

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP CÂMPUS DE
JABOTICABAL**

**A exigência de energia digestível em dietas extrusadas
para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) de 90
a 400 gramas.**

**Isabela Cristina de Almeida
Zootecnista**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP CÂMPUS DE
JABOTICABAL**

**A EXIGÊNCIA DE ENERGIA DIGESTÍVEL EM DIETAS
EXTRUSADAS PARA JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum*) DE 90 A 400 GRAMAS.**

Discente: Isabela Cristina de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Dalton José Carneiro

Coorientadora: Dr. Andressa Tellechea Rodrigues

Dissertação de mestrado apresentada à
Faculdade de ciências Agrárias e Veterinárias –
Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de Mestre
em Ciência Animal.

A447e Almeida, Isabela Cristina de
A exigência de energia digestível em dietas extrusadas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) de 90 a 400 gramas / Isabela Cristina de Almeida. -- Jaboticabal, 2026
86 f. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Dalton José Carneiro
Coorientadora: Andressa Tellechea Rodrigues

1. Aquaculture. 2. Peixes Crescimento. 3. Energia. 4. Eficiência alimentar. 5. *Colossoma macropomum*. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

A presente pesquisa apresenta relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável e ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis. A determinação de níveis adequados de energia digestível em dietas para juvenis de tambaqui pode contribuir para melhorar a eficiência de utilização dos nutrientes e da energia pelos peixes, favorecendo o desempenho produtivo e o aproveitamento dos nutrientes presentes na dieta. Os resultados obtidos podem auxiliar na formulação de dietas mais adequadas para o tambaqui, contribuindo para o uso mais eficiente dos recursos destinados à alimentação e para a produção de alimentos de origem animal. Assim, o conhecimento gerado por esta pesquisa pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias de alimentação que favoreçam maior eficiência na produção aquícola, estando relacionado à produção sustentável de alimentos e ao uso responsável dos recursos.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research is related to the Sustainable Development Goals (SDGs) 2 – Zero Hunger and Sustainable Agriculture and 12 – Responsible Consumption and Production. Determining appropriate levels of digestible energy in diets for juvenile tambaqui may contribute to improving the efficiency of nutrient and energy utilization by fish, favoring productive performance and the utilization of nutrients present in the diet. The results obtained may assist in the formulation of more appropriate diets for tambaqui, contributing to the more efficient use of resources allocated to animal feeding and to the production of animal-source foods. Therefore, the knowledge generated by this research may contribute to the development of feeding strategies that favor greater efficiency in aquaculture production, being related to sustainable food production and the responsible use of resources.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: A EXIGÊNCIA DE ENERGIA DIGESTÍVEL EM DIETAS EXTRUSADAS PARA JUVENIS DE TAMBQUI (*Colossoma macropomum*) DE 90 A 400 GRAMAS

AUTORA: ISABELA CRISTINA DE ALMEIDA

ORIENTADOR: DALTON JOSÉ CARNEIRO
COORIENTADORA: ANDRESSA TELLECHÊA RODRIGUES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciência Animal, área: Nutrição Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DALTON JOSÉ CARNEIRO (Participação Presencial)
Departamento de Zootecnia / FCAV UNESP Jaboticabal



Profa. Dra. CRISTIÉLE DA SILVA RIBEIRO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia e Zootecnia / FEIS UNESP Ilha Solteira

gov.br

Documento assinado digitalmente
CRISTIÉLE DA SILVA RIBEIRO
Data: 21/02/2026 14:03:40-0300
Verificar em <https://verificar.gov.br>

Profa. Dra. SABRINA LUZIA CAETANO (Participação Presencial)
Departamento de Ciências Exatas / FCAV UNESP Jaboticabal



Jaboticabal, 26 de fevereiro de 2026.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ISABELA CRISTINA DE ALMEIDA – Nasceu em Araraquara-SP no dia 21 de junho de 2000. Em fevereiro de 2019 ingressou no curso de graduação em Zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Unesp, Campos de Jaboticabal-SP, onde realizou cursos, estágios, fez parte do programa de educação tutorial (PET) do curso de Zootecnia e desenvolveu seu Trabalho de Conclusão de Curso na área de aquaponia e produção sustentável sob orientação da Profa. Dra. Maria Célia Portella, concluindo a graduação em dezembro de 2023. Em março de 2024, ingressou no curso de mestrado em Ciência Animal na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, campos de Jaboticabal, sob a orientação do Prof. Dr. Dalton José Carneiro, com bolsa financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES), submetendo sua dissertação a banca examinadora em fevereiro de 2026.

