

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 10/10/2027.

**Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho
Centro de Aquicultura da Unesp**

**Exigência de treonina para tilápia-do-Nilo
(*Oreochromis niloticus*)**

Hélio Jacobson da Silva

**Jaboticabal – SP
Outubro – 2025**

**Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho
Centro de Aquicultura da Unesp**

**Exigência de treonina para tilápia-do-Nilo
(*Oreochromis niloticus*)**

Hélio Jacobson da Silva

Orientador: João Batista Kochenborger Fernandes

**Defesa apresentada ao programa
de Pós-Graduação em
Aquicultura do Centro de
Aquicultura da UNESP -
CAUNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do
título de Mestre em aquicultura.**

**Jaboticabal - SP
Outubro – 2025**

S586e Silva, Hédio Jacobson
Exigência de treonina para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) /
Hédio Jacobson Silva. -- Jaboticabal, 2025
32 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal
Orientador: João Batista Kochenborger Fernandes

1. Aminoácidos. 2. Nutrição. 3. Tilapia do Nilo. 4. Desempenho. 5.
Fase de crescimento. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Exigência de treonina para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

AUTOR: HÉLIO JACOBSON DA SILVA

ORIENTADOR: JOÃO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências, Área de Aquicultura, pela Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente
JOÃO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES
Data: 14/10/2025 15:25:57-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. JOÃO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES (Participação Presencial)
Laboratório de Peixes Ornamentais / Centro de Aquicultura da UNESP CAUNESP Jaboticabal/SP



Documento assinado digitalmente
RAFAEL DE SOUZA ROMANELI
Data: 14/10/2025 16:33:58-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. RAFAEL DE SOUZA ROMANELI (Participação Presencial)
Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal/SP

Prof. Dr. KIFAYAT ULLAH KHAN (Participação Virtual)
/ Government College University Lahore, Lahore/Paquistão

Jaboticabal, 10 de outubro de 2025

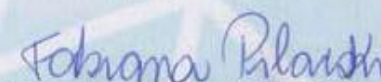
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **"Exigência de manutenção, eficiência de utilização e modelagem do consumo de treonina digestível para Tilápia-do-Nilo"**, protocolo nº 1067/21, sob a responsabilidade do Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 13 de maio de 2021.

Vigência do Projeto	01/06/2021 a 01/07/2023
Espécie / Linhagem	<i>Oreochromis niloticus</i>
Nº de animais	1.120
Peso / Idade	5g a 700g
Sexo	Invertidos sexualmente para machos
Origem	Piscicultura comercial da região

Jaboticabal, 13 de maio de 2021.


Profa. Dra. Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL.....	9
INTRODUÇÃO	13
MATERIAIS E MÉTODOS	15
Local do experimento e comitê de Ética	15
Instalações e análise de água.....	15
Aquisição dos Peixes e Delineamento	15
Dietas Experimentais	16
Coleta de amostras e análises química	18
Desempenho zootécnico	19
Análise Estatística	19
RESULTADOS	19
DISCUSSÃO.....	24
CONCLUSÃO	26
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS	26

Dedicatória

Primeiramente, dedico esta dissertação a Deus e Nossa Senhora de Aparecida, bem como aos orixás que me guiam pelo caminho certo, me dando paciência para enfrentar as dificuldades do dia-a-dia do pós-graduando, o que me proporcionou este trabalho.

Dedico à Escola Família Agrícola Rosalvo Da Rocha Rodrigues - EFAR, (pelo qual sinto muito orgulho de ter feito parte desta família), pelos maravilhosos ensinamentos, sendo um deles o de ser criativo, independente, persistente, por me mostrar o quanto a área das agrarias pode ser empolgante e fascinante de se estudar.

Aos meus pais, Francisco Hélio da Silva e Biancka Jacobson da Silva e irmãos; Maria Claudia Jacobson da Silva, Bruno Jacobson da Silva, Westerlly Jacobson da Silva, Leonidas Jacobson da Silva, por sempre estarem ao meu lado e apoiarem todas as minhas decisões, mesmo que elas me afastassem do convívio deles, dedico também a minha tia querida que hoje das estrelas vê seu sobrinho ganhar o título de mestre, obrigado pela inspiração e pela sua imensurável dedicação a educação a ti dedico Júnia Yule Jacobson.

