

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM
CAMPUS DE PALMEIRA DAS MISSÕES/RS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS - PPGAGR

João de Deus Mena Barreto Neto

**FARINHA DE LARVAS DE MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia
illucens*) NA ALIMENTAÇÃO DE LAMBARI (*Astyanax altiparanae*)**

Palmeira das Missões, RS
2023

João de Deus Mena Barreto Neto

FARINHA DE LARVAS DE MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*) NA ALIMENTAÇÃO DE LAMBARI (*Astyanax altiparanae*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronegócios, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronegócios**.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Lazzari

Palmeira das Missões, RS
2023

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Finance Code 001

Mena Barreto, João

FARINHA DE LARVAS DE MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*) NA ALIMENTAÇÃO DE LAMBARI (*Astyanax altiparanae*) / João Mena Barreto.- 2023.

57 p.; 30 cm

Orientador: Rafael Lazzari Coorientador: Giovani Bergamin

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Palmeira das Missões, Programa de Pós Graduação em Agronegócios, RS, 2023

1. Piscicultura 2. Sustentabilidade 3. Proteína 4. Ingrediente alternativo I. Lazzari.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, JOÃO MENA BARRETO, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

João de Deus Mena Barreto Neto

**FARINHA DE LARVAS DE MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*) NA
ALIMENTAÇÃO DE LAMBARI (*Astyanax altiparanae*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronegócios, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronegócios.**

Rafael Lazzari (UFSM) - videoconferência

Cátia Aline Veiverberg (UNIPAMPA) - videoconferência

Carlos Frederico Ceccon Lanes (UNIPAMPA) - videoconferência

Palmeira das Missões, RS
2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus que me permite ter saúde para viver em busca de um propósito pessoal, que é guia para conduzir a caminhada do sucesso, e que me conforta nos momentos difíceis.

À meu pai Joelson, minha mãe Enilda e minha irmã Maria Clara, que são a família que por toda vida me dá suporte incondicional, e acima de tudo permanece unida.

À minha namorada Maria Luiza que é minha maior incentivadora, companheira e amiga, e também batalhadora do sucesso pessoal e profissional.

Ao meu orientador Rafael Lazzari, que me deu oportunidade de desenvolver este estudo, e também a todo suporte científico que esteve disposto a compartilhar para o bom desempenho do trabalho. Ainda, sou muito grato por todo apoio de cunho científico, financeiro e patrimonial.

Ao meu co-orientador Giovani Bergamin, que também esteve presente desde o início até o final desta trajetória acadêmica, sempre disposto a auxiliar e contribuir para o bom desempenho do trabalho. Ainda, sou muito grato por todo apoio de cunho científico, financeiro e patrimonial.

Aos professores Carlos Frederico Ceccon, Cátia Aline Veiverberg e Alexandra Pretto, pelo apoio desde o início do período experimental até a realização de análises laboratoriais finais.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronegócios (PPGAGR) pela oportunidade de expandir conhecimentos, e poder contribuir para a sustentabilidade do agro como um todo.

RESUMO

FARINHA DE LARVAS DE MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*) NA ALIMENTAÇÃO DE LAMBARI (*Astyanax altiparanae*)

AUTOR: João de Deus Mena Barreto Neto

ORIENTADOR: Rafael Lazzari

Neste estudo foi avaliada a inclusão de farinha de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) (FMSN) em substituição à farinha de peixe (FP) e seus reflexos no crescimento, índices somáticos, metabolismo e atividade de enzimas digestivas do lambari (*Astyanax altiparanae*). O ensaio biológico foi conduzido durante oito semanas, utilizando 200 animais (peso inicial médio=5,5 g) mantidos em sistema fechado de recirculação com filtragem mecânica, biológica e ultravioleta contendo 20 tanques (volume de 22 litros). Em cada unidade experimental foram utilizados 10 peixes, numa densidade de 0,45 peixes/L. Foram testados cinco tratamentos (dietas), com quatro repetições, em delineamento inteiramente ao acaso. A dieta controle (FMSN 0%) foi elaborada contendo como composição básica farinha de resíduo do abate de tilápia, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo. Nas demais dietas, foi realizada a substituição de 25, 50, 75 e 100% da FP pela FMSN. Durante o experimento, os peixes foram alimentados com a taxa de arraçoamento de 10% do peso vivo, com frequência alimentar de duas vezes ao dia (8h30min e 17h). Ao final do experimento, foi realizada biometria dos peixes (medidas de peso e comprimento) coleta de fígado e trato gastrointestinal dos peixes para as análises laboratoriais. Os resultados indicam que a inclusão de FMSN na dieta não afetou ($P > 0.05$) os parâmetros de desempenho dos lambaris, demonstrando que a substituição total da FP é possível. A composição corporal foi influenciada pela inclusão de FMSN, onde a matéria seca e a gordura apresentaram alterações significativas no tratamento de 50% de inclusão. A atividade de enzimas digestivas não foi alterada pela inclusão de FMSN ($P > 0,05$). Os níveis de aminoácidos no fígado dos peixes tiveram efeito significativo ($P > 0.05$) no tratamento de 50% de inclusão de FMSN. Conclui-se que a FMSN pode ser utilizada em dietas para lambari como substituta total da FP, mantendo o crescimento dos peixes.

Palavras-chave: Ingrediente alternativo, proteína, sustentabilidade, piscicultura.

ABSTRACT

BLACK SOLDIER FLY LARVAE (*Hermetia illucens*) MEAL IN THE FOOD OF LAMBARI (*Astyanax altiparanae*)

AUTHOR: João de Deus Mena Barreto Neto

ADVISOR: Rafael Lazzari

In this study, the inclusion of black soldier fly meal (*Hermetia illucens*) (BSFM) in replacement of fish meal (FM) and its effects on the growth, somatic indices, metabolism and activity of digestive enzymes of lambari (*Astyanax altiparanae*) was evaluated. The biological test was conducted for eight weeks, using 200 animals (average initial weight=5.5 g) using a closed recirculation system with mechanical, biological and ultraviolet filtration containing 20 tanks (volume of 22 liters). In each experimental unit, 10 fish were used, at a density of 0.45 fish/L. Five treatments (diets) were tested, with four replications, in a completely randomized design. The control diet (BSFM 0%) was prepared with the basic composition of tilapia slaughter residue flour, soybean meal, ground corn and wheat bran. In the other diets, 25, 50, 75 and 100% of FM were replaced by BSFM. During the experiment, the fish were fed at a feeding rate of 10% of live weight, with a feeding frequency of twice a day (8:30 am and 5:00 pm). At the end of the experiment, fish biometry was performed (weight and length measurements) and the liver and gastrointestinal tract of the fish were collected for laboratory analysis. The results showed that the inclusion of BSFM in the diet did not affect ($P < 0.05$) the performance parameters of the lambaris, demonstrating that the total replacement of PF is possible. Body composition was influenced by the inclusion of BSFM, where dry matter and fat showed significant changes in the 50% inclusion treatment. The activity of digestive enzymes was not altered by the inclusion of BSFM ($P > 0.05$). Amino acid levels in fish liver had a significant effect ($P < 0.05$) in the 50% BSFM inclusion treatment. It is concluded that BSFM can be used in lambari diets as a total replacement for FM, maintaining fish growth.

