felipe Barbosa Ribeiro pela oportunidade e disponibilização de me orientar, pela seriedade e paciência. Por ser mais que um orientador, um exemplo de ética e responsabilidade. Ao professor Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim pela oportunidade e incentivo de ingressar na iniciação científica. Ao Dr. Rafael Silva Marchão, pela ajuda em todas as etapas do desenvolvimento desse trabalho.

À Banca Examinadora, por disponibilizar do seu tempo e conhecimento a fim de contribuir para melhoria desse trabalho.

À FAPEMA pela concessão de bolsa de estudos.

Meu muito obrigada a todos!

RESUMO

A treonina é um dos aminoácidos essenciais limitantes em ingredientes vegetais utilizados nas dietas para peixes, sua limitação pode reduzir o desenvolvimento dos peixes. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de níveis de treonina digestível em dietas para panga (*Pangasius hypophthalmus*), sobre desempenho, composição corporal e variáveis hematobioquímicas. Foram utilizados 240 peixes, com peso inicial de $62\text{g} \pm 0,64\text{g}$. Os tratamentos foram seis dietas isoprotéicas (25% de proteína bruta) e isoenergéticas (3700 kcal kg^{-1} de energia bruta), contendo diferentes concentrações de treonina, sendo 8,70; 11,00; 13,60; 16,70; 19,30 e $21,60\text{ g kg}^{-1}$ de treonina digestível. O nível ótimo de treonina digestível foi estimado em 13,80; 10,75 e $13,64\text{ g kg}^{-1}$ com base no ganho de peso, taxa de conversão alimentar e taxa de conversão específico, respectivamente. Para a deposição de proteína e eficiência de retenção de nitrogênio foi estimado em $15,66\text{ g kg}^{-1}$ de treonina digestível. Para o teor de proteína total do fígado foi de $19,31\text{ g kg}^{-1}$ e para a concentração de aspartato aminotransferase foi de $15,42\text{ g kg}^{-1}$ de treonina digestível. Conclui-se que o requerimento de treonina digestível em dietas para o panga é de $15,66\text{ g kg}^{-1}$, por promover maior deposição de proteína corporal, sem comprometer os parâmetros hematobioquímicos da espécie.

PALAVRAS-CHAVE: Aminoácido essencial, deposição de proteína corporal, exigência nutricional, ganho de peso.

ABSTRACT

Threonine is one of the limiting essential amino acids in plant ingredients used in fish diets; its limitation can reduce fish development. The objective of this study was to evaluate the effect of digestible threonine levels in panga (*Pangasius hypophthalmus*) diets on performance, body composition and hematobiochemical variables. A total of 240 fish with an initial weight of $62\text{g} \pm 0.64\text{g}$ were used. The treatments consisted of six isoproteic (25% crude protein) and isoenergetic (3700 kcal kg^{-1} gross energy) diets containing different concentrations of threonine, namely 8.70; 11.00; 13.60; 16.70; 19.30 and 21.60 g kg^{-1} of digestible threonine. The optimal level of digestible threonine was estimated at 13.80; 10.75 and 13.64 g kg^{-1} based on weight gain, feed conversion rate and specific conversion rate, respectively. For protein deposition and nitrogen retention efficiency, it was estimated at 15.66 g kg^{-1} of digestible threonine. For total liver protein content, it was 19.31 g kg^{-1} and for aspartate aminotransferase concentration, it was 15.42 g kg^{-1} of digestible threonine. It is concluded that the requirement of digestible threonine in panga diets is 15.66 g kg^{-1} , because it promotes greater body protein deposition, without compromising the hematobiochemical parameters of the species.

KEYWORDS: Essential amino acid, body protein deposition, nutritional requirement, weight gain.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Exigência de treonina (%) para alguns peixes carnívoros e onívoros. **19**

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Composição percentual e química das dietas experimentais com diferentes níveis de treonina digestível **34**

Tabela 2 - Composição analisada de aminoácidos totais (tot) e digestíveis (dig) de dietas com níveis graduados de treonina para *Pangasius hypophthalmus* **37**

Tabela 3 - Desempenho de crescimento (média $\pm$ EPM) de *Pangasius hypophthalmus*, alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível durante 60 dias. **42**

Tabela 4 - Composição e deposições corporais e eficiência de retenção de nitrogênio (média $\pm$ EPM) de *Pangasius hypophthalmus*, alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível durante 60 dias. **45**

Tabela 5 - Metabólitos intermediário do sangue e fígado (média $\pm$ EPM) de *Pangasius hypophthalmus*, alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível durante 60 dias. **47**

Tabela 6 - Variáveis hematológicas (média $\pm$ EPM) do *Pangasius hypophthalmus* alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível durante 60 dias. **49**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica do ganho de peso, conversão alimentar e taxa de crescimento específico em função de níveis crescentes de treonina digestível em dietas do *Pangasius hypophthalmus*. **44**

Figura 2 - Representação gráfica da deposição de proteína, deposição de gordura, deposição de cinzas e eficiência de retenção de nitrogênio em função de nível crescente de treonina digestível em dietas do *Pangasius hypophthalmus*. **46**

Figura 3 - Representação gráfica da proteína total no fígado, aspartato aminotransferase e albumina em função de nível crescente de treonina digestível em dietas do *Pangasius hypophthalmus*. **48**

SUMÁRIO

CAPÍTULO I : CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
1.1 OBJETIVO GERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
1.4 PANGA (PANGASius HYPOPHthalmus).....	16
1.5 EXIGÊNCIA DE AMINOÁCIDOS	17
1.6 EXIGÊNCIA DE TREONINA PARA PEIXES	18
1.7 VARIÁVEIS HEMATOLÓGICAS.....	19
1.8 VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS	20
REFERÊNCIAS.....	23
CAPÍTULO II : NÍVEIS DE TREONINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA PANGA (PANGASius HYPOPHthalmus): DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E HEMATOBIOQUÍMICA	30
1. INTRODUÇÃO.....	31
2. METODOLOGIA.....	33
2.1 USO ÉTICO DE ANIMAIS	33
2.2 LOCAL, ANIMAIS E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS	33
2.3 PREPARO DAS DIETAS E ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE DOS AMINOÁCIDOS ...	33
2.4 ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE.....	35
2.5 ANÁLISE DE DESEMPENHO DE CRESCIMENTO	37
2.6 COLETA DE AMOSTRAS	38
2.7 ANÁLISES DO PLASMA E HEMATOLÓGICAS.....	38
2.8 ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO E DEPOSIÇÃO DE CORPO INTEIRO.....	40
2.9 ANÁLISES DO FÍGADO	40
2.10 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	41
3. RESULTADOS	42
3.1 DESEMPENHO	42
3.2 COMPOSIÇÃO CORPORAL	44
3.3 VARIÁVEIS METABÓLICOS E HEMATOLÓGICAS	46
4. DISCUSSÃO.....	50
5. CONCLUSÃO	54
REFERENCIAS.....	55

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Pangasius hypophthalmus*, é originária do Vietnã, conhecido globalmente por Panga, Bagre Listrado, Peixe-Gato, Tra e Bagre Sutchi (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, o que facilita a comercialização do seu filé (FAO, 2018; Mugaonkar et al., 2019; Hoque et al. 2021).

Essa espécie ganhou destaque no Brasil em 2009, quando houve um aumento significativo na importação de seu filé, e liberação do seu cultivo nos estados brasileiros, tendo se destacado principalmente na região Nordeste, onde cresceu 17% em 2021, em relação ao ano de 2020 (Peixe BR, 2022). Desde então, toneladas de sua carne passaram a ser consumidas pelos brasileiros, que foram apreciadas por esse novo produto disponível nos supermercados. Entre as características que se desenvolvem para sua acessibilidade no mercado brasileiro estão a carne firme, a ausência de espinhas e o preço acessível (Brol, 2018).

Na piscicultura, o uso de dietas com altos níveis de proteína bruta pode aumentar o custo de produção e inviabilizar a atividade, uma vez que a proteína é o nutriente mais caro na formulação de rações (Alencar Araripe et al., 2011; Pianesso et al., 2015; Lee et al., 2020). Além disso, resulta em maior excreção de compostos nitrogenados para o ambiente aquático (Nunes et al., 2014).

Os peixes necessitam de uma quantidade equilibrada de aminoácidos essenciais e não essenciais para potencializar seu crescimento e saúde (Abimorad et al., 2010; Yue et al., 2014; Firmo et al., 2018). Entre os aminoácidos essenciais para peixes, a treonina é um dos mais limitantes em rações práticas para peixes, principalmente quando ingredientes de origem vegetal são usados na fabricação das rações (Yue et al., 2014; Michelato et al., 2016).

A treonina é um aminoácido vital para os sistemas digestivo e imunológico dos peixes, sendo encontrada em altas concentrações na imunoglobulina e na

mucina, esta última também amplamente utilizada na cobertura da pele dos peixes (Alencar Araripe et al., 2011; Firmo et al., 2018). Além disso, a treonina desempenha um papel importante no crescimento e rendimento dos filés de peixe, pois está envolvida na síntese de proteínas corporais (Tang et al, 2021).

Considerando a escassez de informações sobre a exigência de treonina para *Pangasius hypophthalmus*, realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar o efeito de níveis de treonina digestível na dieta, sobre o desempenho zootécnico, composição corporal, hematologia e variáveis metabólicas

2. OBJETIVOS

1.1 Objetivo geral

Determinar os níveis ótimos de treonina digestível em dietas para o panga (*Pangasius hypophthalmus*) com base no desempenho, deposição corporal, hematologia e variáveis metabólicas.

1.2 Objetivos específicos

Determinar os níveis ótimos de treonina em dietas para panga (*Pangasius hypophthalmus*) visando otimizar seu desempenho zootécnico;

Avaliar os efeitos da variação dos níveis de treonina digestível sobre parâmetros hematológicos e hepato-bioquímicos em dietas para panga (*Pangasius hypophthalmus*).

3. REVISÃO DE LITERATURA

1.4 Panga (*Pangasius hypophthalmus*)

O panga (*Pangasius hypophthalmus*), ou pangasius, é uma espécie cultivada em cerca de dez províncias do Delta do Rio Mekong, Vietnã. O panga tem hábito de alimentação onívoro, alimentando-se de todo tipo de alimento; tem respiração aérea facultativa; em condições favoráveis, pode atingir 1,0 kg em seis meses; possui alto rendimento de filé (Brol, 2018), sendo considerado um peixe de crescimento rápido.

O panga apresenta como característica um corpo longo, com cabeça considerada pequena, com boca larga e dentes afiados, com olhos grandes. Quando jovem apresenta uma listra preta ao longo da linha lateral, além de outra linha lateral abaixo dessa. Já os peixes adultos apresentam uma coloração cinza uniforme, podendo apresentar também um tom esverdeado e laterais prateadas (FAO, 2021). Além disso, apresenta como característica filé macio e branco, sabor suave, espinhas pequenas, pele fina (Hassan et al., 2017), baixo teor de gordura, textura firme, proteína de fácil digestão e alto valor nutritivo (Rathod et al., 2018).

Diferente de algumas espécies de bagre, como *Pangasius Bocourt*, que possui hábito alimentar carnívoro, 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, pode ser alimentado com dietas a base de ingredientes de origem vegetal (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).

1.5 Exigência de aminoácidos

Para se obter bons índices de produção para qualquer espécie deve-se dar atenção especial à nutrição, visto que a alimentação assume importância fundamental no desempenho econômico da aquicultura, sendo responsável por mais de 50% do custo desta atividade (Teixeira et al., 2008; Abidl e Khran, 2008; Portz e Furuya, 2012).