“Para que todos vejam, saibam, considerem e,
juntos, entendam que a mão do Senhor fez isto.”

Isaías 41:20

Dedico este trabalho a Deus, pela força, sabedoria e direção ao longo desta jornada, e à minha família, pelo incentivo e apoio indispensáveis para a realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por Sua bondade e misericórdia presentes em todos os dias da minha vida, e, sobretudo, por realizar infinitamente mais do que tudo aquilo que pensamos ou imaginamos, segundo o Seu poder que opera em nós.

Agradeço à minha família, em especial aos meus irmãos, que são a maior motivação da minha busca por uma vida melhor.

Agradeço ao meu professor e orientador Dr. Dalton José Carneiro pela paciência, apoio e pelos valiosos ensinamentos ao longo deste período. Além do conhecimento científico adquirido, levo também importantes aprendizados para a vida.

Agradeço, de maneira especial, à minha orientadora de TCC e de iniciação científica, Profa. Dra. Maria Célia Portella, que atualmente divide o laboratório com meu orientador. Graças a ela, tive meu primeiro contato com este laboratório e iniciei minha trajetória na pesquisa científica.

Agradeço à minha coorientadora, Dra. Andressa Tellechea Rodrigues, pelos valiosos conhecimentos transmitidos ao longo deste período e pela amizade construída durante essa trajetória.

Agradeço aos colegas de laboratório Thalys, Magdiel, Caio e Leonardo, pois acredito que todo trabalho em equipe se torna mais leve, e vocês foram fundamentais em todo este processo.

Agradeço aos funcionários do Centro de Aquicultura, em especial aos senhores Valdecir e Márcio, e ao Bruno, pela valiosa ajuda ao longo do desenvolvimento deste trabalho. De maneira especial, agradeço à senhora Carmem Lúcia, pelo apoio e amizade, sempre presentes.

Agradeço ao meu namorado, Ronaldo, pelo amor, apoio e companheirismo, pela ajuda nas alimentações dos peixes ao longo dos 130 dias de experimento e por estar sempre ao meu lado, me apoiando e incentivando.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, mesmo não estando aqui mencionados, contribuíram para a conclusão desta etapa. A todos, minha eterna gratidão.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Processo nº 88887.970470/2024-00) pela concessão da bolsa de mestrado para a realização do presente estudo.

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

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIACÕES.....	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
CAPÍTULO 1 - Considerações gerais.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Panorama da aquicultura	3
2.2 Panorama de espécies nativas na aquicultura brasileira	5
2.3 Tambaqui	7
2.4 Exigências de proteína e energia em peixes onívoros	10
2.4.1 Exigência de energia digestível em peixes onívoros	15
2.4.2 Relação proteína: energia nas dietas de peixes onívoros	18
2.5 As fontes não proteicas de energia em peixes: carboidratos e lipídios	19
3 OBJETIVOS	22
3.1 Objetivo geral:	22
3.2 Objetivos específicos:	22
4 REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO 2- A EXIGÊNCIA DE ENERGIA DIGESTÍVEL EM DIETAS EXTRUSADAS PARA JUVENIS DE TAMBAQUI (<i>COLOSSOMA MACROPOMUM</i>) DE 90 A 400 GRAMAS.....	33
1 INTRODUÇÃO.....	35
2 MATERIAL E MÉTODOS	37
2.1 Material biológico e condições experimentais	37
2.2 Dietas experimentais.....	38
3 coletas de materiais biológicos	41
3.1 Análise das variáveis de desempenho produtivo	41
3.2 Análise da eficiência de utilização de proteína e energia digestíveis	42
3.3 Análises de índices fisiológicos.....	43
3.4 Análise de indicadores metabólicos circulantes	44
3.5 Análise estatística	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46

4.1	Desempenho produtivo e eficiência de utilização de proteína e energia	46
4.2	Composição corporal	53
4.3	Análise dos índices fisiológicos.....	57
4.4	Análise de indicadores metabólicos circulantes	59
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
6	REFERÊNCIAS	63



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **"A exigência de energia digestível em dietas extrusadas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) de 90 a 400 gramas"**, protocolo nº 9740077132/2025, sob a responsabilidade do Prof. Dr. DALTON JOSÉ CARNEIRO, 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 17 de setembro de 2025.