Keywords: Alternative ingredient, protein, sustainability, fish farming.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo de vida da mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>)	15
Figura 2 - Espécie de Lambari (<i>Astyanax altiparanae</i>)	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição de ingredientes e formulação das dietas experimentais utilizadas no ensaio biológico	32
Tabela 2 - Composição das rações em seus respectivos tratamentos	33
Tabela 3 - Parâmetros de crescimento e índices somáticos do lambari (<i>Astyanax altiparanae</i>)	.34
Tabela 4 - Composição corporal do lambari (<i>Astyanax altiparanae</i>)	35
Tabela 5 - Análise da atividade de enzimas digestivas do lambari (<i>Astyanax altiparanae</i>) nos diferentes tratamentos do experimento	36
Tabela 6- Parâmetros metabólicos do fígado de lambari (<i>Astyanax altiparanae</i>)	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo Geral.....	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 NUTRIÇÃO DE PEIXES.....	12
2.2 MOSCA SOLDADO NEGRO (<i>Hermetia illucens</i>)	14
2.3 LAMBARI (<i>Astyanax altiparanae</i>)	16
3 ARTIGO.....	19
4. CONCLUSÃO GERAL	40
5 REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

O consumo mundial de pescado aumentou nas últimas décadas, em função do acelerado crescimento populacional e da busca do consumidor por mais alimentos. Deste modo, a aquicultura desponta no mercado de produção proteica como alternativa para o aumento da oferta de pescado nos anos subsequentes, visto que a pesca (extrativismo) encontra-se em estagnação desde a década de 1990 (FAO, 2022).

A produção de peixes cultivados no Brasil teve acréscimo de 3,1% em 2023, atingindo 887.029 toneladas neste ano, com receita que ultrapassa os R\$ 8 bilhões. O país é o quarto maior produtor mundial de tilápia, a qual representa 65% da produção nacional. A produção de peixes nativos é de 263.479 toneladas e corresponde a 29,7% da produção nacional e é liderada pelo tambaqui (*Collossoma macropomum*), enquanto que outras espécies como jundiá, traíra, pacu, tambacu, lambari entre outras, participam com aproximadamente 5 % do mercado. (PEIXE BR, 2023).

A região Sul destaca-se principalmente na produção de tilápias e carpas em sistemas de monocultivo e policultivo respectivamente (PEIXE BR, 2023). O estado do Rio Grande do Sul possui excelente potencial para a produção de peixes, e em 2023 ocupou a 12ª posição no *ranking* da produção nacional de peixes (PEIXE BR, 2023). Segundo o censo agropecuário de 2017 o estado possui 24,8% dos estabelecimentos com produção de peixes do país, com um total de 113.011 estabelecimentos com criação de peixes, sendo 56.472 estabelecimentos com produção de carpas, representando aproximadamente 50% do total, enquanto a tilápia está presente em 11.947 estabelecimentos (IBGE, 2018).

A demanda por rações e ingredientes também teve aumento significativo nos últimos anos, acompanhando o crescimento da aquicultura. O custo com rações representa em média 70% do custo na aquicultura (PEDROSA FILHO et al. 2020). Como alternativa para a redução do custo de produção, o uso de insetos na nutrição de peixes tem sido estudado por ser uma fonte de proteína que pode ser substituto sustentável às fontes proteicas tradicionais e cada vez mais escassas, como o óleo e a farinha de peixe. Além disso, a utilização da proteína de insetos visa a sustentabilidade da produção, pois o manejo de produção dos insetos causa baixo impacto ambiental, pois exige pequena área para criação, baixa quantidade de água durante a produção (DOS SANTOS, 2021).

A mosca soldado negro, *Hermetia illucens*, ganhou atenção especial entre os aquicultores e tem sido utilizado para formulação de rações na aquicultura. A espécie chama

atenção devido a razões especiais como a capacidade de converter resíduos alimentares e esterco em proteínas de alto valor biológico. A farinha da mosca soldado negro (FMSN) tem sido utilizada como ingrediente proteico alternativo na elaboração de rações, especialmente por seus componentes nutricionais e perfil de aminoácidos (MOHAN et al. 2022).

Estudos com a utilização de farinhas de mosca como ingredientes proteicos em dietas para aquicultura estão em destaque, sendo amplamente pesquisados, mostrando resultados promissores, como a melhor eficiência proteica, atividade do complemento sérico e resistência contra *Flavobacterium columnare* e *Streptococcus iniae* (YILDIRIM-AKSOY et al. 2020), melhora no desempenho de crescimento e equilíbrio da microbiota intestinal (HU et al. 2020, FAWOLE et al. 2020, JÓZEFIAK et al. 2019), melhora no sistema de defesa antioxidante (STENBERG et al. 2019, FAWOLE et al. 2020, MOUTINHO et al. 2021), ativação de genes relacionados ao sistema imunológico, como interleucina 10 (IL-10), TNF- α e receptor toll-like 5 (TLR-5) (CARDINALETTI et al. 2019), além da modulação da comunidade microbiana intestinal, aumentando a abundância de táxons de bactérias relacionadas à saúde dos peixes (RIMOLDI et al. 2021, LI et al. 2021). Entretanto a grande maioria destes estudos são para a truta arco íris e para o salmão do atlântico, e ainda não há trabalhos para espécies de peixe nativas do Brasil.

O lambari (*Astyanax sp.*) é o gênero mais comum e diversificado da família Characidae, endêmico em toda a região neotropical. Agrega cerca de uma centena de espécies e são abundantes nas bacias hidrográficas brasileiras. A espécie é cultivada em diferentes sistemas de cultivo, desde produções rudimentares como fonte de renda extra e diversificação de atividades na propriedade, até os sistemas produtivos intensivos com altos índices produtivos (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010). Esta espécie aceita dietas com composição variada, contendo fontes de origem vegetal e animal (SUSSEL et al., 2014). Entretanto, a análise do crescimento do peixe bem como sua biomassa deve ser considerada.

Em face de poucos estudos recentes com o lambari e a necessidade de avaliar novos ingredientes, torna-se importante verificar se o uso da mosca pode melhorar o desempenho dos peixes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a inclusão da farinha de larvas de *Hermetia illucens* (FMSN) como fonte proteica alternativa à farinha de peixe em dietas para adultos de lambari *Astyanax altiparanae*.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o crescimento do lambari alimentados com dietas contendo farinha de larvas de mosca soldado negro;
- Estudar a atividade de enzimas digestivas de lambaris submetidos a alterações da composição da fonte proteica da dieta;
- Verificar alterações metabólicas dos peixes frente a inclusão de farinha de mosca na dieta;
- Avaliar os índices somáticos e rendimento de carcaça de lambaris alimentados com dietas contendo farinha de mosca soldado negro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 NUTRIÇÃO DE PEIXES

A rentabilidade na atividade de piscicultura está diretamente atrelada a um adequado manejo alimentar, já que a alimentação é o custo mais oneroso da produção. Considerando tal evento, é fundamental garantir a boa qualidade dos nutrientes e a quantidade adequada para a formulação da ração, a qual deve fornecer todos os aminoácidos necessários para a síntese proteica, e de acordo com a exigência nutricional da espécie, otimizar o processo metabólico. As rações que apresentam deficiência em aminoácidos e proteína comprometem diretamente a eficiência alimentar, podendo causar dificuldade de crescimento e debilitar o sistema imune, isto é, acarreta na mobilização da proteína dos tecidos para a manutenção de outras funções deficitárias (RIBEIRO et al., 2012).