Sakomura e Rostagno (2007) definem a exigência de um nutriente como a quantidade de um nutriente que deve ser fornecida para um animal em um ambiente compatível com a boa saúde. Segundo os mesmos autores, estas necessidades do animal podem ser interpretadas como a quantidade de um nutriente para atender determinado nível de produção.

Os peixes, assim como os animais terrestres, precisam consumir proteínas (aminoácidos), minerais (Ex.: P e Ca), vitaminas (Ex.: C e B) e fontes de energia (Craig, 2017). A proteína é o macronutriente da dieta cuja exigência é priorizada em estudos de exigência nutricional, seja porque representa o maior custo da alimentação dos peixes, ou porque afeta o ganho de peso (Craig, 2017).

A proteína está presente nos tecidos de todos os animais, sendo considerada o principal componente tanto na estrutura corporal quanto visceral do organismo (Wu, 2013). No entanto, para que a proteína da dieta seja corretamente aproveitada, é necessário que ocorra diversos processos fisiológicos e metabólicos. Esses processos incluem desde a digestão da macromolécula até a absorção dos peptídeos e aminoácidos pelos enterócitos, o transporte pela corrente sanguínea e a chegada nas células (NRC, 2011; Batista, 2024).

Os peixes não possuem exigência verdadeira em proteína nas rações, mas sim de quantidades e proporções adequadas de aminoácidos essenciais e não essenciais (Batista, 2024).

A determinação das exigências de cada aminoácido se faz necessária para a formulação de rações de custo mínimo que favoreçam uma maior eficiência de retenção proteica, produtividade e capacidade de suporte dos sistemas de produção aquícolas (Marcouli et al, 2006).

1.6 Exigência de treonina para peixes

Os peixes não necessitam metabolicamente de proteína, mas de um equilíbrio adequado entre aminoácidos essenciais e não essenciais. Assim, uma dieta baseada apenas em proteína bruta pode não garantir o atendimento das exigências nutricionais de todos os aminoácidos, especialmente dos essenciais (Helfrich, 2009; Barros, 2010).

A necessidade de treonina na dieta é maior para manutenção (Bomfim et al., 2021) e produção de mucina, uma glicoproteína do muco encontrada em alta concentração nas secreções intestinais e cutâneas (Li et al., 2009). Além disso, a treonina tem importância no crescimento dos peixes e no rendimento do filé por estar envolvida na síntese proteica e serve como precursor de aminoácidos não essenciais, como serina e glicina (Firmo et al., 2018).

Os níveis nutricionais em dietas para peixes devem ser ajustados com base em fatores como estágio de desenvolvimento, hábito alimentar e diferença entre espécies (NRC, 2011). Segundo Flores (2006), tanto o excesso quanto a deficiência de aminoácidos podem levar os animais a utilizarem proteínas como fonte de energia, além de comprometer a síntese proteica.

O autor também menciona que esse desequilíbrio de um ou mais aminoácidos pode ser identificado metabolicamente pelo aumento da atividade da enzima aspartato aminotransferase (AST). Qualquer lesão hepática resulta na liberação de maiores quantidades dessa enzima na corrente sanguínea, elevando seus níveis séricos (Olsen et al., 2008). Isso destaca a importância de monitorar os parâmetros metabólicos dos animais para avaliar sua integridade metabólica.

Na Tabela 1 apresenta as exigências de treonina (%) para diferentes espécies de peixes carnívoros e onívoros:

Tabela 1 - Exigência de treonina (%) para alguns peixes carnívoros e onívoros

Espécie	Exigência (%)	Tamanho (g)	Referência
Carpa indiano (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	1,80 (tot)	0,52 ± 0,21 g	Ahmed et al. (2004)
Carpa capim (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	1,55 (tot)	53,43 ± 9,53 g	Dong et al. (2018)
Bagre indiano (<i>Heteropneustes fossilis</i>)	1,27 (tot)	3,60 ± 0,45 g	Ahmed (2007)
Tambatinga (<i>Colossoma macropomum</i> ♀ x <i>Piaractus brachypomus</i> ♂)	1,400 (dig)	2,39 ± 0,02 g	Bomfim et al (2021)
Tilápia-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	1,35 (tot)	37,61 ± 1,16 g	Silva et al (2006)

tot = total; dig = digestível

A quantificação das exigências dos aminoácidos geralmente é feita através de experimentos de dose-resposta, sendo o ganho de peso o principal critério de resposta para a determinação das exigências dietéticas (NRC, 2011). Nos experimentos são utilizadas rações com nível de proteína abaixo da exigência com a suplementação dos aminoácidos limitantes na forma industrial, com exceção do aminoácido avaliado (ração basal). Para a formação dos demais tratamentos, o aminoácido a ser avaliado é gradativamente suplementado à ração basal (Bomfim et al., 2010). Entretanto, a fixação dos níveis dos aminoácidos não avaliados nas rações pode limitar a resposta dos animais em níveis mais elevados do aminoácido avaliado, tornando sua exigência subestimada (Bomfim et al., 2010).

1.7 Variáveis hematológicas

A composição sanguínea é um fator determinante na eficiência do transporte de nutrientes. O sangue é constituído principalmente por:

- Os eritrócitos (células vermelhas), responsáveis pelo transporte de oxigênio, que é essencial para o metabolismo celular, incluindo o processo de produção de energia a partir dos nutrientes. A quantidade dos eritrócitos influencia a eficiência da oxigenação dos tecidos e, conseqüentemente, a disponibilidade de energia para o transporte de nutrientes (Pádua et al., 2010).

- Os leucócitos (células brancas), responsáveis pela defesa imunológica, em algumas situações de estresse nutricional ou infeccioso, a resposta imune pode influenciar a disponibilidade e o metabolismo de nutrientes (Grant, 2015).
- Os trombócitos (análogos às plaquetas em mamíferos), sua principal função é a coagulação, podem estar envolvidos na resposta ao estresse e na reparação de danos aos tecidos, o que pode afetar a utilização de nutrientes em situações de lesão ou doenças (Grant, 2015).

A realização de exames hematológicos é uma forma de avaliar o estado de saúde dos peixes, tornando-se um precioso instrumento para o conhecimento das alterações fisiológicas que ocorrem durante o cultivo (Higuchi et al., 2011). 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, 2024).

A simplicidade das técnicas de amostragem de sangue pode ser a responsável pelo crescente aumento do uso de parâmetros hematológicos para se estabelecer o estado de saúde dos peixes (Higuchi et al., 2011). Assim, sabendo que o estado fisiológico dos peixes responde em função de nutrientes, alterações ambientais e doenças, a avaliação dessas variáveis 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, 2024).

O Hematócrito, eritrócito e hemoglobina são valiosos parâmetros a serem utilizados na rotina clínica de animais, por ser uma ferramenta de campo que pode auxiliar enormemente no diagnóstico de algumas enfermidades ou avaliação do estado nutricional. Por exemplo, alteração nos valores de hematócrito e eritrócitos, pode indicar sinais de desnutrição, desidratação ou anemia (Bossart et al., 2001).

1.8 Variáveis bioquímicas

O sangue é composto por aproximadamente 90% de água, 7% de proteínas (globulinas e albuminas) e 3% de eletrólitos, hormônios, enzimas, entre outros elementos (Ranzani Paiva et al., 2013). O plasma sanguíneo, é

responsável por transportar a maioria dos nutrientes dissolvidos, como aminoácidos, ácidos graxos, glicose, vitaminas e minerais.

Desta forma os exames bioquímicos podem ser utilizados como ferramenta para avaliação de alterações no metabolismo animal, como o colesterol, que é precursor de hormônios e vitaminas necessários para os processos vitais de reprodução e manutenção da saúde dos animais (Caula et al., 2008).

A avaliação bioquímica em peixe é essencial para monitorar a saúde e bem-estar desses animais. Analisando parâmetros como glicose, proteína total, albumina, colesterol, triglicérides, AST, é possível obter informações valiosas sobre o funcionamento dos órgãos e sistemas, além de diagnosticar e acompanhar doenças. Esses dados são cruciais para avaliar a saúde metabólica, renal, hepática e nutricional dos peixes, facilitando um manejo adequado e o tratamento de enfermidades. Ademais, a avaliação bioquímica contribui para a pesquisa científica e o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo sustentável dos peixes (Thrall et al., 2012).

A proteína total no sangue é composta principalmente por albuminas e globulinas. A albumina desempenha um papel fundamental na manutenção da pressão osmótica e no transporte de substâncias, enquanto as globulinas são importantes para a resposta imunológica do organismo (Sousa, 2024). Valores baixos de proteína total podem sugerir desnutrição, perda de proteínas devido a doenças gastrointestinais e renais, síndrome nefrótica, doença hepática crônica ou desnutrição proteico-energética. Por outro lado, valores elevados podem estar associados a processos inflamatórios, infecciosos e neoplásicos (Thrall et al., 2012).

A homeostase da glicose nesses animais é afetada por fatores ambientais, como temperatura e disponibilidade de alimento, adaptando-se para atender às necessidades energéticas. Além disso, os níveis de glicose no sangue podem elevar-se em resposta ao estresse, funcionando como um indicador de estresse em contextos clínicos e de pesquisa (Thrall et al., 2012).

Os lipídios, como colesterol e triglicerídeos, desempenham funções essenciais no organismo, sendo cruciais para a formação de membranas celulares, a síntese de hormônios e a absorção de vitaminas lipossolúveis. Em indivíduos saudáveis, os níveis de colesterol são mantidos dentro de uma faixa

normal, influenciados por fatores como idade, raça, sexo e dieta. Níveis elevados de colesterol podem indicar distúrbios metabólicos, como hiperlipidemia, aumentando o risco de doenças cardiovasculares e pancreatite. Por outro lado, valores baixos de colesterol podem sugerir problemas de absorção intestinal, má nutrição ou doenças crônicas (Kanako et al., 2008; Thrall et al., 2012)

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, 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, 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, 2024).

REFERÊNCIA

- Abidl, S. F.; Khan, M. A. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v. 39, p. 1498-1505, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02018.x>
- 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>
- Ahmed, Imtiaz. Dietary amino acid L-threonine requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch) estimated by growth and biochemical parameters. **Aquaculture International**, v. 15, p. 337-350, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10499-007-9097-y>
- Ahmed, Imtiaz; Khan, Mukhtar A.; Jafri, Ak Exigência dietética de treonina para alevinos de carpa indiana major, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v. 35, n. 2, p. 162-170, 2004. <https://doi.org/10.1023/B:AQUI.0000004181.89420.a2>
- Alencar Araripe, MNB et al. Relação treonina: Lisina para alevinos de tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachipomum*). **Boletim do Instituto de Pesca**, 16(4):370-377, 2011.
- 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>
- Barros, A. F. Análise socioeconômica e zootécnica da piscicultura na microrregião da baixada Cuiabana – MT. Tese (Doutorado em Aquicultura) Centro de Aquicultura da **UNESP – CAUNESP**, Jaboticabal/SP, 2010.
- Batista, V. F. Exigência de lisina digestível para panga (*Pangasius hypophthalmus*) com base no crescimento, deposição corporal, hematologia e variáveis metabólicas. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) **PPGCA - UFMA**, Chapadinha/MA, 2024.
- Bomfim, M. A. D., Marchão, R. S., Ribeiro, F. B., Siqueira, J. C. D., Costa, D. D. C. D., & Lima, M. S. D. Exigência de treonina digestível em rações para alevinos de tambatinga (*Colossoma macropomum*♀ x *Piaractus brachypomus*♂). **Ciência e Agrotecnologia**, 2021 <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145023520>

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>

Bossart, G. D. Manatees. In: Dierauf, L. A.; Guiland, F. M. D. **CRC Handbook of marine mammal medicine**. 2 ed. Florida: CRC Press, 2001

Brol, J. A nova aposta da aquicultura brasileira—Muito prazer, Panga BR. **Aquaculture Brasil**, n. 10, p. 34-38. 2018.