Dedico à Rita Brito Vieira, minha amada esposa, por sempre estar ao meu lado, me apoiando nos momentos bons e nos momentos ruins e sempre me ajudando a manter a calma, contribuindo para que eu esteja aqui. Você é tudo para mim.

Dedico esta para a Universidade Federal do Amazonas – ICSEZ- campus Parintins, pela formação acadêmica e pelo qual me orgulho muito de ter feito parte desta família.

Por fim, dedico aos meus grandes amigos: professor Tiago Viana da Costa, João Pedro Cidade Almeida, Wendell Glória Dos Santos, Ana Beatriz Carvalho, Suanny Beatriz Silva Lira, obrigado pela amizade de vocês, Dadinho, Tata, Karol, Cristal, Pedro medvet, Alex da patologia, Thais Oliveira e muitos outros, este trabalho é para vocês.

Agradecimento

Agradeço imensamente ao meu orientador, Professor Doutor João Batista Kochenborger Fernandes, pela confiança que ele depositou em mim, acreditando em meu potencial e tendo muita paciência comigo, sempre dando bons conselhos, cujos conselhos me ajudaram em meu crescimento profissional. Sempre serei muito grato à sua pessoa, fazendo parte eternamente da minha vida. Minha sincera gratidão à Professora Doutora Nilva Kazue Sakomura pela disponibilização de suas estruturas para que fosse possível a confecção de nossas dietas.

Agradeço ao Pós-doutorando Rafael de Souza Romaneli pela inestimável amizade, pela incansável dedicação à nutrição animal e pela valiosa partilha de seus conhecimentos e por ser um grande parceiro das pescarias, esses momentos sempre ficarão em nossas memórias.

Gostaria de agradecer a todos os alunos e funcionários do CAUNESP - Jaboticabal pelo convívio durante todo o meu estágio e mestrado. Em especial, gostaria de agradecer aos funcionários Márcio (Perereca), Seu Luiz da tilapicultura, Sr.º Valdecir Fernandes, Sr.º Roberto da Carcinicultura, Sr.º Jamil Eletricista, meu grande amigo, David Lorente da secretaria, Dona Elaine pelos conselhos e pelas ótimas conversas e pelo café, sendo estas pessoas que me proporcionaram uma experiência ainda mais agradável durante a minha estadia em Jaboticabal.

Agradecer à Doutora Ana Maria, técnica do laboratório de análises multiusuários do FCAV pela disponibilidade para que pudesse efetuar todas minhas análises e repassando muito conhecimento técnico em análise de alimento, sempre serei muito grato pela imensurável ajuda.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

APOIO FINANCEIRO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de financiamento 001.

Exigência de treonina para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A ser enviado a revista Aquaculture International.

Hélio Jacobson da Silva ^{0000-0003-1724-379X}; Rafael de Souza Romanelli ⁰⁰⁰⁰⁻⁰⁰⁰²⁻⁹⁵⁷⁶⁻³⁸⁴⁹; Thaís da Silva Oliveira ⁰⁰⁰⁰⁻⁰⁰⁰²⁻⁹⁵⁷⁴⁻⁷⁸⁴⁹; Pedro Luis Paulin Cassarini ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁷⁻⁰⁴⁰⁴⁻²⁴¹⁸; Raphael Santucci B Sayão ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁹⁻⁴³³¹⁰²⁶⁴, João Batista Kochenborger Fernandes ⁰⁰⁰⁰⁻⁰⁰⁰³⁻³⁸⁸⁶⁻⁸⁵⁶¹,

Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n - Vila Industrial, Jaboticabal - SP, 14884-900.

Autor por correspondência: Hélio Jacobson da Silva, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n - Vila Industrial, Jaboticabal - SP, 14884-900.