(We certify that the research project entitled **"Digestible energy requirements in extruded diets for juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) weighing 90 to 400 grams."**, protocol nº. 9740077132/2025, under the responsibility of Dr. DALTON JOSÉ CARNEIRO, which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the Chordata phylum, vertebrate subfile (except man), for the purposes of scientific research (or teaching) - is in accordance with the precepts of Law no. 11,794, of October 8, 2008, in Decree 6,899, of July 15, 2009, and with the rules issued by the National Council for Animal Experimentation Control (CONCEA), and was approved by the Ethics Commission on Animal Use (CEUA), from the SCHOOL OF AGRICULTURAL AND VETERINARY SCIENCES, UNESP - JABOTICABAL - SP Campus, September 17, 2025 an ordinary meeting.)

Vigência do Projeto	Após a aprovação da CEUA a 31/12/2025
Espécie / Linhagem	<i>Colossoma Macropomum</i>
Nº de animais	370
Peso / Idade	3 meses/ 90 gramas
Sexo	Fêmeas
Procedência	Laboratório de reprodução de peixes – Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP).

Jaboticabal, 17 de setembro de 2025.



Assinado de forma digital por
HELENA CRISTINA DELGADO
BRITO:10199881774
Dados: 2025.09.19 16:49:35
-03'00'

Coordenadora – CEUA

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal - SP
(16) 3209-7100 www.fca.unesp.br

A EXIGÊNCIA DE ENERGIA DIGESTÍVEL EM DIETAS EXTRUSADAS PARA JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) DE 90 A 400 GRAMAS

RESUMO - Entre as espécies nativas cultivadas no Brasil, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) destaca-se pela importância econômica na aquicultura nacional e em outros países da América Latina, com grande aceitação no mercado, especialmente na região Norte. Essa espécie apresenta características zootécnicas favoráveis, como rápido crescimento, boa adaptação a sistemas intensivos e elevado potencial produtivo. A energia digestível é um fator nutricional crítico para o desempenho e a eficiência de utilização da proteína, influenciando o consumo alimentar, o crescimento e a utilização de nutrientes. Dessa forma o adequado balanço entre proteína e energia pode maximizar o potencial produtivo e reduzir perdas nutricionais, econômicas e ambientais. O objetivo deste estudo foi determinar a exigência de energia digestível para juvenis de tambaqui na fase de 90 a 400 g. Foram avaliados seis níveis de energia digestível (3186,07; 3292,62; 3404,49; 3510,06; 3620,08 e 3731,27 kcal kg⁻¹) em dietas práticas extrusadas isoproteicas (25% de proteína digestível), utilizando 252 juvenis distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e seis repetições, durante 130 dias. Não foram observados efeitos significativos dos níveis de energia digestível sobre os resultados das variáveis de crescimento pelos modelos de regressão (linear e quadrático) e de Linear Response Plateau. Apenas os de eficiência de retenção de proteína bruta (ERPB) apresentaram comportamento linear decrescente com o aumento dos níveis energéticos, apresentando uma redução progressiva da eficiência de aproveitamento proteico à medida que a energia da dieta foi elevada. A comparação de médias indicou que os três primeiros níveis (3186,07; 3292,62 e 3404,49 kcal ED/kg) concentraram as melhores respostas para desempenho e eficiência, com destaque para o nível de 3.404,49 kcal ED/kg, que apresentou o melhor conjunto de resultados de crescimento e eficiência de utilização de proteína e energia. Os índices fisiológicos (IHS e IGVS) e os parâmetros bioquímicos sanguíneos (glicose, triglicerídeos, colesterol e proteínas totais) não foram influenciados pelos níveis de energia digestível. Com base nesses achados, estima-se que o nível de energia digestível mais adequado para juvenis de tambaqui nesta fase esteja em torno de 3.404,49 kcal ED/kg, fornecendo referência útil para

formulação de dietas práticas que promovam crescimento eficiente, boa utilização da proteína e equilíbrio nutricional, contribuindo para a produção sustentável e economicamente viável desta espécie.