Craig, S.; Helfrich, L. A. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and **Feeding**. **Virginia Cooperative Extension Service Publication**, v.1, p.420-456, 2017.

Dong, Yu-Wen et al. Dietary threonine deficiency depressed the disease resistance, immune and physical barriers in the gills of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) under infection of *Flavobacterium columnare*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 72, p. 161-173, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.10.048>

FAO, **State of World Fisheries and Aquaculture** (SOFIA), Disponível em: <http://www.fao.org/3/i9540en/I9540EN.pdf>, Acesso em 9 de outubro de 2023.

FAO. The State of World Fisheries and **Aquaculture**. Sustainability in action. Rome, Italy: **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2021. Retrieved from <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

Firmo, D. S. et al. Threonine to lysine ratio in diets of tambaqui juveniles (*Colossoma macropomum*). **Semina: Ciências Agrárias**, 39(5):2169-2180, 2018.

Fishbase, *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) **Striped catfish**. Disponível em: <https://www.fishbase.de/Summary/SpeciesSummary.php?ID=14154&AT=panga> . acesso em: 10 de dezembro de 2023.

Flores, Daniel Prois et al. Requerimento de treonina para jundiá (*Rhamdia quelen*) na fase inicial. **Dissertação, universidade de Santa Maria – SC**. 2015

Gasparotto, O. C.; Siebewrt, M.; Hennemann, M.; Coelho, C.; Granucci, N.; Da Silva, B. L.; Coelho, F. Fisiologia Animal Comparada, 2011.

Grant, K.R. Fish Hematology and Associated Disorders. *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice*, v. 18, p. 83–103, 2015.

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>

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.; Huy, 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 M.A. & Jafri A.K. Quantitative dietary requirement for some indispensable amino acids in the Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton) fingerling. Journal of **Aquaculture in the Tropics**. 2018.

LEE, S. et al. The dietary lysine requirement for optimum protein retention differs with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) strain. **Aquaculture**. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734483>

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>

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, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00995-4>

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>

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

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

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.

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. 21 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>

NRC. **Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shrimp**. The National Academies Press, Washington, D.C. 2011.

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

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>

Olsen R. E., et al. The acute stress response in fed and food deprived Atlantic cod, *Gadus morhua*. L. **Aquaculture**, v.280, p.232-241, 2008.

Pádua, S.B. et al. Análise hematológica de *Potamotrygon motoro* (*Chondrichthyes: Potamotrygonidae*) capturadas no rio Jamari, Rondônia, Brasil. 2016.

Peixe BR, Anuário Brasileiro da Piscicultura, 2024. 136p. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2024//>. Acesso em: 26 out. 2024

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

Pianesso, D. et al. Determination of tryptophan requirements for juvenile silver catfish (*Rhamdia quelen*) and its effects on growth performance, plasma and hepatic metabolites and digestive enzymes activity. **Animal Feed Science and Technology**, 210:172-183, 2015.

Portz, L.; Furuya, W, M. Energia, Proteína E Aminoácidos. In: Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P. **NUTRIAQUA**. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p.65-100, 2012.

Ranzani-Paiva, M.J.; Silva-Souza, A.T. Hematologia de peixes brasileiros. In: Ranzani-Paiva, M.J.; Takemoto, R.M.; LIZAMA, M.A.P. (Eds.). Sanidade de Organismos Aquáticos. São Paulo: Varela, 2004. p. 89-120.

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

Rathod, N. B. et al. Status of Valuable Components from *Pangasius*: **A Review**. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. vol. 7. N 04. 2018.

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 Resech Community**, p.1-15, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10175-1>

Sakomura, N. K.; Silva, J. D.; Costa, F. G. P.; Fernandes, J. B. K.; Hauschild, L. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2007.

Silva, Lilian Carolina Rosa et al. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1258-1264, Sousa, Maria Clara Laurindo Paiva de. Variáveis hematológica e bioquímica de arraia (*Potamotrygon motoro*) de água doce da região amazônica. 2006.

Souza, F. O., Bomfim, M. A. D., Ribeiro, F. B., Lanna, E. A. T., Sousa, T. J. R. D., & Costa, D. D. C. D. Methionine plus cystine to lysine ratio in diets for tambaqui juveniles. **Revista Caatinga**, 32, 243–250. 2024 <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n124rc>

Tang, L.; Wang, G.X.; Jiang, J.; Feng, L.; Yang, L.; Li, S.H.; Kuang, S.Y. Effect of methionine on intestinal enzymes activities, microflora and humoral immune of juvenile jian carp (*Cyprinus carpio* var. *Jian*). **Aquaculture nutrition**, v.15, p.477-483, 2021.

Teixeira, e.a. et al. Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis* sp.). **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p. 239-246, 2008.

Thrall, M. A. Hematology of fish. In: Veterinary Hematology and Clinical Chemistry. Wiley Blackwell, 2012. p. 277-298.

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

Yue, Y. et al. Dietary threonine requirement of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture international**, 22(4):1457-1467, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9759-5>

CAPÍTULO II

NÍVEIS DE TREONINA DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA PANGA (*Pangasius hypophthalmus*): DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E HEMATOBIOQUÍMICA

RESUMO

A treonina é um dos aminoácidos essenciais limitantes em ingredientes vegetais utilizados nas dietas para peixes, sua limitação na dieta pode reduzir o desenvolvimento dos peixes. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de níveis de treonina digestível em dietas para panga (*Pangasius hypophthalmus*), sobre desempenho, composição corporal e hematobioquímicos. Foram utilizados 240 peixes, com peso inicial de $62\text{g} \pm 0,64\text{g}$. Os tratamentos foram seis dietas isoprotéicas (25% de proteína bruta) e isoenergéticas (3700 kcal kg^{-1} de energia bruta), contendo diferentes concentrações de treonina, sendo 8,70; 11,00; 13,60; 16,70; 19,30 e 21,60 g kg^{-1} de treonina digestível. O requerimento de dietética de treonina digestível foi estimado em 13,80; 10,75 e 13,64 g kg^{-1} na dieta com base no ganho de peso, taxa de conversão alimentar e taxa de conversão específico, respectivamente. Para a deposição de proteína e eficiência de retenção de nitrogênio foi de 15,66 g kg^{-1} de treonina, correspondentes. O requerimento dietético de treonina estimado com base na proteína total do fígado foi de 19,31 g kg^{-1} e aspartato aminotransferase foi de 15,42 g kg^{-1} na dieta. Em conclusão, o panga necessita de uma inclusão entre 15,40 a 15,66 g kg^{-1} por promover maior deposição de proteína corporal, sem comprometer os parâmetros hematobioquímicos da espécie.

PALAVRAS-CHAVE: Aminoácido essencial, deposição de proteína corporal, exigência nutricional, ganho de peso.

ABSTRACT

Threonine is one of the limiting essential amino acids in plant ingredients used in fish diets; its limitation can reduce fish development. The objective of this study was to evaluate the effect of digestible threonine levels in panga (*Pangasius hypophthalmus*) diets on performance, body composition and hematobiochemical variables. A total of 240 fish with an initial weight of $62\text{g} \pm 0.64\text{g}$ were used. The treatments consisted of six isoproteic (25% crude protein) and isoenergetic (3700 kcal kg^{-1} gross energy) diets containing different concentrations of threonine, namely 8.70; 11.00; 13.60; 16.70; 19.30 and 21.60 g kg^{-1} of digestible threonine. The optimal level of digestible threonine was estimated at 13.80; 10.75 and 13.64 g kg^{-1} based on weight gain, feed conversion rate and specific conversion rate, respectively. For protein deposition and nitrogen retention efficiency, it was estimated at 15.66 g kg^{-1} of digestible threonine. For total liver protein content, it was 19.31 g kg^{-1} and for aspartate aminotransferase concentration, it was 15.42 g kg^{-1} of digestible threonine. It is concluded that the requirement of digestible threonine in panga diets is 15.66 g kg^{-1} , because it promotes greater body protein deposition, without compromising the hematobiochemical parameters of the species.

KEYWORDS: Essential amino acid, body protein deposition, nutritional requirement, weight gain.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Pangasius hypophthalmus*, é um peixe nativo da Ásia e conhecido por alcançar até 130 cm de comprimento e 44 kg de peso, é uma espécie onívora com uma dieta alimentar diversificada (Fishbase, 2023). É amplamente cultivado na Ásia e ocupa a 11^a posição entre os peixes mais cultivados globalmente (FAO, 2023), graças a suas características favoráveis, como fácil manejo, adaptação ao ambiente (Rahman et al., 2006), elevada taxa de crescimento e alto rendimento de filé, que pode chegar a cerca de 50% da biomassa total (Islami et al., 2014).

As rações frequentemente constituem o principal componente de despesas operacionais na maioria dos empreendimentos de aquicultura (FAO, 2018).

Para que os peixes expressem todo seu potencial de desenvolvimento, é crucial o atendimento da exigência de todos os nutrientes na dieta. Dado que a fração proteica representa o maior custo na alimentação de peixes (Meyer e Fracalossi, 2004), é importante focar na exigência dos aminoácidos essenciais da dieta, o que pode permitir a redução do nível de proteína bruta com a suplementação de aminoácidos industriais para atender às necessidades específicas de cada um.

Recentemente, várias pesquisas têm investigado o efeito de diferentes concentrações de determinados aminoácidos no desempenho zootécnico e em outras respostas fisiológicas de diferentes espécies de peixes, com o intuito de determinar a exigência nutricional como estratégia para formular rações mais eficientes para peixes (Ahmad et al., 2021; Bomfim et al., 2020; Khan et al., 2020; Marchão et al., 2020; Silva Liebl et al., 2022; Teixeira et al., 2020).

Entre os aminoácidos essencial, a treonina é um dos aminoácido mais limitante em dietas à base de proteínas vegetais para peixes (NRC, 2011).

Este aminoácido desempenha diversas funções essenciais, incluindo a produção de mucina, a síntese de imunoglobulinas intestinais, a otimização da absorção de nutrientes e o metabolismo energético, conforme destacado por Tang et al. (2021). Garantir um suprimento adequado de treonina é crucial para o crescimento e a manutenção dos peixes, devido à sua participação na síntese de proteína corporal (Lemme, 2003).

As exigências de treonina foram determinadas para várias espécies de peixes, como carpa cabeça grande (*Cirrhinus mrigala*) (Ahmed et al., 2004), a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Bomfim et al., 2008), carpa indiana (*Cyprinus arpio*) (Feng et al., 2013), carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) (Gao et al., 2014), carpa maior indiana (*Catla catla*) (Zehra & Khan, 2016) e tambatinga (*Colossoma macropomum* × *Piaractus brachypomus*) (Bomfim et al., 2021). No entanto, não existem dados publicados na literatura até o momento que tratam de exigência de treonina para o panga.

Objetivou com esse trabalho determinar os níveis de treonina digestível para *Pangasius hypophthalmus*, considerando o desempenho zootécnico, a composição corporal, a hematologia e as variáveis metabólicas.

2. METODOLOGIA

2.1 Uso ético de animais

O experimento foi conduzido de acordo com os procedimentos aprovados pelo Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade Federal do Maranhão (Nº de registro: 23115.032583/2023-41).