A proteína é o nutriente mais oneroso nas dietas de peixes e os níveis de inclusão geralmente variam de 30 a 50%. Durante décadas, a farinha de peixe foi utilizada como principal fonte de proteína nas rações para piscicultura, devido ao seu alto teor protéico e perfil equilibrado de aminoácidos. Ainda, a alta palatabilidade, alta digestibilidade de nutrientes e ausência geral de fatores antinutricionais fizeram da farinha de peixe o

ingrediente proteico padrão para produção. Porém, preocupações de sustentabilidade a nível ambiental, social e econômico, acarretaram na necessidade de estratégias de substituição da farinha de peixe, de modo a encontrar fontes proteicas alternativas que possam ser utilizadas sem comprometer o desempenho produtivo (ARAGÃO et al. 2022).

Os estudos primeiramente concentraram-se essencialmente em ingredientes vegetais terrestres. No entanto, a maioria das fontes de proteína vegetal contém uma variedade de fatores antinutricionais biologicamente ativos, que podem afetar negativamente o consumo de ração, a digestão e absorção de nutrientes e o estado de saúde dos peixes. A farinha de subprodutos de aves, farinha de sangue e a farinha de penas, são ingredientes valiosos que contribuem para a economia circular, melhorando a sustentabilidade do setor. Embora o uso destes na Europa tenha sido limitado de 2001 a 2013, devido a preocupações com a encefalite espongiiforme transmissível.

Os lambaris consomem alimento em todos os níveis tróficos e se adaptam facilmente a novas alimentações mediante a mudança ambiental. Os alimentos encontrados no sistema digestório do lambari em ambiente natural estão representados por vegetais (sementes, frutos, gramíneas, algas e macrófitas) e animais (larvas, insetos aquáticos e insetos terrestres) confirmando se tratar de uma espécie onívora com tendência insetívora (ADRIAN et al., 2001).

Por ser onívoro, se adapta facilmente ao arraçoamento que na fase de larva é realizado com ração em pó, e na fase juvenil com ração triturada, podendo aumentar a granulometria de acordo com tamanho e peso final desejado. Em sistemas de cultivo, o arraçoamento diário em oferta parcelada proporciona melhores resultados de produção (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010). Novos ingredientes para rações de peixes, como microalgas e proteínas unicelulares, macroalgas e farinhas de insetos, também são fontes de proteína em ascensão (ARAGÃO et al. 2022).

A inclusão de ingredientes e alimentos alternativos na alimentação de peixes é muito fomentada em sistemas de produção sustentável, onde a produção de rações tem baixo ou nulo impacto negativo no ambiente natural. Fontes proteicas convencionais, são os ingredientes mais onerosos na fabricação de rações, porém, podem ser substituídas por proteínas alternativas, sem risco de déficit na exigência nutricional dos animais (DOS SANTOS, 2021).

Entretanto, na região Noroeste de São Paulo, fábricas de ração recebem pedidos que contém desde 18 a 40% de PB, vindo de produtores de lambaris, de modo que a variação é muito ampla, mesmo considerando os variados sistemas de produção, conclui-se que a proteína fornecida na alimentação ou está em excesso ou em déficit na exigência nutricional

(ABIMORAD e CASTELLANNI, 2013). Todavia, um estudo avaliou o desempenho de lambaris alimentados com diferentes níveis de proteína bruta na ração, o qual apontou melhor desempenho e crescimento dos peixes tratados com ração contendo 26% de proteína bruta (MASSAGO e DA SILVA, 2020). Ainda, Sussel (2012) corrobora que o melhor custo/benefício na alimentação do lambari foi proporcionado pelos peixes alimentados com ração contendo 26% de proteína bruta.

Os lambaris consomem alimento em todos os níveis tróficos e se adaptam facilmente a novas alimentações mediante a mudança ambiental. Os alimentos encontrados no sistema digestório do lambari em ambiente natural estão representados por vegetais (sementes, frutos, gramíneas, algas e macrófitas) e animais (larvas, insetos aquáticos e insetos terrestres) confirmando se tratar de uma espécie onívora com tendência insetívora (ADRIAN et al., 2001). Por ser onívoro, se adapta facilmente ao arraçoamento que na fase de larva é realizado com ração em pó, e na fase juvenil com ração triturada, podendo aumentar a granulometria de acordo com tamanho e peso final desejado. Em sistemas de cultivo, o arraçoamento diário em oferta parcelada proporciona melhores resultados de produção (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010).

2.2 MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*)

Embora o uso de insetos em rações aquáticas só tenha começado há menos de 40 anos, os avanços na seleção de espécies, cultura, maximização da produção, valores nutricionais e testes de campo, são bastante satisfatórios. A produção de farinha de insetos está em desenvolvimento acelerado na China, Europa, América do Norte, Austrália e países do Sudeste Asiático. Até o momento, pelo menos 16 espécies de insetos já foram avaliadas para uma fonte alternativa de proteína em rações aquáticas. Entre as espécies testadas e utilizadas para fins industriais produção de ração aquática, oito espécies em especial tem sido estudadas, incluindo bichos-da-seda (*Bombyx mori*), mosca soldado negro (*Hermetia illucens*), mosca doméstica (*Musca domestica*), larva da farinha amarela (*Tenebrio molitor*), larva da farinha menor (*Alphitobius diaperinus*), grilo doméstico (*Acheta domesticus*), críquete em faixas (*Grylloides sigillatus*) e críquete de campo jamaicano (*Gryllus assimilis*). Essas oito espécies são as mais estudadas até o momento na substituição de proteínas convencionais (por exemplo, substituir FP) em rações para piscicultura (ALFIKO et al. 2022).

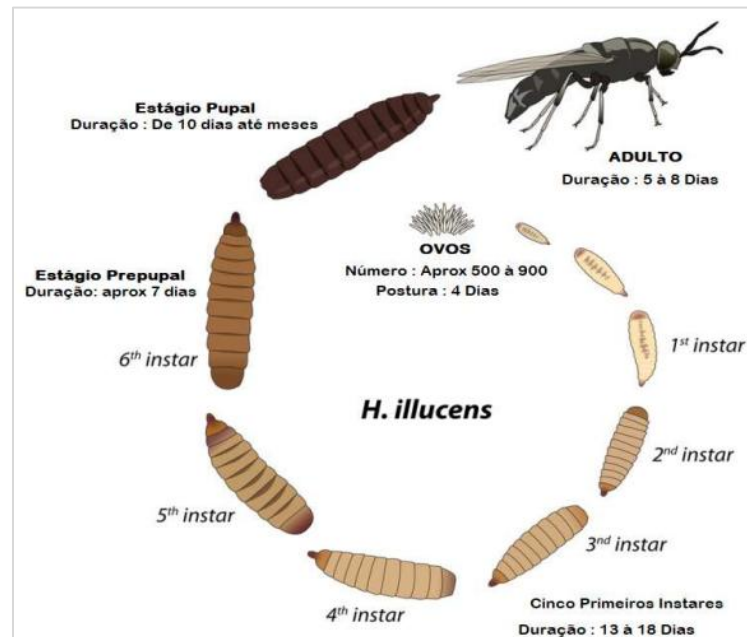
A *Hermetia illucens*, popularmente chamada de mosca soldado negro, é uma espécie pertencente à ordem Díptera, família Stratiomyidae e subfamília Hermetiinae. Apresenta

desenvolvimento holometábolo (ovo, larva, pupa e adulto). É nativa das Américas, porém pode ser encontrada em zonas tropicais, subtropicais e temperadas em diversas regiões do mundo. Diferente da mosca doméstica (*Musca domestica*) a *Hermetia illucens* quando adulta não apresenta aparelho bucal e apresenta ciclo de vida curto, assim não ocorre em ambientes urbanos e não apresenta risco de transmissão de doenças para humanos (SHEPPARD, 1983; HARDOIUN e MAHOUX, 2017; DIENER et al. 2011).

