DIGESTIBILIDADE APARENTE DA FARINHA DE PUPA DE *TENEBRIO MOLITOR* EM RAÇÃO PARA O LAMBARI (*Astyanax bimaculatus*)

Maria Verônica Pachêco[1], Tiago Oliveira de Aguilar[1], Dayane Vitoria Silva Mello[2], Erivelto Oliveira de Souza[2], Manuel Vazquez Vidal Junior[3], Pedro Pierro Mendonça[2].

[1]Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/nº, Bairro Guararema,29500-000-Alegre-ES, Brasil, mariaveronicapacheco23@gmail.com, tiagoaguilar.eaqui@gmail.com, leozinho.periard@gmail.com
[2]Instituto Federal do Espírito Santo, Rodovia BR-482 (Cachoeiro-Alegre), Km 47, Distrito de Rive, 29500-000-Alegre – ES, Brasil, daymellovitoria@gmail.com, velto3032@gmail.com, ppierrom@gmail.com
[3]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, 28013-602- Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil, mvidalpx@gmail.com

Resumo
O lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*) é uma espécie de grande relevância econômica na aquicultura brasileira, sendo utilizada na alimentação regional, como isca viva na pesca esportiva e em sistemas de produção de baixo custo. Neste trabalho avaliou-se a digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta e do extrato etéreo de uma ração contendo 30% de farinha de pupa de *Tenebrio molitor*, comparada a uma ração referência sem inclusão do inseto. O experimento foi conduzido em incubadoras cônicas de 80 litros, com 70 lambaris por unidade experimental, em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. As fezes foram coletadas pelo método de coleta total e submetidas a análise bromatológica para o cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente. A ração com farinha de pupa apresentou digestibilidade de matéria seca de 95,09%, extrato etéreo de 33,61% e proteína bruta de 52,12%, valores significativamente superior aos observados na ração referência. Conclui-se que a farinha de pupa de *Tenebrio molitor* constitui ingrediente de elevada digestibilidade representando uma possível alternativa proteica para o lambari.

Palavras-chave: Nutrição.Peixes.Insetos.Digestibilidade

Área do Conhecimento: Ciências agrárias: Aquicultura.

Introdução

O lambari-do-rabo-amarelo, *Astyanax bimaculatus*, pertence à família Characidae e apresenta ampla distribuição nas bacias hidrográficas brasileiras, sendo especialmente expressivo na região amazônica (Furo *et al.*, 2024). A espécie é frequentemente utilizada como modelo em estudos de nutrição animal, devido ao curto ciclo de vida, à facilidade de manejo e à boa adaptação a diferentes dietas. Seu hábito alimentar onívoro permite o uso de diversas fontes proteicas na formulação de rações, o que amplia as possibilidades de inclusão de ingredientes alternativos (Evangelista *et al.*, 2023).

Os insetos vêm sendo apontados como fonte proteica promissora para a alimentação animal, incluindo aves e peixes, por apresentarem elevado teor de proteína e um perfil equilibrado de minerais, vitaminas e ácidos graxos essenciais (Reis; Dias, 2020). A produção de proteína de insetos demanda menos área e menos água, além de gerar menor impacto ambiental quando comparada às fontes proteicas tradicionais, reforçando seu papel na construção de sistemas de produção animal mais sustentáveis (Santos, 2021; Van Huis, 2013

O tenébrio (*Tenebrio molitor*) destaca-se entre os insetos estudados na nutrição animal por apresentar elevados níveis de proteína bruta ao longo de seu desenvolvimento, podendo a larva atingir cerca de 47% de proteína em base seca (Rumpold; Schlüter, 2013). Nas diferentes fases, larva, pupa e adultos, a composição nutricional se modifica de forma expressiva, sendo o perfil de aminoácidos reduzido conforme o inseto avança para os estágios de pupa e adultos (Yu; He; Wang, 2021). Ainda

assim, a fase de pupa mantém teores relevantes de proteína bruta e de lipídios, o que a torna candidata interessante para compor ingredientes destinados à nutrição animal, embora estudos específicos sobre sua digestibilidade em peixes ainda sejam escassos quando comparados aos disponíveis para a fase larval (Hong; Han; Kim, 2020; Ravzanaadii *et al.*, 2012).

A digestibilidade de um alimento expressa a facilidade com que o animal consegue absorver e aproveitar os nutrientes e a energia nele contidos, sendo um parâmetro essencial para avaliar a qualidade nutricional de novos ingredientes (Andriguetto *et al.*, 1981).

Diante da escassez de informações sobre o aproveitamento nutricional da fase de pupa do tenébrio na alimentação de peixes nativos, este trabalho teve como objetivo avaliar a digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta e do extrato etéreo de uma ração contendo farinha de pupa de *Tenebrio molitor*, em comparação a uma ração referência, na alimentação do lambari-do-rabo-amarelo.