2.2 Local, animais e condições experimentais

O experimento foi realizado no Laboratório de Organismos Aquáticos do Maranhão (LANUMA), no Centro Ciências de Chapadinha, pertencente à Universidade Federal do Maranhão – UFMA, localizado no município de Chapadinha, Maranhão, Brasil (03°44'33"S 43°21'21"W; altitude 105 m).

Foram utilizados 240 peixes provenientes da piscicultura AQUAPESC, situado em Santa Inês, MA, Brasil, com peso médio de aproximadamente 62g $\pm$ 0,64g, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos com 8,70; 11,00; 13,60; 16,70; 19,30 e 21,60 g kg dieta⁻¹ de treonina digestível, quatro repetições, com 10 peixes por parcela experimental.

As instalações foram constituídas por 24 caixas de polietileno (tanque) com capacidade de 1000 litros cada, equipado com um sistema de drenagem e o oxigênio suplementado por um soprador radial.

Os parâmetros de qualidade da água mostraram-se consistentes durante o experimento. A temperatura se manteve estável ao longo do período (28,1 $\pm$ 0,32°C), sendo monitorada diariamente, às 8h00 e 17h00, com auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio, graduado de 0 a 50°C. O pH (6,18 $\pm$ 0,24), oxigênio dissolvido (3,88 $\pm$ 0,72 mg O₂ L⁻¹) e amônia total (<0,1 ppm mg L⁻¹ N-NH₃), foram analisados a cada 7 dias, com o auxílio de um pHmetro digital (HI 8424, Hanna®), oxímetro digital (HI 9146, Hanna®) e kit comercial (Alcon Ltda) para teste de amônia, respectivamente.

2.3 Preparo das dietas e ensaio de digestibilidade dos aminoácidos

Foram formuladas seis dietas isoprotéicas (25% de proteína bruta) e isoenergéticas (3700 kcal kg⁻¹ de energia bruta), (Tabela 1). As dietas foram suplementadas com L-treonina em substituição a L-alanina, um aminoácido não essencial, para manter um nível consistente de nitrogênio em todas as dietas (Michelato et al., 2017; Marchão et al., 2022), conforme exposto na tabela 1: Nas

Tabela 1 - Composição percentual e química das dietas experimentais com diferentes níveis de treonina digestível

Ingredientes (%)	Treonina total na dieta (g kg ⁻¹)					
	9,00	11,70	14,40	17,10	19,80	22,50
Treonina digestível na dieta (g kg ⁻¹)						
	8,70	11,00	13,60	16,70	19,30	21,60
Farelo de soja (45%)	314,60	314,60	314,60	314,60	314,60	314,60
Farelo trigo	280,00	280,00	280,00	280,00	280,00	280,00
Quirera de arroz	148,80	148,80	148,80	148,80	148,8	148,80
Farinha de carne e osso (41%)	128,50	128,50	128,50	128,50	128,5	128,50
Amido de milho	81,80	81,80	81,80	81,80	81,8	81,80
L-lisina	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60
L-treonina	0,00	2,70	5,50	8,20	11,00	13,70
L-alanina	13,70	11,00	8,20	5,50	2,70	0,00
Óxido de cromo	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Px min / Vit peixe ^a	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Vitamina C	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Sal comum	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
DL-metionina	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
L-histidina	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
BHT	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

Composição Nutricional analisada (g kg ⁻¹)						
Proteína bruta	251,57	252,01	252,45	252,89	253,33	253,77
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	3704,25	3706,64	3709,02	3711,41	3713,79	3716,18
Fibra bruta	45,60	45,65	45,71	45,76	45,82	45,87
Gordura	33,13	33,29	33,46	33,62	33,79	33,95

Aminoácidos essenciais analisados (g kg ⁻¹)						
Lisina total	21,20	21,10	21,20	21,00	21,20	21,00
Met + cistina total	10,20	10,10	10,30	10,40	10,20	10,10
Treonina total	9,00	11,70	14,40	17,10	19,80	22,50
Triptofano total	3,10	3,20	3,10	3,20	3,00	3,40
Histidina total	8,20	8,50	8,20	8,30	8,00	8,30
Isoleucina total	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80
Leucina total	17,20	17,00	16,90	17,40	17,20	17,10
Valina total	11,80	11,40	11,60	11,50	11,50	11,40
Arginina total	18,50	18,10	18,30	18,40	18,60	18,40

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

dietas experimentais todos os aminoácidos essenciais (lisina, arginina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, triptofano e valina), com

exceção do aminoácido testado no experimento (treonina), foram mantidos acima do proposto pelo NRC (2011), para Bagre do Canal (*Ictalurus punctatus*), espécie com hábito alimentar e características corporais semelhantes a espécie em estudo. Este procedimento foi realizado com o objetivo de evitar que outro aminoácido viesse a se tornar limitante para cada nível de treonina digestível avaliados.

As dietas foram fornecidas durante 60 dias, quatro vezes ao dia (08:00, 11:00, 14:00 e 17:00 h), até aparente saciedade. Os ingredientes utilizados para formulação das dietas experimentais foram triturados (Trf 60, Trapp) e misturados (Misturador Horizontal 300 Branorte), posteriormente as dietas foram peletizadas em equipamento com diâmetro de 2 a 3 mm (Pellet e Extrusora modelo MX 40, Inbramaq®), com objetivo de evitar a lixiviação dos nutrientes.

As análises das dietas experimentais foram realizadas em triplicata e de acordo com a AOAC (2016). O teor de proteína bruta foi estimado multiplicando-se o teor de nitrogênio por 6,25 determinado pelo método de Kjeldahl (Quimis®). O teor de gordura bruta foi analisado por meio de extração de éter em um extrator (LUCA-202, Lucadema®). A composição percentual dos aminoácidos das dietas foi analisada por cromatografia líquida, realizada pela empresa CBO (Valinhos, São Paulo, SP, Brasil).

2.4 Ensaio de digestibilidade

Para determinação dos valores dos aminoácidos digestíveis (Tabela 2), foi realizado um ensaio de digestibilidade, pelo método indireto, utilizado o óxido de cromo (Cr_2O_3), como indicador. Para isso, 108 pangas, com peso médio de aproximadamente $110,07 \pm 10,40\text{g}$ foram distribuídas em 18 unidades experimentais (tanques cônicos de fibra de vidro de 250 L com volume útil de 220 L; n = 6 peixes por tanque). Os peixes foram alimentados com as mesmas dietas experimentais utilizadas no experimento de desempenho de crescimento (Tabela 1).

Antes do período experimental, os peixes foram adaptados as instalações e manejo alimentar por 1 semana. Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (08:00, 11:00, 14:00 e 17:00 h) até a saciedade. Após esse período, as amostras foram coletadas por 10 dias às 20:00, 22:00, 00:00, 02:00, 04:00 e

06:00 h para produzir amostras agrupadas. Coletores de fezes (tubos cônicos Falcon com capacidade de 300 mL) foram acoplados individualmente ao fundo dos tanques. Após a coleta, eles foram recuperados e armazenados em refrigeradores de poliestireno contendo gelo. As amostras fecais foram secas em estufa por 48 h, centrifugadas (2.800 x g por 10 min) e mantidas (a -20 °C).

A concentração de óxido de crômio (Cr₂O₃) nas fezes foi analisada por absorção atômica no laboratório do CBO (Valinhos, São Paulo, SP, Brasil). O teor de proteína bruta foi estimado multiplicando-se o teor de nitrogênio por 6,25 (método Kjeldahl; Quimis) (AOAC 2016). Os níveis de aminoácidos foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência no laboratório do CBO após digestão alcalina para triptofano e digestão ácida para outros aminoácidos. Os valores de aminoácidos digestíveis foram calculados por meio dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), calculados pela seguinte fórmula:

$$CDA(n) = 100 - 100 \times \left(\frac{g \text{ kg}^{-1} ID}{g \text{ kg}^{-1} IF} \right) \times \left(\frac{g \text{ kg}^{-1} NF}{g \text{ kg}^{-1} ND} \right), \text{ onde:}$$

CDA(n) = coeficiente de digestibilidade aparente;

NF = nutrientes nas fezes;

ND = nutrientes na dieta;

ID = concentração de Cr₂O₃ na dieta (g kg⁻¹) e

IF = concentração de Cr₂O₃ nas fezes (g kg⁻¹).

A Tabela 2 apresenta a composição analisada de aminoácidos totais (tot) e digestíveis (dig) das dietas com níveis graduados de treonina para *Pangasius hypophthalmus*.

Tabela 2 - Composição analisada de aminoácidos totais (tot) e digestíveis (dig) de dietas com níveis graduados de treonina para *Pangasius hypophthalmus*

Aminoácidos	Treonina total na dieta (g kg ⁻¹)					
	9,00	11,70	14,40	17,10	19,80	22,50
	Treonina digestível na dieta (g kg ⁻¹)*					
	8,70	11,00	13,60	16,70	19,30	21,60
Lisina tot	21,20	21,10	21,20	21,00	21,20	21,00
Lisina dig	19,40	19,20	19,50	19,20	19,30	19,20
Histidina tot	8,20	8,50	8,20	8,30	8,00	8,30
Histidina dig	7,40	7,70	7,40	7,60	7,30	7,50
Isoleucina tot	9,90	9,70	9,60	9,60	9,80	9,90
Isoleucina dig	8,80	8,50	8,50	8,50	8,70	8,70
Leucina tot	17,20	17,00	16,90	17,40	17,20	17,10
Leucina dig	16,00	15,80	15,80	16,50	16,00	16,10
Met + cistina tot	10,20	10,10	10,30	10,40	10,20	10,10
Met + cistina dig	9,50	9,40	9,50	9,70	9,40	9,30
Treonina tot	9,00	11,70	14,40	17,10	19,80	22,50
Treonina dig	8,70	11,00	13,60	16,70	19,30	21,60
Triptofano tot	3,10	3,20	3,10	3,20	3,00	3,40
Triptofano dig	2,70	2,80	2,70	2,80	2,60	2,90
Valina tot	11,80	11,40	11,60	11,50	11,50	11,40
Valina dig	10,60	10,20	10,20	10,20	10,30	10,20
Arginina tot	18,50	18,10	18,30	18,40	18,60	18,40
Arginina dig	16,20	15,80	16,00	16,00	16,00	15,50
Fenil+ tir tot	19,20	19,10	19,40	19,50	19,30	19,20
Fenil+ tir dig	17,10	16,80	17,30	17,30	17,30	16,90

2.5 Análise de desempenho de crescimento

Ao final do período experimental de 60 dias, após jejum de 12 horas, todos os peixes das unidades experimentais foram pesados para determinar o desempenho zootécnico. As variáveis de produção estimadas foram o consumo de ração (CR), consumo de treonina digestível (CTD), ganho de peso (GP), ganho de peso relativo (GPR), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de conversão alimentar (TCA) e taxa de eficiência proteica (TEP), representadas respectivamente pelas fórmulas:

- CR (g) = ração consumida durante o experimento (g)
- CTD (mg) = $\frac{[\text{consumo de ração (mg)} \times \text{teor de treonina digestível da ração (\%)}]}{100}$

- $GP\ (g) = \text{peso médio final (g)} - \text{peso médio inicial (g)}$
- $GPR\ (\%) = \frac{(\text{peso médio final (g)} - \text{peso médio inicial (g)})}{\text{peso médio inicial (g)}} \times 100$
- $TCE\ (\% \text{ dia} - 1) = \frac{(\text{logaritmo natural do PF (g)} - \text{logaritmo natural do PI (g)})}{\text{período de observação experimental (dias)}} \times 100$
- $TCA\ (g\ g - 1) = \frac{\text{consumo de ração (g)}}{\text{ganho de peso (g)}}$
- $TEP\ (g\ g - 1) = \frac{\text{ganho de peso (g)}}{\text{consumo de proteína da ração (g)}}$

2.6 Coleta de amostras

No início do experimento 20 peixes do mesmo lote experimental, e ao final dois peixes por tanque ($n = 8$ peixes por tratamento) foram amostrados aleatoriamente, anestesiados com $100\ \text{mg L}^{-1}$ de benzocaína (Leonardo et al. 2022) até perda do equilíbrio, eutanasiados por secção da medula espinhal, e congelados em freezer a uma temperatura de $-20\ ^\circ\text{C}$ para determinação da composição corporal inicial e final.