E-mail: heliojacobson@gmail.com

RESUMO

Apesar dos avanços na determinação das exigências nutricionais de tilápias (*Oreochromis niloticus*), persistem lacunas sobre os efeitos da variação no consumo de aminoácidos essenciais, especialmente em dietas práticas com flutuações composicionais. A proteína, nutriente de alto custo, demanda otimização para melhorar eficiência e reduzir impactos ambientais. Dentre os AAes, a treonina (Thr) destaca-se por seu papel na síntese de mucina, manutenção intestinal e metabolismo proteico, sua deficiência compromete o crescimento, conversão alimentar e absorção de nutrientes. Embora as exigências de Thr variem entre 0,50% e 1,98%, estudos com tilápias adultas são limitados. Este estudo avaliou a exigência de Thr para tilápias GIFT (300 g) em sistema de recirculação. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com seis níveis de Thr (2,7; 5,4; 8,1; 10,9; 13,6; 16,4 g/kg), formulados por diluição progressiva. Dietas deficientes em Thr (2,7 g/kg) causaram perda de peso (-46,90 g) e balanço proteico negativo (-10,35 g), enquanto os níveis ótimos foram 13,4 g/kg para ganho de peso máximo (139,01 g) e 14,5 g/kg para máxima deposição proteica (18,51 g). A mortalidade reduziu com o aumento de Thr, atingindo 100% de sobrevivência em 13,6 g/kg. Concentrações acima de 13,6 g/kg prejudicaram o crescimento. A gordura corporal aumentou até 13,76% em níveis intermediários (10,9 g/kg), diminuindo em concentrações superiores. O consumo de ração apresentou padrão quadrático, contrariando a teoria de consumo compensatório. Conclui-se que o balanceamento preciso de Thr (13,4–14,5 g/kg) é crucial para maximizar o desempenho de tilápias em crescimento (300–500 g), oferecendo bases para otimizar a produção e reduzir custos na aquicultura brasileira.

Palavras-chave: Aminoácidos, nutrição, Tilapia do Nilo, Desempenho, Fase de crescimento

ABSTRACT

Despite advances in determining the nutritional requirements of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), gaps remain regarding the effects of essential amino acid (EAA) intake variation, particularly in practical diets with compositional fluctuations. Protein, being a high-cost nutrient, requires optimization to improve efficiency and reduce environmental impacts. Among EAAs, threonine (Thr) stands out for its role in mucin synthesis, intestinal maintenance, and protein metabolism, with its deficiency impairing growth, feed conversion, and nutrient absorption. Although Thr requirements range between 0.50% and 1.98%, studies on adult tilapia remain limited. This study evaluated Thr requirements for GIFT tilapia (300 g) in a recirculating system. A completely randomized design was employed with six Thr levels (2.7, 5.4, 8.1, 10.9, 13.6, and 16.4 g/kg), formulated through progressive dilution. Thr-deficient diets (2.7 g/kg) caused weight loss (-46.90 g) and negative protein balance (-10.35 g), while optimal levels were established at 13.4 g/kg for maximum weight gain (139.01 g) and 14.5 g/kg for peak protein deposition (18.51 g). Mortality decreased with increasing Thr levels, reaching 100% survival at 13.6 g/kg. Excessive concentrations (>13.6 g/kg) impaired performance, likely due to the energetic cost of deamination. Body fat content increased up to 13.76% at intermediate Thr levels (10.9 g/kg), decreasing at higher concentrations. Feed intake showed a quadratic pattern, contradicting compensatory intake theory. These findings demonstrate that precise Thr balancing (13.4-14.5 g/kg) is crucial for maximizing performance in growing tilapia (300-500 g), providing fundamental data for optimizing production and reducing costs in Brazilian aquaculture.

Keywords: Amino acids, nutrition, Nile tilapia, Performance, Growth phase

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO GERAL

A produção mundial de organismos aquáticos atingiu um recorde na produção aquícola em 2022, superando pela primeira vez a pesca de captura. De acordo com o divulgado no novo relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, a aquicultura superou a pesca de captura, atingindo um recorde de 94,4 milhões de toneladas, em comparação com as 91,0 milhões de toneladas da pesca extrativa (FAO, 2024). Os obstáculos enfrentados pela aquicultura estão relacionados à demanda por aprimorar aspectos como a sustentabilidade e as margens financeiras, diminuindo os custos operacionais e os efeitos ambientais decorrentes dessa prática (CYRINO et al, 2010; SCIENCE FOR ENVIRONMENT POLICY, 2015).