Palavras-chave: Energia digestível, *Colossoma macropomum*, Eficiência alimentar, Crescimento, Desempenho zootécnico.

THE DIGESTIBLE ENERGY REQUIREMENT IN EXTRUDED DIETS FOR JUVENILE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) FROM 90 TO 400 GRAMS

ABSTRACT - Tambaqui (*Colossoma macropomum*) is one of the most economically important native species cultivated in Brazil and other Latin American countries, with high market acceptance, especially in the Northern region. This species exhibits favorable zootechnical characteristics, such as rapid growth, good adaptation to intensive production systems, and high productive potential. Digestible energy is a critical nutritional factor for performance and protein utilization efficiency, influencing feed intake, growth, and nutrient utilization. Therefore, maintaining an adequate protein-to-energy ratio is essential to maximize productive potential and reduce nutritional, economic, and environmental losses. The objective of this study was to determine the digestible energy requirement for juvenile tambaqui weighing between 90 and 400 g. Six levels of digestible energy (3186.07, 3292.62, 3404.49, 3510.06, 3620.08, and 3731.27 kcal kg⁻¹) were evaluated in practical extruded isoproteic diets (25% digestible protein), using 252 juveniles distributed in a completely randomized design with six treatments and six replicates over a 130-day experimental period. No significant effects of dietary digestible energy levels were observed on growth performance variables according to linear, quadratic, and linear response plateau (LRP) regression models. Only crude protein retention efficiency (CPRE) showed a linear decreasing response as dietary energy levels increased, indicating a progressive reduction in protein utilization efficiency with higher dietary energy. Mean comparisons revealed that the first three energy levels (3186.07, 3292.62, and 3404.49 kcal DE/kg) yielded the best performance and efficiency responses, with particular emphasis on 3404.49 kcal DE/kg, which provided the best overall results for growth and protein and energy utilization efficiency. Physiological indices (HSI and VSI) and blood biochemical parameters (glucose, triglycerides, cholesterol, and total protein) were not influenced by dietary digestible energy levels. Based on these findings, the most appropriate digestible energy level for juvenile tambaqui at this stage is estimated to be approximately 3404.49 kcal DE/kg. This value provides a useful reference for the formulation of practical diets that promote efficient growth, improved protein utilization,

and nutritional balance, contributing to the sustainable and economically viable production of this species.

Keywords: Digestible energy; *Colossoma macropomum*; Feed efficiency; Growth; Zootechnical performance.