A mosca soldado negro é um inseto que coloniza resíduos orgânicos e dejetos sólidos animais. A espécie é vista como um inseto benéfico, pois converte resíduos orgânicos, tais como o esterco, restos de alimentos e outros materiais orgânicos, em proteína animal de excelente valor nutricional. Ao mesmo tempo em que diminuem impactos ambientais negativos, podem ser utilizados como alternativa alimentar para os animais de criação, como os peixes (WANG e SHELOMI, 2017).

Apresentam um ciclo de vida de aproximadamente 45 dias e desenvolvimento holometábolo, ou seja, passam por estágios de ovos, larvas, pré-pupas e pupas antes de se tornarem adultos. Esse período final da vida dura cerca de nove dias, onde as moscas possuem aparelho bucal diminuto e não se alimentam, apenas consomem água para hidratação dos ovos e manutenção do organismo. A reprodução inicia com o acasalamento, seguido da ovoposição dos ovos pelas fêmeas, e em seguida todos os indivíduos adultos morrem, deste modo não apresentam riscos à saúde humana (Figura 1). O uso como alimento para animais é entre as fases de larva e pupa, quando contêm altos teores proteicos (WANG e SHELOMI, 2017). Um compilado de estudos demonstra valores de proteína bruta na farinha de larvas de mosca soldado negro de 37,9% a até 47,6% quando as mesmas se alimentam de dejetos animais. Ainda, foram encontrados níveis proteicos acima dos da soja, com teores superiores em lisina e metionina, além de quatro outros aminoácidos (ABD EL-HACK et al., 2020).

Figura 1 - Ciclo de vida da mosca soldado negro (*Hermetia illucens*).



Fonte: DE SMET et al., 2021.

A farinha de mosca soldado negro (FMSN) já apresentou resultado satisfatório em trabalhos anteriores, realizados com diferentes espécies. A utilização de FMSN desengordurada foi utilizada em dietas para trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) com inclusão 32% na alimentação, sem afetar negativamente o desempenho de crescimento dos peixes (BIASATO et al., 2022). Níveis de substituição de 25% e 50% de FMSN integral na alimentação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) demonstraram aumento da taxa de crescimento dos peixes (NAVEED et al., 2023). Essa farinha também mostrou um potencial para a resistência contra *Flavobacterium columnare* e *Streptococcus iniae* (Yildirim-Aksoy et al. 2020), além de melhorar o desempenho de crescimento e equilíbrio da microbiota intestinal (HU et al. 2020, FAWOLE et al. 2020, JÓOZEFIK et al. 2019), e melhora do sistema de defesa antioxidante (STENBERG et al. 2019, FAWOLE et al. 2020, MOUTINHO et al. 2021, WETHTHASINGHE et al. 2021).

2.3 LAMBARI (*Astyanax altiparanae*)

O lambari do rabo amarelo (*Astyanax altiparanae*) possui uma variedade de nomes comuns ou populares, como sendo uma espécie de ampla distribuição, varia de acordo com a região, recebendo nomenclaturas como lambari do rabo amarelo, lambari do rabo vermelho, lambari prata e tambiu na região Sul, enquanto que nas regiões Central, Norte e Nordeste do país, são chamados de piabas e piabinhas (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010).

Astyanax bimaculatus, como era mencionado anteriormente por vários pesquisadores, não correspondia à consideração de uma única espécie. Pelo menos 15 espécies tinham o padrão de cor semelhante. Com isso, ocasionou uma revisão taxonômica do gênero *Astyanax* das bacias do Paraná, São Francisco e Amazônia que resultou na reestruturação da nomenclatura das espécies desse gênero (GARUTTI e BRITSKI, 2000; GARUTTI, 1995).

Astyanax altiparanae é uma espécie de pequeno porte, pode atingir aproximadamente de 10 a 15 cm de comprimento e peso de 60 gramas. Animal de crescimento precoce, alcançando a maturidade sexual com média de 4 meses de idade, geralmente com 7 a 9 cm para os machos e 9 a 12 cm de comprimento para as fêmeas (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010).

O dimorfismo sexual é bastante aparente nessa espécie, as fêmeas são maiores, possuem corpo arredondado e são mais precoces no crescimento do que os machos. Pode-se observar ainda uma forte irrigação de vasos sanguíneos na região ventral do corpo das fêmeas, principalmente na base de inserção das nadadeiras peitorais e ventrais. Os machos são menores, apresentam um corpo alongado e, a nadadeira anal é áspera ao toque, sendo de suma importância para sua identificação (PORTO-FORESTI et al., 2001).

O lambari (Figura 2) é considerado uma opção interessante para piscicultura brasileira, tanto por suas características biológicas favoráveis ao cultivo e produção, quanto por sua utilização diversificada, como fonte proteica de alimentação, e iscas vivas para pesca esportiva. Assim, levando em consideração alguns aspectos peculiares da espécie – tais como: facilidade de manejo no processo reprodutivo, elevada taxa de sobrevivência de larvas e juvenis, rápido crescimento e hábito alimentar onívoro – a engorda de lambaris é uma boa opção de negócio, tanto para iscas vivas quanto para processamento do pescado para alimentação humana (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010). Em um trabalho realizado com lambari, foi testada a inclusão de proteínas vegetais (milho, soja, farelo de algodão e glúten de milho) na alimentação dos peixes, que apresentaram déficit no ganho de peso e maior deposição de gordura, quando comparados com o tratamento controle (SUSSEL et al., 2014)

Figura 2 - Espécie de Lambari (*Astyanax altiparanae*).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O cultivo nacional do lambari é destinado principalmente para o comércio de iscas vivas, onde mais de 50 milhões de unidades são comercializados por ano. Segundo dados da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo (maior estado produtor da espécie), a produção poderá aumentar para 600 milhões de unidades/ano. Esse é um mercado ainda muito promissor e em plena extensão no país, abrindo portas para o cultivo em sistemas menores, uma alternativa para pequenos e médios produtores (STEVANATO, 2017). Com uma importância menor, o lambari também é usado na piscicultura ornamental, e pode ser utilizado como espécie forrageira para espécies carnívoras de cultivo. O lambari também é utilizado na pesca comercial do atum (*Katsuwonus pelamis*) substituindo a isca convencional sardinha verdadeira (*Sardinella janeiro*) (MADUREIRA e MONTEIRO NETO, 2020).