Entre as espécies de interesse para a aquicultura, a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) destaca-se por sua ampla representatividade, atribuída a diversos fatores. A espécie apresenta requisitos típicos preferidos pelo mercado consumidor, tais como carne branca de textura firme, sabor delicado e de fácil filetagem, ausência de espinhas em Y. Além das características produtivas desejáveis para a criação: alta taxa de crescimento, adaptabilidade em diversas condições e criação tais como, variação de temperatura, concentração de nitrito e amônia, que colocam a tilápia entre as principais espécies comerciais (MICHELATO et al., 2016; FURUYA et al., 2005; FITZSIMMONS, 2000).

A viabilidade econômica, a sustentabilidade ambiental e uma nutrição que atenda às necessidades dos peixes são pilares imprescindíveis para o sucesso de qualquer empreendimento aquícola. (GHOMI et al., 2012). Dentre os nutrientes essenciais para o crescimento dos peixes, a proteína é o que mais impacta o custo da ração (BALLESTER-MOLTÓ et al., 2017), e as despesas com ração podem chegar a 70% dos custos totais de produção (SIDONIO et al., 2010). A fração proteica é o componente de maior importância no crescimento do tecido muscular (RIEGEL, 2012). De acordo com Bicudo & CYRINO (2009) os peixes não têm uma exigência nutricional específica por proteína, mas sim por um equilíbrio adequado entre os aminoácidos. Existem duas classes de aminoácidos: os não essenciais, que o próprio organismo do peixe consegue produzir, e os essenciais. Estes últimos não são sintetizados em quantidade suficiente para atender às necessidades do animal e, portanto, precisam ser obtidos através da alimentação. Para garantir sua presença na dieta, pode-se tanto suplementar a ração com aminoácidos cristalinos quanto utilizar ingredientes com proteínas de origem vegetal ou animal, que serão quebradas durante a digestão. Os aminoácidos são cruciais para diversas funções do organismo animal, como a síntese de proteína e de outros compostos associados ao metabolismo, incluindo hormônios, neurotransmissores, purinas e enzimas. Também, poderão ser catabolizados para suprir a demanda energética na ausência de gorduras e carboidratos (BALLANTYNE, 2001).

A treonina é um aminoácido essencial para o crescimento adequado dos peixes (NRC, 2011), participando de diversos processos fisiológicos e bioquímicos (ABIDI; KHAN, 2008; BODIN et al., 2008; FENG et al., 2013; HABTE-TSION et al., 2015a). A treonina participa da produção de imunoglobulinas e mucina, sintetizada em grande quantidade pelos peixes (SILVA et al., 2006). Além disso, desempenha um papel relevante na resposta imune, e sua deficiência pode aumentar a suscetibilidade dos animais a doenças (DEFA et al., 1999). Em juvenis de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), a carência desse aminoácido elevou a vulnerabilidade a infecções por *Flavobacterium columnare*, comprometendo tanto as defesas imunológicas quanto as barreiras físicas (DONG et al., 2018). O atendimento das necessidades nutricionais de treonina proporcionou maior eficiência imunológica e incremento na atividade de enzimas antioxidantes em ciprinídeos (HABTE-TSION et al., 2016), associado à melhoria no crescimento, na saúde e na absorção de nutrientes (HABTE-TSION et al., 2015b; HABTE-TSION et al., 2015c).