Metodologia

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais (LNPEO), Ifes – Campus Alegre, sob aprovação da CEUA/IFES nº 23149.003781/2023-18. Foram utilizados 420 lambaris, com peso inicial médio de 2 g, distribuídos em seis unidades experimentais, em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e três repetições, totalizando 70 peixes por unidade. Foram avaliadas uma ração referência e uma ração contendo 30% de farinha de pupa de *Tenebrio molitor*, formuladas para serem isoproteicas e isoenergéticas, com 36% de proteína bruta e 3,6 Mcal/kg de energia digestível.

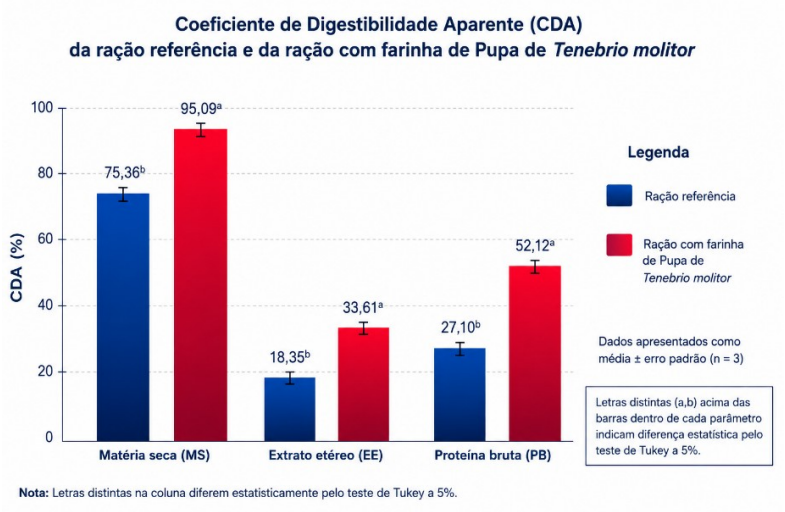
Os peixes foram mantidos por 22 dias em incubadoras cônicas de fibra de vidro (80 L), com aeração contínua, controle de temperatura e trocas de 40% da água três vezes por semana. A alimentação foi realizada três vezes ao dia, até a saciedade aparente. As fezes foram coletadas pelo método de coleta total, utilizando coletores acoplados às incubadoras, e armazenadas sob congelamento.

Após descongelamento, as fezes foram secas a 55 °C por 24 horas, maceradas e analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE). As mesmas análises foram realizadas nas rações, utilizando os métodos de Silva e Queiroz (2002), Kjeldahl e aparelho ANKOM XT15, respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade aparente foram calculados conforme Sakomura e Rostagno (2007). Os dados foram submetidos à ANOVA, com comparação das médias pelo teste de Tukey a 5%, utilizando o programa Genes.

Resultados

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, do extrato etéreo e da proteína bruta da ração referência e da ração contendo farinha de pupa de *Tenebrio molitor* encontram-se na figura 1.

Figura 1 - Coeficiente de Digestibilidade Aparente (CDA) da ração referência e da ração com farinha de Pupa de *Tenebrio molitor*..



Fonte: elaborado pelos próprios autores.

A ração contendo farinha de pupa apresentou CDA de matéria seca de 95,09%, superior estatisticamente ao valor observado na ração referência (75,36%). Para o extrato etéreo, a ração com pupa apresentou CDA de 33,61% quase o dobro do observado na ração referência (18,35%). Já para a proteína bruta, o CDA da ração com pupa foi de 52,12%, significativamente superior ao da ração referência (27,10%) pelo teste de Tukey (P<0,05).

Discussão

A elevada digestibilidade da matéria seca observada na ração com farinha de pupa reforça que, apesar das mudanças metabólicas associadas à metamorfose, o tecido da pupa de *T. molitor* ainda mantém composição nutricional acessível aos processos digestivos do lambari. Resultado semelhante de elevada digestibilidade de matéria seca para farinhas de tenébrio foi relatado por De Sousa (2021) em jundiá (*Rhamdia quelen*), com CDA de 84,7% para a farinha de larva, valor próximo ao observado tanto para a pupa no presente estudo.

A digestibilidade da proteína bruta na fase de pupa manteve-se estatisticamente superior à da ração referência. A quitina, presente no exoesqueleto e nas estruturas internas dos insetos, é apontada como um dos principais fatores limitantes da digestibilidade proteica em peixes, uma vez que a maioria das espécies não possui atividade suficiente da enzima quitinase (Ikeda *et al.*, 2009; Souto, 2015; Hasan *et al.*, 2023). Revisões recentes indicam que o efeito da quitina sobre a digestibilidade depende tanto da concentração quanto da fase de desenvolvimento do inseto utilizado, o que ajuda a explicar por que a pupa, apesar de apresentar teor de quitina intermediário entre a larva e o adulto, ainda mantém digestibilidade satisfatória (Pascon *et al.*, 2024).