LISTA DE ABREVIATÖES

CEUA: Comitê de Ética no Uso de Animais

P: proteína

E: energia

PB: proteína bruta

EB: energia bruta

PD: proteína digestível

ED: energia digestível

EE: extrato etéreo

FB: fibra bruta

MM: matéria mineral

MS: matéria seca

GP: ganho em peso

CA: conversão alimentar

TCE: taxa de crescimento específico

TEP: taxa de eficiência proteica

PBGP: proporção de proteína no ganho em peso

EEGP: proporção de extrato etéreo no ganho em peso

EREB: eficiência de retenção de energia bruta

ERPb: eficiência de retenção de proteína bruta

PMF: peso final médio

PMI: peso inicial médio

IHS: índice hepatossomático

IGVS: índice gorduro-viscerossomático

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teores de proteína recomendados em dietas para produção de tambaqui	12
Tabela 2. Teores de proteína bruta recomendado em dietas para a produção de pacu	13
Tabela 3. Teores de proteína recomendados em dietas para a produção de tilápias	14
Tabela 4. Níveis de energia digestível recomendados em dietas para as três espécies onívoras mais produzidas no Brasil.....	17
Tabela 5. Formulação (base em matéria natural) e composição química calculada (base em matéria seca) das dietas experimentais contendo níveis crescentes de energia digestível para juvenis de tambaqui.	39
Tabela 6. Valores médios das variáveis de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia digestível.	47
Tabela 7. Valores médios dos parâmetros de eficiência de utilização de nutrientes de juvenis de tambaqui alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia digestíveis.	51
Tabela 8. Valores observados nos estudos de regressão polinomial e de LRP para as medias de eficiência de utilização de PB.	52
Tabela 9. Valores médios dos resultados de composição corporal de juvenis de tambaqui alimentados com dietas extrusadas contendo seis diferentes níveis de energia digestível.	54
Tabela 10. Valores médios dos índices hepatossomático e gorduro-víscerosomático de juvenis de tambaqui alimentados com dietas extrusadas contendo diferentes níveis de energia digestível.	58
Tabela 11. Valores médios dos indicadores metabólicos em juvenis de tambaqui alimentados com dietas extrusadas contendo diferentes níveis de energia digestível	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Regressão linear para os resultados de eficiência de retenção de proteína bruta	53
--	----

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura de espécies nativas vem ganhando destaque nos últimos anos, impulsionada pelo aumento da demanda por pescado e pela necessidade de sistemas produtivos mais sustentáveis e eficientes (Peixe Br, 2024). Diante disso, estudos relacionados à nutrição e à alimentação de peixes nativos vêm sendo desenvolvidos, buscando fornecer subsídios científicos para a indústria de rações e para os produtores, o que possibilita a sua criação de forma produtiva, econômica e ambientalmente adequada. Apesar dos desafios enfrentados pelo setor, a piscicultura de peixes nativos representa aproximadamente 26,71% da produção aquícola brasileira, evidenciando sua relevância no cenário nacional (Peixe Br, 2025).

Entre as espécies nativas cultivadas no Brasil, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) destaca-se pela sua expressiva importância econômica na aquicultura brasileira e em outros países da América Latina (Wagner et al., 2021). Essa espécie apresenta grande aceitação no mercado consumidor, especialmente na região Norte do Brasil, onde é amplamente apreciada, demonstrando características zootécnicas favoráveis, como rápido crescimento e boa adaptação a sistemas intensivos de produção (Valenti et al., 2021).

Devido à crescente importância do tambaqui na aquicultura, observa-se na literatura, um número considerável de estudos voltados à determinação de suas exigências nutricionais, incluindo pesquisas sobre exigência de proteína (Buzollo, 2014; Lima et al., 2016; Rodrigues, 2014), energia (Boscolo et al., 2011; Bulman, 2019; Paulino, 2018), aminoácidos (Aroucha et al., 2023; Brandão et al., 2009; Nascimento, 2015; Rodrigues et al., 2026) e até da utilização de aditivos na alimentação (Brandão, 2022; Frota, 2021). Esses trabalhos contribuíram significativamente para o avanço do conhecimento nutricional da espécie e para a melhoria dos índices produtivos.

Apesar desses avanços, o conhecimento acerca das exigências nutricionais do tambaqui ainda se apresenta de forma fragmentada. Além disso, a maior parte das

pesquisas concentram-se em peixes com peso inferior a 100 gramas, enquanto o tambaqui atinge pesos entre 1,5 a 3,0 kg, comercialmente (Neto et al., 2017; Rodrigues, 2014). Essa lacuna levanta questionamentos sobre a adequação do uso de dados de exigência nutricional obtidos só nas fases iniciais do crescimento para formulação de dietas destinadas a estágios mais avançados de desenvolvimento.

A fase de engorda, em especial, representa um período crítico tanto sob o ponto de vista zootécnico quanto econômico, uma vez que envolve maiores custos com alimentação e impacta diretamente o desempenho produtivo e a rentabilidade do sistema de produção (Garcez et al., 2021). Nesse sentido, a consolidação de informações sobre as exigências nutricionais do tambaqui nessa fase é fundamental para o desenvolvimento de dietas práticas mais precisas, eficientes e economicamente viáveis, contribuindo para a maximização do desempenho zootécnico e para a sustentabilidade da cadeia produtiva.