Um perfil de aminoácidos desbalanceado na dieta, decorrente da carência ou do excesso de um ou mais aminoácidos, pode gerar consequências adversas para a aquicultura. Tais prejuízos manifestam-se tanto na performance zootécnica, com a redução do crescimento dos peixes, quanto no impacto ambiental, pela maior excreção de compostos nitrogenados (DAUDA et al., 2019). O aporte excessivo desses nutrientes no ambiente aquático, notadamente a amônia, pode atingir concentrações tóxicas e comprometer o equilíbrio do ecossistema (DVORAK, 2004). Diante disso, o correto balanceamento de aminoácidos na dieta é um fator de extrema importância na formulação de rações. A qualidade proteica dos ingredientes e o desenvolvimento de estratégias nutricionais assertivas são, portanto, essenciais para a melhoria do desempenho produtivo e para a sustentabilidade do setor (CHO e BUREAU, 2001). Por este motivo, é essencial estabelecer níveis adequados de aminoácidos na dieta. A dose ótima pode ser estimada pelo método de dose-resposta, que possui duas abordagens principais: a suplementação e a diluição. A técnica de suplementação, amplamente utilizada em pesquisas, tem como finalidade estimar a necessidade de aminoácidos. Esse método consiste na adição progressiva do aminoácido em estudo a uma dieta basal deficiente no aminoácido limitante (D'MELLO, 1982). No entanto, essa abordagem apresenta críticas, pois a suplementação do aminoácido avaliado pode alterar sua proporção em relação aos demais, levando a respostas que não estão diretamente associadas ao aminoácido em análise (FISHER e MORRIS, 1970; GOUS e MORRIS, 1985). Além disso, outra limitação dessa técnica é a dificuldade em alcançar concentrações mais baixas do aminoácido testado (limitante na dieta), o que exige um aumento na inclusão de aminoácidos cristalinos nas dietas experimentais (GOUS e MORRIS, 1985).

Para evitar possíveis desbalanços no perfil de aminoácidos, alguns estudos aplicaram o conceito de proteína ideal, no qual é definido como o balanço ideal entre os aminoácidos essenciais (KHAN et al., 2020a; 2020b; 2022; AZEVEDO et al., 2021). Neste contexto, a técnica de diluição, proposta originalmente por Fisher e Morris (1970), é uma alternativa à técnica de suplementação,

onde diluições sucessivas são feitas, misturando-se uma dieta rica em proteína com uma dieta livre ou baixa em nitrogênio, mantendo-se o nível de energia constante entre as dietas. Este método permite obter os níveis intermediários do aminoácido teste, mantendo um equilíbrio entre os aminoácidos (GOUS & MORRIS, 1985). Além disso, a técnica de diluição permite a formulação de rações com uma ampla faixa e níveis mais baixos do aminoácido em teste. Atualmente, os estudos que estimam as exigências em aminoácidos em peixes estão restritos à técnica de suplementação, havendo poucos estudos com a técnica da diluição. Com a utilização desta última técnica, ressalta-se o estudo relatado por Abboudi et al. (2007), estimando a necessidade de treonina para manutenção do salmão do Atlântico (*Salmo salar* L.); aquele relatado por Liebert e Benkendorff (2007a, b), utilizando os princípios da técnica de diluição para determinar as exigências em lisina, metionina e treonina para a tilápia-do-Nilo; e Romaneli et al. (2021), estimando a eficiência de utilização da lisina para tilápia-do-Nilo em diferentes fases de crescimento.

CONCLUSÃO

O ensaio de alimentação demonstrou que a treonina é um aminoácido limitante para o crescimento da tilápia-do-Nilo, sendo a sua concentração adequada na dieta essencial para otimizar o desempenho zootécnico. Neste sentido, a exigência de treonina para o máximo crescimento foi determinada em 13,4 g kg⁻¹ (5,9 % da proteína bruta) e para o máximo de deposição de proteína foi de 14,3 g kg⁻¹ (5,9 % da proteína bruta).

REFERÊNCIAS

- Abboudi, T., Ooghe, W., Larondelle, Y., & Rollin, X. (2007). Determination of the threonine requirement for maintenance in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry with the diet dilution procedure. *Aquaculture Nutrition*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00475.x>
- Abidi, S. F., & Khan, M. A. (2008). Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). *Aquaculture Research*, 39, 1498–1505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02018.x>
- Association of Official Analytical Chemists. (2023). *Official methods of analysis of AOAC International* (22nd ed.). Gaithersburg.
- Ballantyne, J. S. (2001). Amino acid metabolism. In P. Wright & P. Anderson (Eds.), *Nitrogen Excretion* (pp. 77–107). Academic Press.
- Bequete, B. J. (2003). Amino acid metabolism in animals: An overview. In J. P. F. D'Mello (Ed.), *Amino Acids in Animal Nutrition* (2nd ed., pp. 87–101). CAB International. <https://doi.org/10.1079/9780851996547.0087>
- Bicudo, A. J. A., & Cyrino, J. E. P. (2009). Estimating amino acid requirement of Brazilian freshwater fish from muscle amino acid profile. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40, 318–823. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2009.00303.x>
- Bodin, N., Mambrini, M., Wauters, J. B., Abboudi, T., Ooghe, W., Le Boulenge, E., Larondelle, Y., & Rollin, X. (2008). Threonine requirements for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) at the fry stage are similar. *Aquaculture*, 274(2-4), 353–365. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.11.031>