Para o extrato etéreo, os valores obtidos com a farinha de pupa também indicam boa disponibilidade da fração lipídica. Resultado na mesma direção foi relatado por Chemello *et al.* (2020) para a farinha de larva de tenébrio em dietas para truta arco-íris, que obtiveram CDA de extrato etéreo de 98,45%. Embora o presente estudo tenha avaliado a fase de pupa, os resultados, em conjunto com estudos realizados com a fase larval, sugerem que a fração lipídica do T. molitor pode apresentar boa disponibilidade para diferentes espécies de peixes.

Poucos estudos avaliam especificamente a digestibilidade da farinha de pupa de tenébrio em peixes, o que torna os resultados deste trabalho relevantes para preencher uma lacuna na literatura. Estudos com a fase larval, como os conduzidos por Chen *et al.* (2023) em black bass e por Jian *et al.* (2023) em corvina amarela, relatam coeficientes de digestibilidade de proteína bruta entre 48,8% e 91,03%, faixa que engloba o valor obtido para a pupa no presente trabalho, sugerindo que, mesmo após a metamorfose, o inseto mantém potencial nutricional relevante para a aquicultura (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2023).

A comparação entre diferentes fases de desenvolvimento do tenébrio e entre diferentes espécies de insetos reforça a importância da escolha da fase adequada para a produção de farinhas destinadas à nutrição de peixes. Sándor *et al.* (2022) constataram diferenças relevantes na digestibilidade de farinhas de diferentes insetos para híbridos de bagre africano, enquanto Souza *et al.* (2025), avaliando farinha de mosca-soldado-negra na fase adulta para o próprio lambari-do-rabo-amarelo, observaram prejuízo no desempenho zootécnico associado ao elevado teor de quitina da fase adulta. Os resultados deste trabalho, em que os valores observados para a ração contendo farinha de pupa foram semelhantes aos relatados na literatura para dietas contendo farinha de larva, sugerem que, no caso do tenébrio, a fase de pupa ainda representa alternativa nutricionalmente vantajosa, ao contrário do que costuma ocorrer na fase adulta de outros insetos.

De modo geral, os resultados indicam que a farinha de pupa de *Tenebrio molitor* apresenta digestibilidade elevada para os três parâmetros avaliados, sendo estatisticamente superior à ração referência e comparável à farinha de larva. Esses achados ampliam as possibilidades de aproveitamento do ciclo produtivo do tenébrio na nutrição de peixes, uma vez que a pupa, subproduto do processo de criação do inseto, pode ser utilizada como ingrediente proteico de qualidade, agregando valor à cadeia produtiva do inseto (Van Huis, 2013; Hasan *et al.*, 2023).

Conclusão

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a ração contendo 30% de farinha de pupa de *Tenebrio molitor* apresentou digestibilidade aparente de matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta significativamente superior à da ração referência, com valores próximos aos observados para a farinha de larva. A inclusão de 30% de farinha de pupa de T. molitor resultou em elevada digestibilidade aparente da dieta, indicando potencial de utilização desse ingrediente em rações para o lambari-do-rabo-amarelo. e contribuindo para o aproveitamento integral do ciclo produtivo do inseto na aquicultura.

Referências

ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos.** São Paulo: Nobel, 1981. v. 1.

CHEMELLO, G. et al. Partially defatted *Tenebrio molitor* larva meal in diets for grow-out rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum): effects on growth performance, diet digestibility and metabolic responses. **Ani.,** v. 10, n. 2, p. 229, 2020. DOI: 10.3390/ani10020229. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-2615/10/2/229. Acesso em: 14 mar. 2026.

CHEN, H. et al. Effects of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) on growth performance, hepatic health and digestibility in juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*). **Ani.,** v. 13, n. 8, p. 1389, 2023. DOI: 10.3390/ani13081389. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ani13081389. Acesso em: 02 fev. 2026.

DE OLIVEIRA FURO, I. de O. et al. New parameters for in vitro development of cell lines of the species *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) and *Geophagus proximus* (Castelnau, 1855). **J. of Fish Biol.,** v. 105, n. 1, p. 85-94, 2024. DOI: 10.1111/jfb.15731. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jfb.15731. Acesso em: 27 jun. 2026.

DE SOUSA, N. C. **Farinha de tenébrio (***Tenebrio molitor***) em dietas para jundiá (***Rhamdia quelen***).** 2021. 38 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável) – Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, 2021.

EVANGELISTA, P. A. et al. Bioaccumulation and depletion of the antibiotic sulfadiazine 14C in lambari (*Astyanax bimaculatus*). **Ani.,** v. 13, n. 15, p. 2464, 2023. DOI: 10.3390/ani13152464. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-2615/13/15/2464. Acesso em: 19 jan. 2026.