3 ARTIGO

Farinha de larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) na alimentação do lambari (*Astyanax altiparanae*)

João de Deus Mena Barreto Neto^a, Cátia Aline Veiverberg^c, Andressa Pelizari^b, Giovanni Taffarel Bergamin^c, Rafael Lazzari^{ab}.

^a Programa de Pós-graduação em Agronegócios, Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Palmeira das Missões.

^b Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

^c Curso Superior de Engenharia de Aquicultura, Universidade Federal do Pampa, *campus* Uruguaiana.

RESUMO

Neste estudo foi avaliada a inclusão de farinha de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) (FMSN) em substituição à farinha de peixe (FP) e seus reflexos no crescimento, índices somáticos, metabolismo e atividade de enzimas digestivas do lambari (*Astyanax altiparanae*). O ensaio biológico foi conduzido durante oito semanas, utilizando 200 animais (peso inicial médio = $5,5 \pm 0,3$ g) onde utilizou-se um sistema fechado de recirculação com filtragem mecânica, biológica e ultravioleta contendo 20 tanques (volume 22 L). A densidade de estocagem utilizada foi estabelecida em 0,45 peixes/L, equivalente a 10 peixes por unidade experimental. Foram testadas cinco dietas, com quatro repetições, em delineamento inteiramente ao acaso. A dieta controle (FMSN 0%) foi elaborada contendo como composição básica farinha de resíduo do abate de tilápia, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo. Nas demais dietas, foi realizada a substituição de 25, 50, 75 e 100% da farinha de peixe pela farinha de mosca soldado negro. Durante o experimento, os peixes foram alimentados com a taxa de arração de 10% PV, duas vezes ao dia (8h30min e 17h). Ao final do experimento, foi realizada biometria dos peixes (medidas de peso e comprimento) coleta de fígado e trato gastrointestinal dos peixes para as análises laboratoriais. Os resultados mostraram que a inclusão de (FMSN) na dieta não afetou ($P > 0.05$) os parâmetros de desempenho dos lambaris, demonstrando que a substituição total da farinha de peixe é possível. A composição corporal foi influenciada pela inclusão de FMSN, onde a matéria seca e a gordura apresentaram alterações significativas. A atividade de enzimas digestivas não foi alterada pela inclusão de (BSFM) ($P > 0,05$). Os níveis de aminoácidos no fígado dos peixes tiveram efeito significativo ($P > 0.05$) no tratamento de 50% de inclusão de FMSN. Conclui-se que a farinha de mosca soldado-negro (FMSN) pode ser utilizada em dietas para lambari com substituição total da farinha de peixe, mantendo o crescimento dos peixes.

Palavras-chave: Ingrediente alternativo, proteína, sustentabilidade, piscicultura.

INTRODUÇÃO

Até 2050, espera-se um aumento de 60-70% no consumo global de produtos de origem animal (FAO, 2023). Este aumento no consumo exigirá enormes recursos, sendo a ração o maior desafio devido à disponibilidade limitada de recursos naturais, às mudanças climáticas em curso e competição alimento-ração-combustível. Os custos dos recursos alimentares convencionais, como farelo de soja e farinha de peixe são muito elevados e, além disso, a sua disponibilidade no futuro será limitada. A demanda mundial de pescado tem aumentado nos últimos anos, em função do crescimento populacional e da busca por alimentos mais saudáveis. Este fato representa um mercado muito promissor para o Brasil, tendo em vista a grande capacidade produtiva do país, e a abundante disponibilidade de recursos naturais para produção (PINTO e GALVÃO, 2023).

A pesquisa em torno do uso de novas fontes alternativas de proteínas e óleos para a indústria da aquicultura está em expansão, sendo que a farinha e o óleo de peixe são ingredientes amplamente utilizados, apresentam oscilações de valor no mercado e incerteza na disponibilidade, e ainda a instabilidade nos níveis de garantia destes dificulta a formulação de dietas (BELGHIT et al. 2018). A alta demanda por esses ingredientes gera pressões dos estoques pesqueiros (FAO, 2020), e substituir a farinha de peixe por outros ingredientes proteicos tem sido globalmente considerado, visando principalmente aumentar a sustentabilidade ambiental das dietas (DE MOURA et al., 2018). Deste modo, ingredientes alternativos são testados para inclusão de forma parcial ou integral nas dietas para aquicultura (SOARES, 2021). Há estudos com foco no uso de alimentos vegetais, como o farelo de soja, e também subprodutos animais, como ossos, carne e o sangue proveniente do abate de animais. Porém, a presença de compostos ativos desconhecidos, fatores antinutricionais, deficiência em alguns aminoácidos essenciais e baixa palatabilidade estão associados a esses ingredientes, os quais são restringidos na elaboração de rações para peixes (MASTORAKI et al., 2022).

A utilização de farinhas de insetos na elaboração de rações para peixes tem aumento significativo nos últimos anos, e pesquisas recentes mostram resultados promissores. Foi constatado que a inclusão de farinhas de insetos nas rações aquáticas, não apenas mantém um desempenho semelhante ao da alimentação baseada em dietas com proteína oriunda de farinha de peixe, mas também melhoram o crescimento dos peixes (PICCOLO et al., 2017; STEJSKAL et al., 2020).

A mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) é um inseto que coloniza resíduos orgânicos e dejetos sólidos animais. A espécie é vista como um inseto benéfico, pois converte resíduos orgânicos, tais como o esterco, restos de alimentos e outros materiais orgânicos, em

proteína animal de excelente valor nutricional. Ao mesmo tempo em que diminuem impactos ambientais negativos, podem ser utilizados como alternativa alimentar para os animais de criação, como os peixes (WANG e SHELOMI, 2017).

A farinha de mosca soldado negro (FMSN) já apresentou resultado satisfatório em trabalhos anteriores, realizados com diferentes espécies. A FMSN parcialmente desengordurada foi utilizada em dietas para trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) com inclusão 32% na alimentação, sem afetar negativamente o desempenho de crescimento dos peixes (BIASATO et al., 2022). Níveis de substituição de 25% e 50% de FMSN integral na alimentação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) demonstraram aumento da taxa de crescimento dos peixes (NAVEED et al., 2023). A inclusão de 21% de FMSN integral não afetou o desempenho e crescimento de *goldfish* (*Carassius auratus*) (KHIEOKHAJONKHET et al., 2022).

A criação do Lambari é uma atividade rentável do ponto de vista econômico, pois é um peixe bem aceito pelos consumidores, além de ter amplo mercado como isca viva na pesca esportiva e comercial. Estima-se que a produção nacional de lambari totalize 140 milhões de unidades, por ano. São Paulo é o maior produtor, com 90 milhões por ano, seguido de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás e Paraná (SUSSEL, 2012). Esta espécie aceita dietas com composição variada, contendo fontes de origem vegetal e animal (SUSSEL et al., 2014).

O objetivo deste estudo foi avaliar a inclusão de FMSN (farinha de mosca soldado negro) (*Hermetia illucens*) em substituição à FP (farinha de peixe) e seus reflexos no crescimento, índices somáticos, metabolismo e atividade de enzimas digestivas do lambari (*Astyanax altiparanae*).