Os outros dois peixes por tanque ($n = 8$ por tratamento) foram amostrados aleatoriamente no dia 60 para coleta de sangue e fígado. Os peixes foram sedados em água com benzocaína ($100\ \text{mg L}^{-1}$) para coleta de sangue e 2 ml de sangue foi coletado de cada peixe da vasculatura caudal com seringa estéril contendo $10\ \mu\text{l}$ de heparina ($5.000\ \text{UI}$). Duas alíquotas de sangue foram coletadas. A primeira alíquota (1 ml) foi utilizada para análises hematológicas. A segunda alíquota (1 ml) foi centrifugada a $3000\ \text{g}$ a 4°C (10 min) para separar o plasma, e as amostras foram armazenadas a -20°C para as determinações bioquímicas. Ambas as amostras foram transferidas para tubos de polietileno de 2,50 ml para posterior análises. Após a coleta de sangue, esses peixes foram eutanasiados por secção da medula espinhal para coleta do fígado. O plasma e o fígado foram armazenados a -80°C .

2.7 Análises do plasma e hematológicas

A concentração de glicose no plasma foi determinada pelo método enzimático, utilizando Kit de glicose liquiform da marca Bioclin®. Onde foi utilizado 0,01 mL de amostra numa solução reagente de 1,0 mL misturadas e

incubadas em banho Maria a 37 °C durante 5 min e determinadas por absorvância em 510 nm.

As proteínas totais foram determinadas através do kit comercial da Bioclin®. Para avaliar a concentração foi utilizado 20 µL da amostra misturada com 1,0 mL do reagente Biureto, em seguida colocada em banho Maria a 37 °C durante 10 min e determinada por absorvância em 545 nm.

A albumina foi determinada através do kit comercial da Bioclin®. Para avaliar a concentração nas amostras foi utilizado 0,01 mL da amostra misturada com 1,0 mL do reagente de cor, em seguida misturada e após 2 min será determinada a absorvância em 630 nm.

Os triglicerídeos foram determinados através do kit comercial da Bioclin®. Onde a concentração nas amostras foi determinada utilizando 0,01 mL da amostra, misturada com 1,0 mL do reagente, colocada em banho Maria a 37° C por 10 minutos e determinada com absorvância em 505 nm.

O colesterol total foi determinado através do kit comercial da Bioclin®. Onde foi utilizado 0,01 mL da amostra, misturada com 1,0 mL do reagente, colocada em banho Maria a 37 °C por 10 minutos e determinada com absorvância em 500 nm.

A globulina (g/dl) foi calculada pela seguinte fórmula:

- $Globulina = Proteínas\ totais - Albumina.$

Os eritrócitos (Et) foram contados em câmara de contagem de Neubauer ($1 \times 10^6 / \mu L$) usando um microscópio com aumento de 40 vezes. A concentração de hemoglobina (Hb) foi determinada pelo método de cianometahemoglobina. O hematócrito (Ht) foi determinado em duplicata em tubos capilares heparinizados, preenchidos até dois terços de seu volume total e centrifugados a 12.000 g por 5 min. O volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (MCH) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) foram de acordo com as seguintes fórmulas:

- $VCM = \frac{Ht \times 10}{Et}$, expresso como fL;
- $MCH = \frac{Hb \times 10}{Et}$, expresso como pg;
- $CHCM = \frac{Hb \times 100}{Ht}$, expressa como g dL⁻¹.

2.8 Análise de composição e deposição de corpo inteiro

Os peixes foram desidratados em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e moídos em moinho de bolas (Marconi MA923®) para avaliação da composição química centesimal do corpo inteiro (proteína bruta, umidade e cinzas). Todas as análises foram realizadas em triplicata e de acordo com a AOAC (2016). O teor de proteína bruta corporal (% N × 6,25) foi determinado pelo método de Kjeldahl (Quimis®) após digestão ácida. O teor de umidade corporal foi determinado por secagem em estufa a 105°C até atingir peso constante. O teor de cinza corporal foi determinado pela combustão de amostras secas em mufla (TE-1100-1P, Tecnal®) a 550°C por 4 h. O teor de gordura bruta foi extraído e medido pelo método Goldfish. As variáveis de deposição de proteína corporal (DPC), deposição de gordura corporal (DGC), deposição de cinzas corporais (DZC) e eficiência de retenção de nitrogênio (NRE) foram calculadas com base na composição química corporal, usando as seguintes equações:

- $DPC(g) = \text{proteína corporal final (g)} - \text{proteína corporal inicial (g)};$
- $DGC(g) = \text{gordura corporal final (g)} - \text{gordura corporal inicial (g)};$
- $DMMC(g) =$
matéria mineral corporal final (g) – matéria mineral corporal inicial (g);
- $ERN(\%) = \frac{(\text{N corporal final (g)}) - (\text{N corporal inicial (g)})}{\text{consumo de N (g)}} \times 100.$

2.9 Análises do fígado

Para a determinação da enzima aspartato aminotransferase hepática (AST), aproximadamente 100 mg do fígado foram homogeneizados em uma solução tampão (10 mM fosfato/20 mM tris, pH 7,0 a 4°C) usando um homogeneizador mecânico (Marconi® MA039) antes da centrifugação a 600 xg para 3 min a 4 °C. O sobrenadante foi centrifugado novamente a 6000 xg por 10 min para determinar o aspartato aminotransferase hepática (AST). A atividade enzimática da AST foi determinada com kit específico (Bioclin®), e as medidas foram feitas com espectrofotômetro (Bel Spectro S-2000) com comprimento de

onda de 340 nm. As proteínas totais foram determinadas com kit comercial (Bioclin®).

O glicogênio hepático foi quantificado conforme descrito por Bidinotto et al. (1997). Para determinar o glicogênio hepático, 1 ml de KOH (6 N) foi adicionado a 50 mg de fígado e incubado por 2 min a 100°C. Em seguida, 250 µl de etanol e 100 µl de K₂SO₄ 10% foram adicionados a 100 µl da amostra, que foi centrifugada a 2.000 g por 3 min. Posteriormente, o precipitado foi ressuspenso em 2 ml de água destilada. Em seguida, 100 µl da amostra foram transferidos para uma cubeta, e 250 µl de fenol e 1 ml de H₂SO₄ foram usados para interromper a reação antes da leitura em espectrofotômetro (Bel Spectro S-2000) a 480 nm.

2.10 Análises estatísticas

Os resultados são expressos como médias $\pm$ erro padrão da média. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Info Stat® (2010). Os dados foram submetidos a análises de normalidade (Shapiro-Wilk a 5%) e homocedasticidade (Levene a 5%), posteriormente foi realizada a análise de variância unidirecional (ANOVA), seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$). Como os tratamentos são variáveis quantitativas independentes com níveis graduados de treonina na dieta, resultados significativos ($p < 0,05$) foram submetidos aos contrastes polinomiais ortogonais. Todos os valores foram usados para determinar os efeitos lineares ou quadráticos dos diferentes tratamentos testados. O melhor modelo foi baseado no menor valor p e maior valor de R² (se os valores de p forem equivalentes para regressão linear e quadrática).

3. RESULTADOS

3.1 Desempenho

Durante o experimento, não houve registro de mortalidade nem foram observados quaisquer sinais externos de doença nos peixes, mesmo aqueles alimentados com os menores níveis de treonina digestível avaliados.

A Tabela 3 apresenta o desempenho (média $\pm$ EPM) de *Pangasius hypophthalmus*, alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível. A variação nos níveis de treonina digestível na dieta teve impacto em todas as variáveis analisadas. Uma vez que a treonina foi o primeiro aminoácido limitante no perfil proteico de cada dieta experimental, as mudanças observadas nas demais variáveis foram consequência das variações no consumo e na ingestão de treonina digestível, a qual aumentou de maneira linear ($y = 0,0968x + 0,0265$) conforme sua concentração aumenta na dieta.

Tabela 3 - Desempenho (média $\pm$ EPM) de *Pangasius hypophthalmus*, alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível durante 60 dias.

Variáveis	Níveis de treonina digestível (g kg ⁻¹)						Regressão			
	8,70	11,00	13,60	16,70	19,30	21,60	EPM	Linear	Quadrática	R ²
PI	62,12a	62,33a	62,36a	62,61a	62,20a	62,05a	0,13	0,865	0,272	---
CR	91,86b	97,38ab	99,08ab	105,78a	95,15ab	88,87b	1,42	0,462	<0,001	0,63
CTD	0,80d	1,07c	1,35b	1,77a	1,84a	1,92a	0,01	<0,001	<0,001	0,97
PF	98,79b	112,14a	112,38a	113,48a	97,27b	90,18b	2,15	0,002	<0,001	0,76
GP	36,67b	49,81a	50,02a	50,87a	35,07b	28,14b	2,12	0,002	<0,001	0,76
TCA	2,56abc	1,98c	2,01c	2,08bc	2,76ab	3,19a	0,11	0,001	0,000	0,71
TCE	0,80b	1,01a	1,01a	1,02a	0,77b	0,64b	0,03	0,001	<0,001	0,77

PI (peso inicial) é expresso em g, CR (consumo de ração) é expresso em g, CTD (consumo de treonina digestível) é expresso em g, PF (peso final) é expresso em g, GP (ganho de peso) é expresso em g, TCA (taxa de conversão alimentar) é expresso em g g⁻¹, TCE (taxa de crescimento específico) é expresso em %, n= 4 tanques por tratamentos, EPM (erro padrão da média).

*Letras diferentes na linha apresentam diferença significativa ($P < 0,05$), pelo teste Tukey.

Os peixes que receberam os níveis mais altos e mais baixos de treonina apresentaram um consumo de ração reduzido (21,60 e 8,70 g kg⁻¹, respectivamente). O consumo de treonina digestível atingiu os maiores resultados a partir do nível 16,70 a 21,60 g kg⁻¹ de treonina. O peso final e ganho de peso, verifica-se resultados superiores e similares para os níveis 11,00; 13,60

e 16,70 g kg⁻¹ de treonina, e os demais níveis (8,70; 19,30 e 21,50 g kg⁻¹) obtiveram resultados semelhantes e inferiores. O valor da taxa de conversão alimentar foi maior nos níveis 8,70; 19,30 e 21,60 g kg⁻¹ de treonina digestível e reduziu nos demais níveis 11,00; 13,60 e 16,70 g kg⁻¹. Para a taxa de crescimento específico, os maiores resultados foram para os peixes que receberam níveis do tratamento intermediários: 11,00; 13,60 e 16,70 g kg⁻¹ de treonina.