HASAN, I. et al. Chitinase and insect meal in aquaculture nutrition: a comprehensive overview of the latest achievements. **Fishes,** v. 8, n. 12, p. 607, 2023. DOI: 10.3390/fishes8120607. Disponível em: https://doi.org/10.3390/fishes8120607. Acesso em: 08 mai. 2026.

HONG, J.; HAN, T.; KIM, Y. Y. Mealworm (Tenebrio molitor larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: a review. **Ani.,** v. 10, n. 11, p. 2068, 2020. DOI: 10.3390/ani10112068. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ani10112068. Acesso em: 23 mar. 2026.

IKEDA, M. et al. Purification and characterization of chitinase from the stomach of silver croaker Pennahia argentatus. **Prot. Expr. and Purific.,** v. 65, n. 2, p. 214-222, 2009. DOI: 10.1016/j.pep.2009.01.015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.pep.2009.01.015. Acesso em: 11 jul. 2026.

JIAN, Z. et al. Apparent digestibility of five new non-grain protein ingredients for large yellow croakers (Larimichthys crocea). **Acta Hydrobiolog. Sinic.,** v. 47, n. 9, p. 1416-1424, 2023. DOI: 10.7541/2022.2022.040510. Disponível em: https://doi.org/10.7541/2022.2022.040510. Acesso em: 30 abr. 2026.

PASCON, G. et al. Effect of dietary chitin on growth performance, nutrient utilization, and metabolic response in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). **Aqua. Repor.,** v. 37, p. 102244, 2024. DOI:

10.1016/j.aqrep.2024.102244. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102244. Acesso em: 16 jun. 2026.

RAVZANAADII, N. et al. Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. **In. J. of Industri. Entomol.,** v. 25, n. 1, p. 93-98, 2012. DOI: 10.7852/ijie.2012.25.1.093. Disponível em: https://doi.org/10.7852/ijie.2012.25.1.093. Acesso em: 05 fev. 2026.

REIS, T. L.; DIAS, A. C. C. Farinha de insetos na alimentação de não ruminantes, uma alternativa alimentar. **Vet. e Zootec.,** v. 27, p. 1-16, 2020. DOI: 10.35172/rvz.2020.v27.428. Disponível em: https://doi.org/10.35172/rvz.2020.v27.428. Acesso em: 21 mai. 2026.

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M. et al. Evaluation of in vitro protein hydrolysis in seven insects approved by the EU for use as a protein alternative in aquaculture. **Ani.,** v. 14, n. 1, p. 96, 2023. DOI: 10.3390/ani14010096. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ani14010096. Acesso em: 09 mar. 2026.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Molec. Nutrit. & Food Rese.,** v. 57, n. 5, p. 802-823, 2013. DOI: 10.1002/mnfr.201200735. Disponível em: https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735. Acesso em: 03 jul. 2026.

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

SÁNDOR, Z. J. et al. Apparent digestibility coefficients of black soldier fly (Hermetia illucens), yellow mealworm (Tenebrio molitor), and blue bottle fly (Calliphora vicina) insects for juvenile African catfish hybrids (Clarias gariepinus x Heterobranchus longifilis). **Aqua.. Nutrit.,** 2022. DOI: 10.1155/2022/4717014. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36860442/. Acesso em: 12 jan. 2026.

SANTOS, D. K. M. dos. **Farinha de larva de mosca soldado negra como ingrediente em dietas para o tambaqui.** 2021. 75 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Nilton Lins/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2021.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235 p.

SOUTO, C. N. **Farinha de camarão em dietas para o tambaqui (Colossoma macropomum).** 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SOUZA, E. O. et al. Performance of lambari-do-rabo-amarelo Astyanax bimaculatus (Linnaeus, 1758) fed diets based on adult black soldier fly meal: analysis of its effectiveness as a substitute for fish meal. **Brazil. J. of Biol,** v. 85, e292260, 2025. DOI: 10.1590/1519-6984.292260. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1519-6984.292260. Acesso em: 25 ago. 2026.

VAN HUIS, A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. **Annual Review of Entomol.,** v. 58, n. 1, p. 563-583, 2013. DOI: 10.1146/annurev-ento-120811-153704. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704. Acesso em: 17 abr. 2026.

YU, X.; HE, Q.; WANG, D. Dynamic analysis of major components in the different developmental stages of Tenebrio molitor. **Front. in Nutrit.,** v. 8, p. 689746, 2021. DOI: 10.3389/fnut.2021.689746. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fnut.2021.689746. Acesso em: 06 jul. 2026.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), *Campus* Alegre, pela infraestrutura concedidos ao Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais (LNPEO) para a execução desta pesquisa e ao Laboratório de Bromatologia Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), pelo apoio na realização das análises bromatológicas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).