MATERIAL E MÉTODOS

COMITE DE ÉTICA E LOCAL

Este trabalho foi aprovado pelo comitê de ética para o uso de animais com o protocolo para uso de animais em pesquisa CEUA - UNIPAMPA com o número 015/2023, em anexo. O experimento teve duração de oito semanas e foi conduzido nas instalações do Centro de Tecnologia em Pesca e Aquicultura (CTPA) da Universidade Federal do Pampa (Uruguaiana, RS, Brasil). A estação experimental possui um sistema fechado de recirculação de água com filtragem mecânica, biológica e ultravioleta contendo 20 tanques com volume útil de 22 litros cada um.

DESENHO E DIETAS EXPERIMENTAIS

Avaliou-se a inclusão da farinha de mosca soldado negro integral (*Hermetia illucens*) em substituição à farinha de peixe em dietas para o lambari (*Astyanax altiparanae*). O trabalho foi realizado em delineamento experimental totalmente ao acaso, com cinco tratamentos, 0, 25, 50 e 100% de substituição da farinha de peixe por farinha de mosca e quatro repetições. Cada tanque de 22 litros foi considerado uma unidade experimental, onde foram alocados 10 animais (0,45 peixes/L).

Os peixes foram alimentados com ração peletizada triturada, formulada e elaborada conforme Tabela 1. Todas as rações foram elaboradas de acordo com a exigência nutricional da espécie (Tabela 2). Para a formulação das dietas, utilizou-se como referência a composição nutricional dos ingredientes apresentada por TEIXEIRA ALBINO et al., (2017). A recomendação média de proteína bruta para a espécie é de 30 a 32%, e níveis de energia disponível entre 3000 e 3200 kcal/kg de ração (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010). Para o tratamento controle (FMSN 0%) foi elaborada uma ração contendo farinha de resíduo do abate de tilápia, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo. Já para os demais tratamentos, quatro dietas experimentais foram elaboradas a partir da inclusão de 25, 50, 75 e 100% de FMSN, adquirida na empresa *Nutrition Technologies* fabricada na Malásia

MANEJO ALIMENTAR E QUALIDADE DA ÁGUA

Os animais foram alimentados com a taxa de arraçoamento de 10% do peso vivo, com frequência de duas vezes ao dia durante todo o período do experimento, nos horários de 8h30min e 17h (MEURER, et al., 2005).

Durante o período experimental a temperatura foi aferida diariamente, às 8h e às 18h, utilizando termômetro acoplado ao oxímetro digital ($24,7 \pm 1,26^{\circ}\text{C}$). Ainda, nos mesmos horários e mesma periodicidade foram realizadas as análises de oxigênio dissolvido, tanto no filtro biológico quanto nas unidades do sistema ($5,5 \pm 0,70$ mg/L). Com a utilização de kits colorimétricos, foram aferidos diariamente as concentrações de amônia ($0,01 \pm 0,02$ mg/L), nitrito ($0,23 \pm 0,06$ mg/L) e pH ($7,7 \pm 0,44$), nos mesmos horários das análises anteriormente citadas, para controle da qualidade da água no ambiente de cultivo. Os parâmetros de alcalinidade e dureza da água do sistema foram analisados quinzenalmente. A alcalinidade

($220 \pm 0\text{mg/L}$) foi determinada a partir da técnica de titulação ácido/base com ácido clorídrico até atingir pH 4,5. A dureza ($220 \pm 0\text{mg/L}$) também foi determinada por técnica de titulação, com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA). Os parâmetros se mantiveram dentro da faixa recomendada para a espécie (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010).

COLETA DE DADOS

Foram realizadas biometrias a cada 14 dias, coletando três peixes por unidade experimental. Os animais foram anestesiados com óleo essencial de cravo (Eugenol), na dose de 50 mg/L, durante aproximadamente um minuto. Em seguida foram pesados, medidos, analisados externamente e devolvidos aos aquários. O peso (g) e o comprimento total (cm) foram medidos utilizando balança digital com duas casas decimais e ictiômetro graduado, respectivamente.

A partir dos dados coletados, foram calculados o ganho de peso, taxa de crescimento específico (TCE, em % do PV/dia), fator de condição (FC), biomassa final, sobrevivência, Índice digestivo somático (IDS) e Índice hepatossomático (IHS).

Ao final do experimento, os peixes foram eutanasiados com óleo essencial de cravo (Eugenol), na dose de 100 mg/L (SILVA, et al. 2009) para obtenção dos índices somáticos e tecidos para análises bioquímicas (BLIGH & DYER, 1959; PARK & JOHNSON, 1949; SPIES, 1947). Algumas enzimas digestivas também foram analisadas, tais como tripsina, quimiotripsina, protease ácida e lipase (NAVARRO, et al. 2006).

A atividade de protease ácida no estômago foi realizada segundo o método de hidrólise da caseína modificado por HIDALGO et al. (1999). O ensaio foi conduzido utilizando-se KCl 0,1M em tampão pH 1,8. A reação enzimática consistia de 1% de caseína em água (0,4mL), tampão (1,6mL) e 20 ml do homogeneizado, sendo os tubos incubados em banho (30°C) durante 40 minutos. A reação foi interrompida com 1 mL de TCA 15%. Após, as amostras foram centrifugadas e os sobrenadantes foram lidos em 280 nm.

Para a atividade de tripsina e quimiotripsina, foram utilizadas as metodologias descritas por HUMMEL (1959). A atividade de tripsina foi realizada a 30°C com o substrato (TAME) e a quimiotripsina foi realizada com Benzoyl-L-tyrosine ethyl ester (BTEE) 0,001M a 30°C. Uma unidade de enzima (U) foi definida como a quantidade de enzima necessária para hidrolizar 1 µg de substrato (TAME ou BTEE) por 1 minuto por mg proteína.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, seguido da ANOVA de uma via. Foram testados modelos de regressão polinomial, para todas as variáveis estudadas. Quando houve muita variação nos valores, resultando em baixo coeficiente de determinação do modelo, se significativas, as médias das variáveis foram comparadas em relação ao tratamento controle (0% FMSN) pelo teste de Dunnett, considerando significância de 5% ($P > 0,05$).

RESULTADOS

O desempenho dos lambaris (Tabela 3) foram mensurados após oito semanas de ensaio e para todas variáveis testadas não se verificou efeito significativo ($P > 0.05$) da inclusão de BSFM na dieta.

Os índices somáticos (Tabela 3) não apresentaram efeito significativo ($P > 0.05$) com o aumento da inclusão de FMSN. A composição corporal foi influenciada pelo tratamento de 50% de inclusão de FMSN, onde a matéria seca e a deposição de gordura sofreram alteração significativa (Tabela 4). O teor de proteína bruta e matéria mineral não foi influenciado pela inclusão de FMSN ($P > 0.05$).

A atividade das enzimas digestivas não foi afetada significativamente pela inclusão de BSFM na dieta (Tabela 5). As enzimas protease ácida, lipase, quimitripsina e tripsina não sofreram influência significativa quando comparadas com o tratamento controle ($P > 0.05$).

Os níveis de aminoácidos no fígado dos peixes tiveram efeito significativo ($P > 0.05$) no tratamento de 50% de inclusão de BSFM, quando comparado com o tratamento controle. Já a proteína, glicose e glicogênio não foram afetados pelos tratamentos quando comparados com o tratamento controle (Tabela 6).

DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo apontam que a farinha de mosca soldado negro pode substituir integralmente a farinha de peixe em dietas para o lambari, sem comprometer o crescimento dos peixes. A utilização de proteínas alternativas na nutrição de peixes deve apresentar resultados positivos, mantendo indicadores de desempenho, rendimento e aproveitamento em relação às proteínas convencionais.