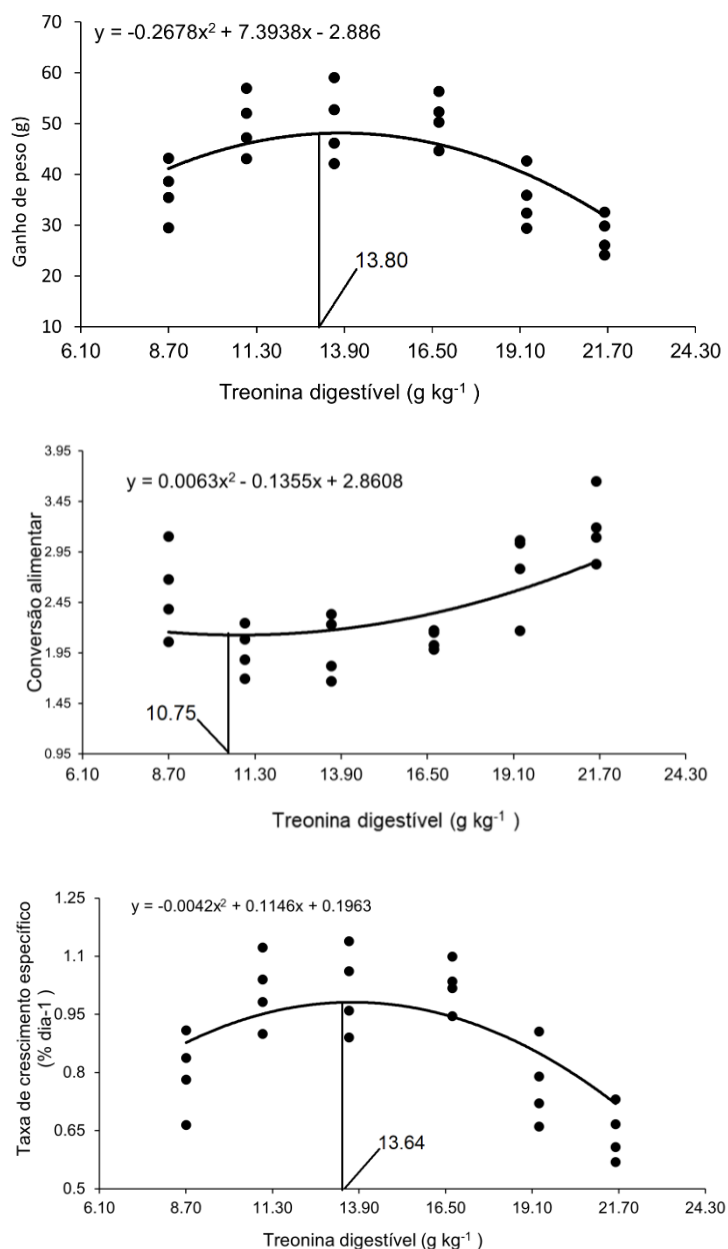


Figura 1 - Representação gráfica do ganho de peso, conversão alimentar e taxa de crescimento específico em função de níveis crescentes de treonina digestível em dietas do *Pangasius hypophthalmus*.

A Figura 1 apresenta uma representação gráfica que ilustra como o ganho de peso, a taxa de conversão alimentar e a taxa de crescimento específico são influenciadas pelos níveis crescentes de treonina digestível nas dietas de *Pangasius hypophthalmus*.

O aumento da concentração de treonina proporcionou efeito quadrático nas variáveis de consumo de ração ($y = -0,3824x^2 + 11,813x + 14,796$), peso final ($y = -0,2881x^2 + 7,9706x + 55,806$) e ganho de peso ($y = -0,2678x^2 + 7,3938x + 2,886$), aumentando seus valores até os níveis estimados de 15,45; 13,83, 13,80 g kg⁻¹ de treonina digestível, respectivamente. Já para as variáveis de taxa de conversão alimentar ($y = 0,0063x^2 - 0,1355x + 2,8608$) e taxa de crescimento específico ($y = -0,0042x^2 + 0,1146x + 0,1963$), o aumento da concentração de treonina proporcionou um efeito quadrático similar, diminuindo seu valor até o nível estimado de 10,75 g kg⁻¹ de treonina digestível.

3.2 Composição corporal

A Tabela 4 apresenta a composição, as deposições corporais e a eficiência de retenção de nitrogênio (média $\pm$ EPM) de *Pangasius hypophthalmus*, alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível. Os diferentes níveis de treonina digestível na dieta afetaram todas as variáveis analisadas. Os peixes que receberam os níveis de 8,70; 13,60 e 19,30 g kg⁻¹ de treonina digestível na dieta, obtiveram resultados superiores para cinzas. Já para proteína bruta obteve resultado superior no nível de 19,30 g kg⁻¹ na dieta de treonina digestível e resultados inferiores para os demais níveis. Houve uma variação na concentração de gordura bruta com o incremento de treonina, tendo menor valor nos níveis de 16,70 e 19,30 g kg⁻¹ na dieta.

Tabela 4 - Composição e deposições corporais e eficiência de retenção de nitrogênio (média $\pm$ EPM) de *Pangasius hypophthalmus*, alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível durante 60 dias.

Variáveis	Níveis de treonina digestível (g kg ⁻¹)							Regressão			
	CI	8,70	11,00	13,60	16,70	19,30	21,60	EPM	Linear	Quadrática	R ²
UM	71,51	66,26b	66,68ab	67,17a	67,05a	67,03a	66,70ab	0,08	0,005	0,000	0,69
CZ	2,38	3,41a	3,04c	3,32ab	3,11bc	3,26abc	3,02c	0,04	0,005	0,841	0,70
PB	20,75	21,16c	21,46c	21,17c	22,82b	25,70a	22,40bc	0,34	<0,001	0,053	0,92
GB	5,36	8,16a	7,59a	7,34ab	6,00b	4,29c	6,86ab	0,29	<0,001	0,002	0,86
DCZC	---	1,89ab	1,92ab	2,24a	2,04ab	1,69b	1,25c	0,07	<0,001	<0,001	0,83
DPC	---	8,01b	11,13a	11,48a	12,92a	1,06a	7,31b	0,49	0,889	<0,001	0,78
DGC	---	4,55a	5,39a	4,88a	3,42b	2,23c	2,22c	0,27	<0,001	0,001	0,93
ERN	---	33,53b	43,69a	48,52a	49,94a	49,51a	32,39b	10,63	0,005	0,000	0,87

CI (composição inicial), UM (umidade) é expresso em %, GB (gordura bruta) é expresso em %, CZ (cinzas) é expresso em %, DPC (deposição de proteína corporal) é expresso em g, DGC (deposição de gordura corporal) é expresso em g, DCZC (deposição de cinzas corporal) é expresso em %, ERN (eficiência de retenção de nitrogênio).

Para a deposição de cinzas obteve-se resultados inferiores com a adição de treonina digestível, tendo um menor valor nos níveis 19,30 e 21,60 g kg⁻¹. A deposição de gordura corporal também teve redução com o incremento de treonina na ração, tendo um menor resultado com níveis superiores (16,70; 19,30 e 21,60 g kg⁻¹). Já para deposição de proteína corporal e eficiência de retenção de nitrogênio obtiveram resultados semelhantes, as mudanças observadas nas nessas variáveis foram consequência das variações no consumo, pois obtiveram resultados inferiores no maior e menor nível de treonina digestível avaliados (8,70 e 21,60 g kg⁻¹).

Na Figura 2, podemos observar a representação gráfica que mostra como a deposição de proteína, gordura, cinzas e a eficiência de retenção de nitrogênio variam em função dos níveis crescentes de treonina digestível nas dietas de *Pangasius hypophthalmus*.

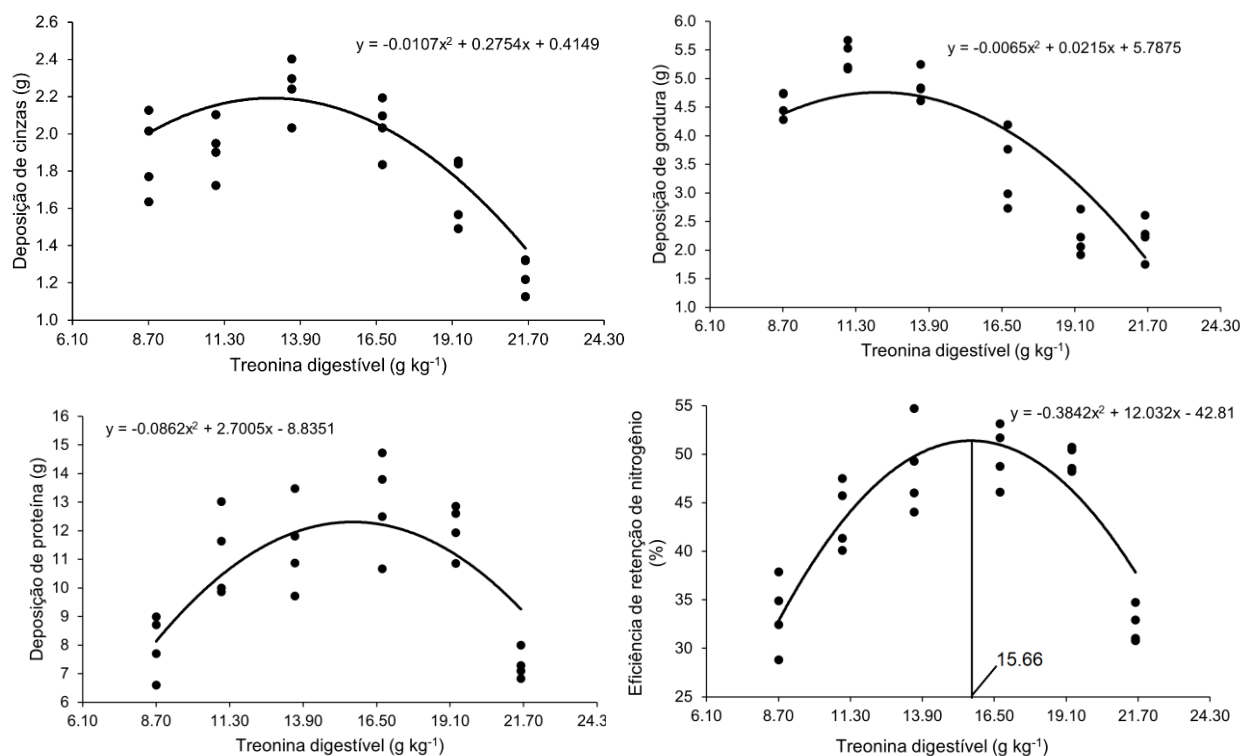


Figura 2 - Representação gráfica da deposição de proteína, deposição de gordura, deposição de cinzas e eficiência de retenção de nitrogênio em função de nível crescente de treonina digestível em dietas do *Pangasius hypophthalmus*.

O aumento da concentração de treonina gerou um efeito quadrático semelhante nas variáveis de deposição de proteína corporal ($y = -0,0862x^2 + 2,7005x + 8,8351$) e eficiência de retenção de nitrogênio ($y = -0,3842x^2 + 12,032x - 42,81$) elevando seus valores até os níveis estimados de 15,66 g kg⁻¹ de treonina digerível. Por outro lado, nas variáveis de deposição de gordura ($y = -0,0065x^2 - 0,0215x + 5,7875$) e cinzas corporal ($y = -0,0107x^2 + 0,2754x + 0,4149$), o aumento da concentração de treonina revelou em um efeito quadrático, alcançando os níveis estimados de 12,13 e 12,87 g kg⁻¹ de treonina digestível.