- Bonfim, M. A. D., Lanna, E. A. T., Donzele, J. L., Quadros, M., Ribeiro, F. B., & Araújo, W. A. G. (2008). Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(12), 2077–2084. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001200001>
- Cyrino, J. E. P., Bicudo, A. J. A., Sado, R. Y., Borghesi, R., & Dairiki, J. K. (2010). A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(suppl.), 68–87. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>
- D’Mello, J. P. F. (1982). A comparison of two empirical methods of determining amino acid requirements. *World’s Poultry Science Journal*, 38, 114–119. <https://doi.org/10.1017/WPS19820010>
- Défa, L., Changting, X., Shiyang, Q., Jinhui, Z., Johnson, E. W., & Thacker, P. A. (1999). Effects of dietary threonine on performance, plasma parameters and immune function of growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 78(3-4), 179–188. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00005-X)
- Diogenes, A. F., Fernandes, J. B. K., Dorigam, J. C. P., Sakomura, N. K., Rodrigues, F. H. F., Lima, B. T. M., & Gonçalves, F. H. (2016). Establishing the optimal essential amino acid ratios in juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by the deletion method. *Aquaculture Nutrition*, 22(2), 435–443. <https://doi.org/10.1111/anu.12262>
- Fao. (2024) A produção mundial de pesca e aquicultura atinge novo recorde histórico. Rome.
- Feng, L., Peng, Y., Wu, P., Hu, K., Jiang, W.-D., Liu, Y., Jiang, J., Li, S.-H., & 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(7), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069974>
- Fisher, C., & Morris, T. R. (1970). The determination of the methionine requirements of laying pullets by a diet dilution technique. *British Poultry Science*, 11, 67–82. <https://doi.org/10.1080/00071667008415793>
- Fitzsimmons, K. (2000). Future trends of tilapia aquaculture in the Americas. In B. A. Costa-Pierce & J. Rakocy (Eds.), *Tilapia Aquaculture in the Americas* (pp. 252–264). World Aquaculture Society.
- Flores D. P., Pianesso D., Battisti E. K., Martinelli S. G., de Freitas I. L., Neto J. R., da Silva L. P., Tavares R. A., and Lazzari R., L. (2023). Threonine requirement of silver catfish

- (*Rhamdia quelen*): growth performance, body composition, plasma and liver metabolites, *Journal of Applied Animal Research*, 51, 358–365. <https://doi.org/10.1080/09712119.2023.2203746>.
- Furuya, W. M. (2010). Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. GFM Gráfica e Editora Ltda.
- Furuya, W. M., Pezzato, L. E., Barros, M. M., & Cyrino, J. E. P. (2016). Exigências nutricionais e alimentação em tilápia. In D. M. Fracalossi & J. E. P. Cyrino (Eds.), *Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira – Nutriaqua* (pp. 255–268). Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. <https://doi.org/10.15628/holos.2016.1869>
- Furuya, W. M., Santos, V. G., Silva, L. C. R., Furuya, V. R. B., Sakaguti, E. S., & Pezzato, L. E. (2006). Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(4), 937–942. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000400001>
- Golterman, H. L., Clymo, R. S., & Ohnstad, M. A. M. (1978). *Methods for physical and chemical analysis of freshwater* (2nd ed.). Blackwell Scientific Publications.
- Gous, R. M., & Morris, T. R. (1985). Evaluation of a diet dilution technique for measuring the response of broiler chickens to increasing concentrations of lysine. *British Poultry Science*, 26, 147–161. <https://doi.org/10.1080/00071668508416799>
- Green, J. A., & Hardy, R. W. (2002). The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. *Fish Physiology and Biochemistry*, 27(1-2). <https://doi.org/10.1023/B:FISH.0000021878.81647.6e>
- Habte-Tsion, H.-M., Ge, X., Liu, B., Xie, J., Ren, M., Zhou, Q., Miao, L., Pan, L., & Chen, R. (2015b). A deficiency or an excess of dietary threonine level affects weight gain, enzyme activity, immune response and immune-related gene expression in juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). *Fish & Shellfish Immunology*, 42(2), 439–446. doi: 10.1016/j.fsi.2014.11.021.
- Habte-Tsion, H.-M., Liu, B., Ren, M., Ge, X., Xie, J., Zhou, Q., Miao, L., Pan, L., & Chen, R. (2015a). Dietary threonine requirement of juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). *Aquaculture*, 437, 304–311. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.12.018>
- Habte-Tsion, H.-M., Ren, M., Liu, B., Ge, X., Xie, J., Chen, R., Zhou, Q., & Pan, L. (2015c). Threonine influences the absorption capacity and brush-border enzyme gene expression in the intestine of juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). *Aquaculture*, 448, 436–444. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.06.030>