Poucos são os trabalhos existentes na literatura que avaliam fontes proteicas para o lambari. Em um trabalho realizado com esta espécie, foi testada a inclusão de proteínas

vegetais na alimentação dos peixes (farelo de soja, milho, farelo de algodão), que apresentaram menor ganho de peso e maior deposição de gordura, quando comparados com uma dieta controle, composta por uma mistura destas fontes vegetais com farinha de vísceras (SUSSEL et al., 2014).

Segundo Signor et al. (2008), que realizaram estudo com farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos de lambari, onde obteve resultados de sobrevivência de 76 a 96%. Estes valores estão similares aos obtidos no presente estudo. O PF e o CF dos alevinos de lambari apresentaram um aumento linear ($P < 0,05$), conforme o aumento no nível de inclusão de FV nas rações. A SO e a CA não apresentaram diferença ($P < 0,05$) entre os níveis de FV na dieta. No presente estudo, a conversão alimentar apresentou valores similares ao observado por estes autores (entre 3 e 4:1).

A inclusão de FMSN para outras espécies, mesmo com hábitos alimentares diferentes, mostram a mesma tendência de eficiência no crescimento dos peixes. Para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), o crescimento não foi afetado pela inclusão de BSFM na dieta dos peixes, pois os coeficientes de digestibilidade de nutrientes não apresentaram alterações significativas (BIASATO et al., 2022). Um estudo com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) avaliou a substituição de FP por FMSN em níveis de inclusão na dieta de 25, 50, e 100%, que constatou que a farinha de mosca pode substituir totalmente a farinha de peixe (KISHAWY, et al. 2022).

Da mesma forma, um trabalho de metanálise dos efeitos da substituição de FM por BSFM sobre desempenho e crescimento dos peixes realizado por Hua (2021), demonstrou que não houve influência no desempenho dos peixes em resposta à inclusão de FMSN em até 100%, quando comparado com os tratamentos controle, base farinha de peixe. Outros estudos também apontam que o BSFM pode substituir FM sem qualquer efeito adverso nos parâmetros de desempenho em muitas espécies de peixes como a tilápia do Nilo com substituição eficiente de 100% (TIPPAYADARA et al., 2021), robalo europeu em até 50% (ABDEL-TAWWAB et al., 2020), Camarão branco do Pacífico até 25% (CUMMINS et al., 2017), e salmão do Atlântico com substituição eficiente de 100% (BELGHIT et al., 2019).

Alguns autores citam a quitina (componente estrutural do exoesqueleto de insetos) como um componente anitnutricional presente na farinha de insetos que dificulta a digestibilidade dos nutrientes (BELGHIT et al., 2019; CAIMI et al., 2021), podendo causar alteração no desempenho dos peixes. Porém, no presente trabalho não ocorreu este efeito para o lambari. Além disso LANES et al. (2021) realizou estudo com larvas e pré-pupas de mosca soldado-negro na alimentação de *zebra fish* (*Danio rerio*), e apontou que a expressão dos

genes envolvidos na hidrólise enzimática da quitina poderia ser modulada por dietas, particularmente em peixes-zebra adultos alimentados com pré-pupas. Em futuros estudos, poderiam ser conduzidos este tipo de análise para a espécie, visando entender melhor estas respostas.

A análise de composição corporal do lambari (Tabela 4), não apresentou resultado significativo para cinzas e proteína. Porém, no tratamento com 50% de inclusão de FMSN na ração houve diferença significativa na porcentagem de matéria seca e gordura, quando comparados com o tratamento controle. A substituição da FP por BSFM não afetou a matéria seca, proteína bruta e digestibilidade lipídica para a tilápia do Nilo (KISHAWY et al., 2022).

O tratamento com 50% de inclusão de FMSN na ração apontou altos níveis de aminoácidos essenciais no fígado dos lambaris, e não comprometeu o desempenho de crescimento dos peixes. (Tabela 6).

Ao analisar a atividade enzimática digestiva do lambari, não foi observado atividade significativa ($P > 0.05$). Comparando os resultados do presente estudo com a carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), observou-se que também para esta espécie a inclusão de FMSN não influencia a atividade de tripsina, entretanto amilase e lipase são influenciados (LU et al., 2020). O tipo de alimentação, hábitos alimentares e fatores antinutricionais, além dos conteúdos de energia e proteína da dieta podem alterar a atividade enzimática dos peixes.

Para a tilápia do Nilo, observou-se que em dietas com inclusão de FMSN, ocorre correlação positiva entre atividade de protease e ganho de peso dos peixes (NAVEED et al., 2023), o que não foi verificado no presente estudo. No presente estudo, não foi observado efeito negativo da inclusão da farinha de mosca soldado negro nas enzimas dos peixes.

A quitina é citada como principal fator antinutricional em insetos. Pelos resultados obtidos no estudo, fica evidente que o lambari não diminuiu seu crescimento tampouco sua atividade de enzimas, mostrando a capacidade desta espécie em consumir alimentos com insetos. A presença e atividade de enzimas quitinolíticas podem ser encontradas nos órgãos e algumas espécies de peixes, incluindo a mucosa do estômago, mucosa do intestino, ceco pilórico e pâncreas (NAVEED et al., 2023).

Os parâmetros metabólicos dos lambaris não tiveram efeito significativo ($P > 0.05$) com a de inclusão de FMSN, exceto os níveis de aminoácidos no tratamento de 50% de inclusão de BSFM. A digestibilidade aparente de aminoácidos em dourada (*Sparus aurata*) e robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) apresentou correlação positiva significativa em um estudo anterior ($P < 0,05$). A digestibilidade aparente de aminoácidos foi significativamente maior na dieta ZM (*Zophobas morio*) ($95,9 \pm 0,2\%$) em comparação com a dieta HI

(*Hermetia illucens*) ($94,1 \pm 0,6\%$), ($P < 0,05$), enquanto o restante das dietas exibiu aminoácidos totais semelhantes entre si (MASTORAKI et al., 2022). Já os parâmetros de glicose e glicogênio não foram afetados pelos tratamentos quando comparados com o tratamento controle (Tabela 6).

Um estudo avaliou o efeito da substituição dietética de FP por FMSN em *goldfish* (*Carassius auratus*), e apontou melhoria no desempenho de crescimento e utilização de ração ofertada com inclusão de 145 a 210g/kg (~18% FMSN). A inclusão de BSF em dietas para *goldfish* teve impacto positivo na curva de crescimento dos peixes, o que deve estar relacionado a fatores como característica da espécie, fase de crescimento, fonte de BSF e métodos de processamento da proteína entomológica (KHIEOKHAJONKHET et al., 2022). Segundo LANES et al. (2021), a expressão de genes relacionados ao estresse e à resposta imune indicam que dietas contendo refeições desengorduradas com BSF não prejudicam o bem-estar e pode promover o crescimento de *zebra fish* (*Danio rerio*). Ainda, o mesmo autor afirma que rações elaboradas com pré-pupas desengorduradas com MSN são ingredientes promissores para a substituição da farinha de peixe em rações aquáticas.