A energia digestível (ED) corresponde à energia ingerida por meio da dieta, descontadas as perdas que ocorrem nas fezes, o que reflete a fração de energia efetivamente absorvida pelo trato digestório e disponibilizada para os processos metabólicos (Boscolo et al., 2011). Na nutrição de peixes a ED é fundamental, uma vez que influencia diretamente no consumo de ração, na utilização de proteína, no crescimento e na eficiência alimentar (Rodrigues et al., 2013). Pois a inadequação dos níveis energéticos pode resultar em decréscimo no desempenho e na eficiência de utilização dos nutrientes ou acúmulo excessivo de gordura corporal, tornando essencial a determinação de níveis adequados de energia para diferentes fases de crescimento dos peixes (Peres et al., 2022).

Diante desse contexto, pressupõe-se a existência de um nível ótimo de energia digestível em dietas extrusadas capaz de maximizar o desempenho produtivo e a eficiência alimentar de juvenis de tambaqui na fase de engorda, promovendo melhor aproveitamento dos nutrientes e redução de perdas no sistema produtivo. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo a determinação da exigência de energia digestível em dietas extrusadas para juvenis de tambaqui de 90 a 400 gramas, contribuindo para o preenchimento das lacunas existentes na literatura e no

fornecimento de subsídios para a formulação de dietas mais adequadas para a fase de engorda dessa espécie. Ao estabelecer níveis energéticos mais precisos para a fase final de produção, espera-se a promoção de melhorias no desempenho produtivo, na eficiência alimentar e na sustentabilidade econômica da produção de tambaqui.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, a determinação dos níveis de energia digestível nas dietas foi avaliada considerando as variáveis de crescimento por meio de modelos de regressão linear, quadrático e Linear Response Plateau (LRP). A eficiência de retenção de proteína bruta apresentou comportamento linear decrescente com o aumento dos níveis de energia digestível, indicando redução da retenção relativa de proteína à medida que os níveis energéticos das dietas foram elevados. Esse comportamento pode estar relacionado às alterações na relação energia:proteína das dietas, decorrentes do aumento da energia digestível mantendo-se constante o teor proteico. O aumento de energia até determinado ponto favoreceu o desempenho, mas níveis mais altos não continuaram trazendo benefícios. Embora os modelos de regressão e LRP não tenham permitido estimar um nível ótimo de energia digestível para as variáveis

6 REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles — fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Nutrition**, [s. l.], n. Silva 1985, 2007.
- ABIMORAD, E. G., CARNEIRO, D. J., URBINATI, E. C. Growth and metabolism of pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887) juveniles fed diets containing diferente protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 36 44, 2007.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 17th ed. Assoc. Anal. Chem., Arlington, VA, 2000.
- APHA (American Public Health Association). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC: American Public Health Association. 2005.
- BERTIPAGLIA, L. M. A.; MELO, G. M. P.; SUGOHARA, A.; MELO, W. J. Alterações bromatológicas em soja e milho processados por extrusão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], 2008.
- BICUDO, Á. J. D. A.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. P. Performance of juveniles of *Pseudoplatystoma fasciatum* fed graded levels of corn gluten meal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 838-845, 2012.
- BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J. M. A. De; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A. Native fish nutrition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 40, p. 145–154, 2011.
- Bulman M.B. Tambaqui — **Manual de Nutrição e Manejo Alimentar**. 2019. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/474223937/Manual-Tambaqui>
- BUZOLLO, H. (2014). **Exigência de proteína digestível em dietas para juvenis de tambaqui e a dinâmica do crescimento muscular por aspectos morfológicos e turnover isotópico do carbono-13 e do nitrogênio-15**. 109f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Unesp, Jaboticabal
- CAMARGO, A C. D.; VIDAL, M. V; DONZELE, J. L.; DE ANDRADE, D. R.; DOS SANTOS, L. C. Levels of Metabolizable Energy for Tambaqui (*Colossoma Macropomum*) From 30 to 180 Grams of Live Weight. 1. Carcass Composition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 409–415, 1998. Disponível em: <isi:000077670400001>
- CAMPOS, D. W. J. (2024). **Produção de tilápias vermelhas híbridas (*Oreochromis spp.*) masculinizadas ou não, alimentadas com dietas com baixa e alta relação de carboidratos e lipídios em tanques-rede**. 113f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Unesp, Jaboticabal.