- Habte-Tsion, H.-M., Ren, M., Liu, B., Ge, X., Xie, J., & Chen, R. (2016). Threonine modulates immune response, antioxidant status and gene expressions of antioxidant enzymes and antioxidant-immune-cytokine-related signaling molecules in juvenile blunt snout bream Fish & Shellfish Immunology, 51, 189–199. doi: 10.1016/j.fsi.2015.11.033.
- Hasanthi M., Kim M.G., Lim H, Lim J., Hur S.W., Lee S, Lee B.J., Kim K.W., Lee K.J. (2023). The dietary requirement for threonine in juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Fisheries and Aquatic Sciences, 26(1), 58-68. <https://doi.org/10.47853/FAS.2023.e5>
- He, J.-Y., Tian, L.-X., Lemme, A., Gao, W., Yang, H.-Y., Niu, J., Liang, P.-F., & Liu, Y.-J. (2013). Methionine and lysine requirements for maintenance and efficiency of utilization for growth of two sizes of tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Nutrition, 19, 629–640. <https://doi.org/10.1111/anu.12012>
- He, Z., Mai, K., Li, Y., Cheng, Z. and Ai, Q. (2016), Dietary threonine requirement of juvenile large yellow croaker, *Larmichthys crocea*. Aquac Res, 47: 3616-3624. <https://doi.org/10.1111/are.12814>
- Henry, Y., & Sève, B. (1993). Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, tryptophan and threonine. Pig News Information, 14(3), 35–43. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000600004>
- Henry-Silva, G. G., Camargo, A. F. M., & Pezzato, L. E. (2006). Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. Revista Brasileira de Zootecnia, 35(3), 641–647. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000300003>
- Kombat, E. O., Abakari, G., Alhassan, E. H., & Zhao, J. (2023). Effect of acute and chronic salinity exposure on the amino acid composition in muscle, intestine and gill tissues of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739406>
- Law, G., Bertolo, R. F., Adjiri-Awere, A., Pencharz, P. B., & Ball, R. O. (2007). Adequate oral threonine is critical for mucin production and gut function in neonatal piglets. American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology, 292, 1293–1301. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00221.2006>
- Li, P., Mai, K., Trushenski, J., & Wu, G. (2009). New developments in fish amino acid nutrition: Towards functional and environmentally oriented aquafeeds. Amino Acids, 37(1), 43–53. <https://doi.org/10.1007/s00726-008-0171-1>