3.3 Variáveis metabólicas e hematológicas

A Tabela 5 apresenta os metabólitos intermediários do sangue e fígado

(média $\pm$ EPM) de *Pangasius hypophthalmus*, alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível. O aumento gradativo de treonina nas dietas não alterou os teores de glicose e colesterol. O teor de albumina foi significativamente maior nos grupos 13,60; 16,70; 19,30 e 21,60 g kg⁻¹ de treonina nas dietas e menor em 8,70 e 11,00 g kg⁻¹. O teor de proteína total plasmática foi maior em todas as dietas, exceto para 11,00 g kg⁻¹. Os teores de globulina e triglicerídeos foram maiores no grupo 8,70 g kg⁻¹ de treonina, respectivamente, do que nos demais tratamentos.

Para a variável de glicogênio os maiores resultados foram para os níveis 13,60 e 16,70 g kg⁻¹ de treonina e resultado inferior para os demais tratamentos. A proteína total do fígado obteve maior resultados para os níveis: 8,70; 11,00 e 13,60 g kg⁻¹. O aspartato aminotransferase obteve maior valor no nível 8,70 g kg⁻¹ e menor valor no nível 13,60 g kg⁻¹ de treonina.

Tabela 5 - Metabólicos intermediário do sangue e fígado (média $\pm$ EPM) de *Pangasius hypophthalmus*, alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível durante 60 dias.

Variáveis	Níveis de treonina digestível (g kg ⁻¹)									
	8,70	11,00	13,60	16,70	19,30	21,60		Regressão		
Sangue							EPM	Linear	Quadrática	R ²
GLI	72,19a	68,44a	71,44a	66,91a	70,24a	64,89a	0,94	0,065	0,749	---
ALB	2,13c	2,82b	3,27a	3,45a	3,64a	3,53a	0,09	<0,001	<0,001	0,78
PT	3,88ab	3,68b	3,87ab	3,99a	3,97a	3,81ab	0,03	0,265	0,331	---
GLO	1,76a	0,86b	0,59bc	0,53bc	0,32c	0,28c	0,08	<0,001	0,000	0,75
TRIG	428,64a	212,86c	161,27c	155,31c	180,23c	333,66b	16,11	<0,001	<0,001	0,85
COL	207,62a	193,19a	199,71a	184,09a	190,54a	204,07a	3,53	0,569	0,084	---
Fígado										
Glicogênio	1,01c	1,09bc	1,32a	1,21ab	1,03c	0,74d	0,01	<0,001	<0,001	0,82
PT	1,31a	1,28ab	1,20ab	1,14b	1,15b	1,16b	0,01	<0,001	0,086	0,16
AST	168,39a	121,43c	93,15d	126,96bc	137,97b	138,30b	67,01	0,008	<0,001	0,78

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, GLO (globulina) é expresso em g dl⁻¹, TRIG (triglicerídeos) é expresso em g dl⁻¹, COL (colesterol) é expresso em mg dl⁻¹, AST (aspartato aminotransferase) é expresso em U mg⁻¹ da proteína do fígado, glicogênio é expresso em N mol glicose g⁻¹ fígado, n= 8 peixes por tratamentos, EPM (erro padrão da média).

*Letras diferentes na linha apresentam diferença significativa ($P < 0,05$), pelo teste Tukey.

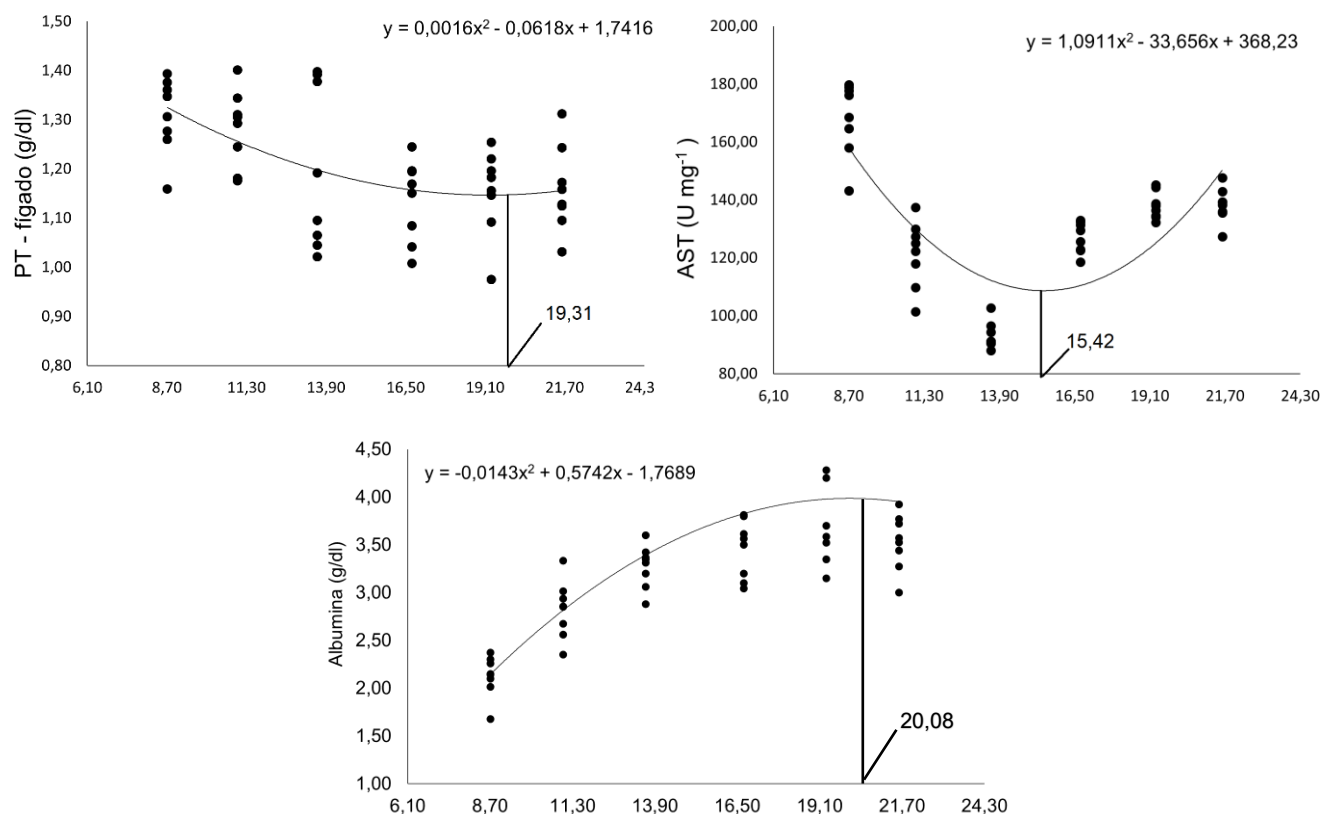


Figura 3 - Representação gráfica da proteína total no fígado, aspartato aminotransferase e albumina em função de nível crescente de treonina digestível em dietas do *Pangasius hypophthalmus*.

A Figura 3 apresenta a representação gráfica da proteína total no fígado e da aspartato aminotransferase em função dos níveis crescentes de treonina digestível nas dietas de *Pangasius hypophthalmus*.

O aumento na concentração de treonina resultou em um efeito quadrático nas variáveis de albumina ($y = -0,0143x^2 + 0,5742x - 1,7689$) e proteína total do fígado ($y = 0,0016x^2 - 0,0618x + 1,7416$) elevando seus valores até os níveis estimados de 20,08 e 19,31 g kg⁻¹ de treonina. Para as variáveis de glicose hepático ($y = -0,0098x^2 + 0,2798x - 0,7211$) e a enzima aspartato aminotransferase ($y = 1,0911x^2 - 33,656x + 368,23$) o aumento da concentração de treonina gerou um efeito até o nível estimado de 14,28 e 15,42 g kg⁻¹ de treonina.

As variáveis hematológicas (média $\pm$ EPM) do *Pangasius hypophthalmus*, alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível, estão apresentadas na Tabela 6. A maior concentração de hematócrito, a contagem

de eritrócitos e na concentração de hemoglobina, verifica-se resultados superiores e similares para o menor nível de treonina digestível avaliado (8,70 g kg⁻¹). O volume corpuscular médio e hemoglobina corpuscular médio obtiveram os maiores resultados nos grupos 11,00 e 13,60 g kg⁻¹ de treonina na dieta. A concentração de hemoglobina corpuscular médio não teve alteração com o aumento de treonina na dieta.

Tabela 6 - Variáveis hematológicas (média ± EPM) do *Pangasius hypophthalmus* alimentados com dietas contendo níveis crescentes de treonina digestível durante 60 dias.

Variáveis	Níveis de treonina digestível (g kg ⁻¹)						Regressão			
	8,70	11,00	13,60	16,70	19,30	21,60	EPM	Linear	Quadrática	R ²
HT	5413a	45,00bc	43,75bc	44,75bc	46,00b	42,25c	4,18	<0,001	<0,001	0,80
ET	6,28a	4,26c	4,16c	5,29b	5,20b	4,77bc	0,19	0,009	<0,001	0,75
HB	16,23a	1406bc	13,15c	13,95bc	14,36b	13,07c	0,59	<0,001	<0,001	0,68
VCM	86,34b	103,09a	101,34a	85,20b	88,93b	88,72b	35,10	0,011	0,002	0,63
HCM	25,90c	31,76a	30,50ab	26,55c	27,74bc	27,47bc	4,18	0,184	0,003	0,55
CHCM	30,01a	31,55a	30,05a	31,18a	31,23a	30,44a	1,63	0,541	0,195	---

HT (hematócrito) é expresso em %, ET (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, EPM (erro padrão da média).

*Letras diferentes na linha apresentam diferença significativa ($P < 0,05$), pelo teste Tukey.

4. DISCUSSÃO

É fundamental garantir a quantidade ideal de treonina ao formular uma dieta que seja tanto nutricionalmente adequada quanto economicamente viável para a piscicultura. A variação no consumo de ração aos níveis de treonina, pode ser explicado ao fato da treonina ser um aminoácido essencial limitante na dieta, provocando menor taxa de crescimento em níveis deficientes do aminoácido. O melhor balanceamento aminoácido ocasionado com a suplementação de treonina até o nível estimado de $16,70 \text{ g kg}^{-1}$ de treonina pode ter influenciado no maior consumo dos peixes e, conseqüentemente nas demais variáveis. Isso se correlaciona positivamente com a concentração de treonina, ou seja, ao aumentar a ingestão de treonina na dieta, há uma melhoria na eficiência de utilização da proteína dietética.

Segundo a análise de regressão quadrática, tanto níveis baixos quanto altos de treonina na dieta diminuem o crescimento do panga. Isso pode ser atribuído à deficiência ou o excesso de um único aminoácido essencial na dieta, no caso do presente estudo a treonina, reduz a síntese de proteínas corporais (Michelato et al., 2016). No presente estudo, o peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico obtiveram resultados inferiores para os tratamentos com o menor ($8,70 \text{ g kg}^{-1}$) e nos maiores ($19,30$ e $21,60 \text{ g kg}^{-1}$) níveis dietéticos de treonina. Esses dados são de suma importância, porque restringir e exacerbar a disponibilidade de um único aminoácido essencial na dieta dos peixes pode prejudicar tanto o crescimento quanto a eficiência alimentar.

O aumento na concentração dietética de treonina digestível proporcionou um aumento quadrático no ganho de peso e na taxa de crescimento específico ($p < 0,01$), com a exigência de treonina digestível estimada em $13,80$ e $13,64 \text{ g kg}^{-1}$.