CORRÊA, R. de O. Qualidade da água na piscicultura continental. **Emprapa**. [s.l.: s.n.], 2018.

COUTINHO, J. J. O. (2016). **Lipídios em dietas para produção de tilápias do nilo em tanques-rede nilo em tanques-rede**. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Unesp, Jaboticabal.

DE FREITAS, J. M. A.; PERES, H.; DE CARVALHO, P. L. P. F.; FURUYA, W. M.; SARTORI, M. M. P.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M. Interactive effects of digestible protein levels on thermal and physical stress responses in Nile tilapia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 51, p. 1–16, 2022.

EBENEEZAR, S.; VIJAYAGOPAL, P.; SRIVASTAVA, P. P.; GUPTA, S.; SIKENDRAKUMAR VARGHESE, T.; PRABU, D. L.; CHANDRASEKAR, S.; VARGHESE, E.; SAYOOJ, P.; TEJPAL, C. S.; WILSON, L. Dietary lysine requirement of juvenile silver pompano, *Trachinotus blochii* (Lacepede, 1801). **Aquaculture**, v. 511, p. 734234, 2019.

FIGUEIREDO-SILVA, C.; SARAVANAN, S.; SCHRAMA, J.; PANSEERAT, S.; KAUSHIK, S.; GEURDEN, I. A comparative study of the metabolic response in rainbow trout and Nile tilapia to changes in dietary macronutrient composition. **British Journal of Nutrition**, v. 109, p. 816–826, 2013.

FURUYA, W. M.; CRUZ, T. P.; GATLIN III, D. M. Amino acid requirements for Nile tilapia: an update. **Animals**, v. 13, p. 900, 2023.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. London: **Blackwell Scientific Publications**, 1978.

GONÇALVES, G. S.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; JULIA, M.; ROSA, S. Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilápias-do- nilo formuladas com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 3598, 2009.

HAIDAR, M. N.; BLEEKER, S.; HEINSBROEK, L. T. N.; SCHRAMA, J. W. Effect of constant digestible protein intake and varying digestible energy levels on energy and protein utilization in Nile tilapia. **Aquaculture**, [s. l.], v. 489, n. December 2016, p. 28–35, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.035>>

HONDA, S. E. M. Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes do Amazonas. II. Alimentação de tambaqui, *Colossoma bidens* (Spix). **Acta Amazônica**, v. 4, p. 47–53, 1974.

HUSSEIN, M. S.; ZAGHLOUL, A. M.; TOLAN, A. Z.; AHMED, M. H. I. Studies on lysine requirement for growing mono-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of animal and Poultry Production**, v. 7, p. 355–361, 2016.

IBGE. **Produção da aquicultura, por tipo de produto – Tabela 3940**. 2024. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940#resultado>>. Acesso em: 26 jan. 2026.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (Ed.). **Methods of seawater analysis**. Weinheim: Verlag Chemie, 1976. p. 117–181.

KUBITZA, F. O impacto da amônia, do nitrito e do nitrato sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões. A água na aquicultura – Parte 3: Panorama. **Panorama da Aquicultura**, n. 164, p. 1–25, 2018.

LEE, S.; SMALL, B. C.; PATRO, B.; OVERTURF, K.; HARDY, R. W. The dietary lysine requirement for optimum protein retention differs with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) strain. **Aquaculture**, v. 514, p. 734483, 2020.

MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. Water analysis: some revised methods for limnologists. London: **Freshwater Biological Association**, 1978.

MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; TRUGO, L. C. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. **Aquaculture**, v. 209, p. 209-218, 2002.

MICHELATO, M.; VIDAL, L.; XAVIER, T. O.; MOURA, L. B.; ALMEIDA, F. L. A.; PEDROSA, V. B.; FURUYA, V. R. B.; FURUYA, W. M. Dietary lysine requirement to enhance muscle development and fillet yield of finishing Nile tilapia. **Aquaculture**, v. 457, p. 124-130, 2016.