- Michelato, M., Vidal, L. V. O., Xavier, T. O., Graciano, T. S., Moura, L. B., & Furuya, V. R. B. (2016). Dietary threonine requirement to optimize protein retention and fillet production of fast-growing Nile tilapia. *Aquaculture Nutrition*, 22(4), 759–766. <https://doi.org/10.1111/anu.12293>
- National Research Council. (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13039>.
- Ong, Y.-W., Feng, L., Jiang, W.-D., Liu, Y., Wu, P., Jiang, J., Kuang, S. Y., Tang, L., Tang, W.-N., Zhang, Y.-A., & Zhou, X.-Q. (2018). 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*, 72, 161–173. doi: 10.1016/j.fsi.2017.10.048
- Peres, H., & Oliva-Teles, A. (2009). The optimum dietary essential amino acid profile for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.04.046>
- Quadros, M., Lanna, E. A. T., Donzele, J. L., Abreu, M. L. T., Ribeiro, F. B., & Takishita, S. S. (2009). Crude protein reduction and digestible methionine+cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for Nile tilapia fingerlings. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(8), 1400–1406. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000800002>
- Ravi, J., & Devaraj, K. V. (1991). Quantitative essential amino acid requirements for growth of catla, *Catla catla*. *Aquaculture*, 96(3), 281–291. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90158-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90158-4)
- Riegel, R. E. (2012). *Bioquímica* (5th ed.). Unisinos.
- Sakomura, N. K., & Rostagno, H. S. (2016). *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Funep.
- Santiago, C. B., & Lovell, R. T. (1988). Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. *Journal of Nutrition*, 118, 1540–1546. <https://doi.org/10.1093/jn/118.12.1540>
- Science for Environment Policy. (2015). *Sustainable Aquaculture (Future Brief 11)*. European Commission DG Environment. <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>.
- Sidonio, L., Cavalcanti, I., Capanema, L., Morch, R., Magalhães, G., Lima, J., Burns, V., Alves Júnior, A. J., & Mungioli, R. (2010). Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. *BNDES Setorial*, 35, 421–463. <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1524>

- Silva, L. C. R., Furuya, W. M., Santos, L. D., Santos, V. G., Silva, T. S. C., & Pinsetta, P. J. (2006). Níveis de treonina em rações para tilápias-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000500002>
- Salinas, I., Monteiro, A. F., Ding, Y., Sunyer, J. O. (2021). Mucosal immunoglobulins of teleost fish: A decade of advances. *Developmental and Comparative Immunology*. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2021.104079>
- Specian, R. D., & Oliver, M. G. (1991). Functional biology of intestinal goblet cells. *American Journal of Physiology*, 260, 183–193. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.1991.260.2.C183>
- Toldrá F. (2003). Muscle Foods: Water, Structure and Functionality. *Food Science and Technology International*, 9(3), 173-177. doi:[10.1177/1082013203035048](https://doi.org/10.1177/1082013203035048)
- Walton, M. J. (1985). Aspects of amino acid metabolism in teleost fish. In C. B. Cowey, A. M. Mackie, & J. G. Bell (Eds.), *Nutrition and Feeding in Fish* (pp. 47–67). Academic Press.
- Wang, T. C., & Fuller, M. F. (1989). The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. *British Journal of Nutrition*, 62(1), 77–89. <https://doi.org/10.1079/BJN19890009>
- Wilson, R. P. (2002). Protein and amino acids. In J. E. Halver & R. W. Hardy (Eds.), *Fish Nutrition* (3rd ed., pp. 144–179). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-012319652-1/50004-5>
- Wilson, R. P., Allen, O. W., Robinson, A., & Poe, W. E. (1978). Tryptophan and threonine requirements of fingerling channel catfish. *Journal of Nutrition*. <https://doi.org/10.1093/jn/108.10.1595>
- Wu, G. (2009). Amino acids: Metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids*, 37(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00726-009-0269-0>
- Wu, G. (2013). Functional amino acids in nutrition and health. *Amino Acids*, 45(3), 407–411. <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1500-6>
- Wu, G. (2014). Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: A paradigm shift in protein nutrition. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5, 34. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-34>
- Yue, Y., Zou, Z., Zhu, J., Li, D., Xiao, W., Han, J., & Yang, H. (2014). Dietary threonine requirement of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture International*, 22, 1457–1467. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9759-5>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou como diferentes níveis de treonina na dieta afetam o comportamento da tilápia-do-nilo. A deficiência desse aminoácido aumentou significativamente a agressividade e a disputa por território entre os peixes. Isso resultou em lesões graves, como lacerações e amputações de nadadeiras e mandíbula. Por outro lado, dietas com níveis adequados de treonina reduziram notavelmente os confrontos. Os resultados sugerem que a treonina desempenha um papel importante na modulação do comportamento, possivelmente influenciando neurotransmissores