A composição corporal é um aspecto crucial na avaliação de qualidade das carcaças de peixes, a deficiência de um único aminoácido essencial na dieta (por exemplo, treonina) pode diminuir a síntese de proteínas corporais, promovendo a deposição de gordura (Abimorad et al., 2010). Os maiores teores de proteína bruta e cinzas foram observados em peixes alimentados com níveis intermediários de treonina na dieta ($13,60$ - $19,30 \text{ g kg}^{-1}$). Os teores de gordura bruta e umidade estão inversamente relacionados (Khan et al., 2020; Ye et al.,

2017), em que os maiores valores foram observados nos peixes alimentados com 8,70 e 21,60 g kg⁻¹ de treonina na dieta.

O incremento na taxa de crescimento específico com a adição de treonina está relacionado à otimização do balanço de aminoácidos na dieta, promovendo uma maior

eficiência na utilização de proteínas (Yu et al., 2022). Esse efeito reflete diretamente na melhoria da deposição de proteínas e na eficiência da retenção de nutrientes (NRC, 2011). A redução de deposição de cinzas, gorduras e proteínas corporais, em níveis de treonina superiores a 19,30 g kg⁻¹ pode estar associada a redução no consumo de ração e ao gasto energético para catabolismo do excesso de aminoácidos (Bomfim et al., 2021).

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). Com o aumento de treonina na dieta, houve redução de eritrócitos e aumento de volume corpuscular médio com a adição gradativa de treonina. Os eritrócitos são responsáveis por transportar a hemoglobina no sangue, no qual fornece oxigênio aos tecidos, com o aumento de volume corpuscular médio, indica que houve um aumento no tamanho dos glóbulos vermelhos para compensar a redução do eritrócito (Presa et al., 2022). A treonina exerce um papel no sistema imunológico dos peixes (Yue et al., 2014).

Os parâmetros metabólicos como glicose e colesterol plasmático, não alteraram com o aumento dos níveis de treonina na dieta. O colesterol plasmático participa da síntese de membranas celulares, bile, vitamina D e hormônios esteroides, contribuindo para a saúde animal (Tan et al., 2016). O colesterol nos peixes, é predominantemente sintetizado no fígado, e um aumento na sua produção pode comprometer a função dos hepatócitos (Chung et al., 2021). Contudo, observou-se uma redução na atividade da enzima aspartato aminotransferase hepática com o aumento dos níveis de treonina na dieta até o nível de 15,42 g kg⁻¹. A aspartato aminotransferase desempenha um papel crucial na mobilização de L-aminoácidos para a gliconeogênese, servindo como um intermediário entre os metabolismos de carboidratos e proteínas (Gao et al., 2014). O fígado sintetiza proteínas que atuam como transportadoras de nutrientes, como ácidos graxos e aminoácidos (Stockham e Scott, 2011). O aumento de proteína total hepática até o nível de 13,60g kg⁻¹ de treonina, pode

ser atribuído ao aumento na capacidade de transporte de aminoácidos, o que resulta em uma maior disponibilidade de aminoácidos para síntese proteica (Wahyudi et al., 2023).

Os resultados indicam que, no nível 8,70 g kg⁻¹ de treonina na dieta, houve uma menor disponibilidade de aminoácidos para deposição de proteína corporal, o que é comprovado pelos maiores valores de deposição de gordura corporal, sugerindo que os aminoácidos em excesso foram utilizados para outros usos, resultado semelhante foi observado por Flores (2015) ao testar níveis de treonina para Jundiá (*Rhamdia quelen*).

O glicogênio hepático atua como uma forma de armazenamento de glicose, e sua síntese (glicogênese) e degradação (glicogenólise) são reguladas para manter os níveis plasmáticos de glicose necessários ao organismo (Oliveira et al., 2022). O excesso de glicose pode ser convertido em lipídios ou glicogênio nas células hepáticas (Walker et al., 2020). Assim, com base nos resultados obtidos sobre composição corporal, deposição de colesterol plasmático, glicogênio hepático e atividade da enzima aspartato aminotransferase, peixes alimentados com dietas contendo menores níveis de treonina apresentaram maior deposição de gordura.

Os parâmetros de globulina e triglicerídeos obtiveram resultados superiores no menor nível de treonina na dieta (8,70 g kg⁻¹). Alta concentração de triglicerídeos pode indicar alteração no metabolismo e níveis elevados de globulina pode indicar uma resposta imune, consequentemente, esses parâmetros são importantes indicadores de metabolismo saudável e produtividade.

A deficiência de treonina pode resultar em uma diminuição na síntese de hematócritos e hemoglobina, comprometendo a eficiência do transporte de oxigênio e dióxido de carbono pelos peixes (Krogh e Soller, 2021). No presente estudo, foram encontrados resultados de valor mais altos de hematócrito e hemoglobina no nível mais baixo de treonina (8,70g kg⁻¹), simultaneamente, indicando uma resposta metabólica positiva à adição de treonina na dieta. Níveis adequados de hematócrito e hemoglobina podem refletir em uma nutrição eficaz.

A concentração de hemoglobina corpuscular média reflete a concentração de hemoglobina dentro de um eritrócito (Ribeiro-Alves e Gordan, 2014). No presente estudo, não foram observadas alterações na concentração de

hemoglobina corpuscular média com o aumento dos níveis de treonina, com os valores encontrados estando dentro da faixa descrita para a espécie, variando entre 18,29 e 35,71 g dL⁻¹ (Manna et al., 2021; Vhatkar et al., 2016).

5. CONCLUSÃO

O nível recomendado de treonina digestível em dietas para panga é de 15,66 g kg⁻¹ (correspondendo a 4,70% de proteína dietética), por promover maior deposição de proteína corporal, sem comprometer os parâmetros hematobioquímicos da espécie.

REFERENCIAS

- 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>
- 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>
- Ahmed, I; Khan, M. A.; Jafri, A. K. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v 35, p. 162-170, 2021. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.00997.x>
- AOAC, Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Ed., Latimer Jr., G.W. 20th ed., Gaithersburg, MA, USA, 2016.
- 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>
- Bomfim, M. A. D., Marchão, R. S., Ribeiro, F. B., Siqueira, J. C. D., Costa, D. D. C. D., & Lima, M. S. D. . Digestible threonine requirement in diets for tambatinga (♀ *Colossoma macropomum* x ♂ *Piaractus brachypomus*) fingerlings. **Ciência e Agrotecnologia**, 45. 2021 <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145023520>
- Bomfim, Marcos Antonio Delmondes et al. Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 2077-2084, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001200001>
- Chung, S., Ribeiro, K., Melo, J. F. B., Teixeira, D. V., Vidal, L. V. O., & Copatti, C. E. (2021). Essential oil from ginger influences the growth, haematological and biochemical variables and histomorphometry of intestine and liver of Nile tilapia juveniles. **Aquaculture**, 534, 736325. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736325>
- FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Rome: FAO yearbook. 2023.
- FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-bm085e.pdf>.
- Feng, L., Peng, Y., Wu, P., Hu, K., Jiang, W.D., Liu, Y., & Zhou, X.Q. (2013). Threonine affects intestinal function, protein synthesis and gene expression of TOR in Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **PloS one**, 8 e69974. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069974>

Flores, Daniel Prois et al. Requerimento de treonina para jundiá (*Rhamdia quelen*) na fase inicial. 2015. Dissertação, universidade de Santa Maria - SC

Furuya, W.M.; Hayashi, C.; Furuya, V.R.B. et al. Exigências de metionina + cistina total e digestível para alevinos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), baseadas no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.885- 889, 2001.

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>

Islami, Sn-E., Reza, Ms, Mansur, Ma, Hossain, Mi, Shikha, Fh e Kamal, M. Índice de Rigor, rendimento de filé e composição aproximada de bagre listrado (*Pangasianodon 20 hypophthalmus*) por sua adequação em indústrias de processamento em Bangladesh. **Journal of Fisheries** , 2 (3), 157-162. 2014. [dx.doi.org/ 10.17017/jfish.v2i3.2014.29](https://doi.org/10.17017/jfish.v2i3.2014.29)

Khan M.A. & Jafri A.K. Quantitative dietary requirement for some indispensable amino acids in the Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton) fingerling. **Journal of Aquaculture in the Tropics**. 2018

Lemme, R. et al. Diferentes fontes protéicas para a alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.240-246, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000100037>

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>

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 42 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.; 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>

Meyer, G.; Fracalossi, D.M. Estimation of jundiá (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirements based on muscle amino acid composition. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 401-405, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000400015>

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

NRC, (2011). **Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shrimp**. The National Academies Press, Washington, D.C.

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>

Presa, L. S., Neves, G. C., Maltez, L. C., Sampaio, L. A., Monserrat, J. M., Copatti, C. E., & Garcia, L. Acute and sub-lethal effects of nitrate on haematological and oxidative stress parameters of juvenile mullet (*Mugil liza*) in freshwater. **Aquaculture Research**, 53, 3346–3357. 2022. <https://doi.org/10.1111/are.15842>

Rahman, Mohammed Mokhlesur et al. Cage culture of sutchi catfish, *Pangasius sutchi* (Fowler 1937): effects of stocking density on growth, survival, yield and farm profitability. **Aquaculture Research**, v. 37, n. 1, p. 33-39, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01390.x>

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

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 Resech Community**, p.1-15, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10175-1>

Sakomura, N. K.; Silva, J. D.; Costa, F. G. P.; Fernandes, J. B. K.; Hauschild, L. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2014.

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

Tan, X., Lin, H., Huang, Z., Zhou, C., Wang, A., Qi, C., & Zhao, S. Effects of dietary leucine on growth performance, feed utilization, non-specific immune responses and gut morphology of juvenile golden pompano *Trachinotus ovatus*. **Aquaculture**, 465, 100–107. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.08.034>

Tang, Q. et al. Physiological Functions of Threonine in Animals: Beyond Nutrition Metabolism. 2021. <https://doi.org/10.3390/nu13082592>

Teixeira, e.a. et al. Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis sp.*). **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p. 239-246, 2008.

Vhatkar, Ashwini; Chavan, Bhavita; Prasad, K. Pani. Estudo de parâmetros hematológicos em bagres *Pangasianodon hypophthalmus* alimentados com dietas suplementadas com probióticos. **Int. J. Sci. Res**, v. 5, n. 8, p. 1865-1868, 2016. ISSN (Online): 2319-7064

Wahyudi, Khairani et al. Teknik Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Desa Pesisir, Kecamatan Talawi, Kabupaten Batu Bara Vaname Shrimp Enlargement Technique (*Litopenaeus vannamei*) in Pesisir Village, **Talawi District, Batu Bara Regency** (2023). ISSN 2716-2702

Walker, A. M., Copatti, C. E., De Melo, F. V. S. T., Melo, J. F. B. Metabolic and physiological responses to intraperitoneal injection of chromium oxide in hyperglycaemic Nile tilapia juveniles. **Aquaculture**, 517, 734821. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734821>

Ye, W., Han, D., Zhu, X., Yang, Y., Jin, J., & Xie, S. Comparative study on dietary protein requirements for juvenile and pre-adult gibel carp, *Carassius auratus gibelio* var. CAS III. **Aquaculture Nutrition**, 23, 755–765. 2017. <https://doi.org/10.1111/anu.12442>

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

Yue, Y. et al. Dietary threonine requirement of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture international**, 22(4):1457-1467, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9759-5>

Zehra, S., & Khan, M.A. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Catla catla* (Hamilton) estimated by growth, protein retention efficiency, threonine deposition, haematological parameters and carcass composition. **Aquaculture Research**, 47, 253–265. 2016 <https://doi.org/10.1111/are.12487>