NASCIMENTO, T. M. T. (2015). **Níveis de aminoácidos digestíveis para juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* e turnover isotópico do carbono - 13 e do nitrogênio - 15 no tecido muscular**. 90f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Unesp, Jaboticabal.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 2011. **Nutrient Requirements of Fish**. National Academy Press, Washington, DC (376 p).

OISHI, C. A.; NWANNA, L. C.; FILHO, M. P. Optimum dietary protein requirement for Amazonian Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, fed fish meal free diets. **Acta Amazonica**, [s. l.], v. 40, n. diet 1, p. 757–762, 2010.

PAULINO, G. S. F. (2008). **Exigência de energia digestível para o crescimento inicial do tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 81f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Unesp, Jaboticabal.

PERES, H.; FREITAS, J. M. A.; CARVALHO, P. L. P.; FURUYA, W. M.; SATORI, M. M. P.; OLIVA-TELES, A.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M. Growth performance and metabolic responses of Nile tilapia fed diets with different protein to energy ratios. **Aquaculture**, [s. l.], v. 547, n. April 2021, p. 1–19, 2022.

PERES, H.; OLIVA-TELES, A. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 179, p. 325–334, 1999.

RODRIGUES, A. P. O.) Nutrition and feeding of tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 135–145, 2014.

RODRIGUES, A. T.; SANTOS, M.; WILLIAM, D.; CAMPOS, J. De; ISMAEL, J.; FERNANDO, C.; MANSANO, M.; CARNEIRO, D. J. Digestible lysine requirement in diets for tambaquis (*Colossoma macropomum*) in growth phase from 100 g to 500 g. **Aquaculture**, [s. l.], v. 613, n. November 2025, 2026.

RODRIGUES, A.; GIOVANI, B.; VERDOLIN, R.; DOS SANTOS, V. Nutrição e alimentação de peixes. In: **Piscicultura de água doce - Multiplicando conhecimentos**. [s.l: s.n.]. p. 171–213, 2013.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F. De; BARRETO, S. L. de T.; BRITO, C. O. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 4a ed ed. Viçosa: UFV (Universidade Federal de Viçosa), 2017.

SANDRE, L. C. G.; BUZOLLO, H.; NASCIMENTO, T. M. T.; NEIRA, L. M.; JOMORI, R. K.; CARNEIRO, D. J. Productive performance and digestibility in the initial growth phase of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets with different carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture Reports**, v. 6, p. 28-34, 2017.

SARAVANAN, S.; GEURDEN, I.; FIGUEIREDO-SILVA, A. C.; KAUSHIK, S. J.; HAIDAR, M. N.; VERRETH, J. A.; SCHRAMA, J. W. Control of voluntary feed intake in fish : a role for dietary oxygen demand in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets with different macronutrient profiles **British Journal of Nutrition**. [s. l.], p. 1519–1529, 2012. a

SARAVANAN, S.; SCHRAMA, J. W.; FIGUEIREDO-SILVA, A. C.; KAUSHIK, S. J.; VERRETH, J. A. J.; GEURDEN, I. Constraints on energy intake in fish : the link between diet composition, energy metabolism, and energy intake in Rainbow Trout. . **British Journal of Nutrition** [s. l.], v. 7, n. 4, p. 1–1,.2012b.

WEBSTER C.D.; LIM, C. Introduction to Fish Nutrition. In: Carl D. Webster, Chhorn Lim, (Eds). **Nutrient requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture**. New York: CABI Publishing, 2002. p. 1-27.

WITESKA, M.; KONDERA, E.; LUGOWSKA, K.; BOJARSKI, B. Hematological methods in fish – Not only for beginners. **Aquaculture**, [s. l.], v. 547, 2022.

YAMAMOTO, T.; SHIMA, T.; UNUMA, T.; SHIRAISHI, M.; AKIYAMA, T.; TABATA, M. Voluntary intake of diets with varying digestible energy contents and energy sources, by juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mikiss*, using self-feeders. **Fisheries Science** v. 66, p. 528-534, 2000.