As fontes convencionais de proteína disponíveis para peixes como farinha de peixe e proteína vegetal, estão em demanda crescente em função da intensificação da piscicultura, e para suprir a necessidade de recursos humanos de consumo.

A recente formulação de rações com proteínas oriundas de insetos, concentram-se não apenas na quantidade de alimento, mas também na qualidade, disponibilidade, custo e sustentabilidade do mesmo, pois para a obtenção da fonte proteica alternativa, ocorre o consumo de matéria orgânica pelos insetos, que realizam a ciclagem de nutrientes presentes nesses resíduos. Ainda, é possível controlar o custo da ração, de modo a utilizar a fonte proteica de menor valor no mercado (OBIRIKORANG et al., 2015). Mais estudos deverão ser conduzidos com o lambari visando conhecer melhor o aproveitamento de ingredientes como a BSFM.

CONCLUSÃO

Deste estudo, pode-se concluir que a farinha integral de mosca soldado negro pode ser incluída como ingrediente proteico na ração para alimentação de lambaris em até 100% de substituição à farinha de peixe, sem comprometer o desempenho, enzimas digestivas e parâmetros metabólicos dos peixes.

REFERÊNCIAS

- Abd El-Hack, M., Shafi, M., Alghamdi, W., Abdelnour, S., Shehata, A., Noreldin, A., Ashour, E., Swelum, A., Al-Sagan, A., Alkhateeb, M., Taha, A., Abdel-Moneim, A.-M., Tufarelli, V., & Ragni, M. (2020). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as a Promising Feed Ingredient for Poultry: A Comprehensive Review. *Agriculture*, 10(8), 339. <https://doi.org/10.3390/agriculture10080339>.
- Abdel-Tawwab, M., Khalil, R.H., Metwally, A.A., Shakweer, M.S., Khallaf, M.A., & Abdel-Latif, H.M.R., (2020). Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal on growth performance, organs-somatic indices, body composition, and hemato-biochemical variables of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 522, 735136.
- Abimorad, E. G., & Castellani, D. (2013). Prévias de estudos em nutrição e alimentação do lambari do rabo amarelo. *Pesquisa & Tecnologia*, 10(2).
- Baldisserotto, B., Gomes, L.C. (2010). *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. (2nd ed.) Editora UFSM.
- Bastian, R. Variações temporais na alimentação de um lambari (*Astyanax lacustris*) no rio Ijuí (RS, BRASIL). Simpósio de Pós-Graduação do Sul do Brasil, v. 1, 2021.
- Becker, A. G., Garcia, L. de O., Kochhann, D., Gonçalves, J. F., Loro, V. L. & Baldisserotto, B. (2009). Dissolved oxygen and ammonia levels in water that affect plasma ionic content and gallbladder bile in silver catfish. *Ciência Rural*, 39, 1768–1773.
- Belghit, I; Liland, N.S; Waagbo, R; Biancarosa, I; Pelusio, N; Li, Y.E; Lock, E.J. Potential of insect-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, v. 491, p. 72-81, 2018.
- Belghit, I., Liland, N.S., Gjesdal, P., Biancarosa, I., Menchetti, E., Li, Y., & Lock, E.-J., (2019). Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 503, 609–619.
- Barry, T. (2004). Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*Hermetia illucens*). University of North Texas. Denton, Texas.
- Biasato, I., Chemello, G., Odden, S. B., Ferrocino, I., Corvaglia, M. R., Caimi, C., Resconi, A., Paul, A., van Spankeren, M., Capucchio, M. T., Colombino, E., Cocolin, L., Gai, F., Schiavone, A., & Gasco, L. (2022). *Hermetia illucens* meal inclusion in low-fishmeal diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects on the growth performance, nutrient digestibility coefficients, selected gut health traits, and health status indices. *Animal Feed Science and Technology*, 290, 115341. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115341>
- Bligh, E. G.; Dyer, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- Caimi, C., Renna, M., Lussiana, C., Bonaldo, A., Gariglio, M., Meneguz, M., & Gasco, L., 2020. First insights on Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal dietary

administration in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt) juveniles. *Aquaculture*, 515, 734539.

COMITÊ DE ESPECIALISTAS EM INSETICIDAS DA OMS et al. Resistência aos inseticidas e controle de vetores: décimo relatório do Comitê de Especialistas em Inseticidas [reunião realizada em Genebra de 14 a 19 de setembro de 1959]. Organização Mundial da Saúde, 1960.

Cummins, V.C., Rawles, S.D., Thompson, K.R., Velasquez, A., Kobayashi, Y., Hager, J., & Webster, C.D. (2017). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 473, 337–344.

De Moura, L.B; Diogenes, A.F; Campelo, D.A.V; Almeida, F.L; Pousao-Ferreira, P.M; Furuya, W.M; Oliva-Teles, A; Peres, H. Taurine and methionine supplementation as a nutritional strategy for growth promotion of meagre (*Argyrosomus regius*) fed high plant protein diets. *Aquaculture*. v. 497, p.389-395, 2018.

El-Sayed, A.F.M. (2002). Effects of stocking density and feeding levels on growth and feed efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry. *Aquaculture Research*, 33, 621–626.

FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.

Fowles, T. M., & Nansen, C. (2020). Insect-based bioconversion: value from food waste. In: food waste management. In: Närvänen, E., Mesiranta, N., Mattila, M., & Heikkinen, A. (eds) Food Waste Management. *Palgrave macmillan*, cham. P. 321–346.

Garutti, V. (2003). Piscicultura ecológica. São Paulo: *Editora UNESP*. 332p

Garutti, V. (1995). *Revisão taxonômica dos Astyanax (Pisces, Characidae), com mancha umeral ovalada e mancha no pedúnculo caudal, entendendo-se a extremidade dos raios caudais medianos, das bacias do paraná, São Francisco e Amazônica*. São José do Rio Preto, [Tese de Livre-Docência, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, IBILCE, Universidade Estadual Paulista].

Garutti, V.; & Britski, H. A. (2000). Descri o de uma espécie nova de *Astyanax* (Teleostei: Characidae) da bacia do alto rio Paraná e considera es sobre as demais espécies do g nero na bacia. *Comunica es do Museu de Ciências e Tecnologia, Série Zoologia, PUCRS, Porto Alegre*, v. 13, p. 65–88, 2000.

Hidalgo, M.C.; Urea, E.; Sanz, A. (1999) Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits: Proteolytic and amylase activities. *Aquaculture*, v.170, p.267–283.

Hua, K. (2021). A meta-analysis of the effects of replacing fish meals with insect meals on growth performance of fish. *Aquaculture*, 530, 735732, 2021.

Hummel, B.C.W. (1959). A modified spectrophotometric determination of chymotrypsin, trypsin and thrombin. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37: 1393-1399.

Kenis, M., Bouwassi, B., Boafu, H., Devic, E., Han, R., Koko, G., Koné, N., Maciel-Vergara, G., Nacambo, S., Pomalegni, S. C. B., Roffeis, M., Wakefield, M., Zhu, F., & Fitches, E. (2018). Small-Scale Fly Larvae Production for Animal Feed. *Edible Insects in Sustainable Food Systems*, 239–261. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_15

Khieokhajonkhet, A., Uanlam, P., Ruttarattanamongkol, K., Aeksiri, N., Tatsapong, P., & Kaneko, G. (2022). Replacement of fish meal by black soldier fly larvae meal in diet for goldfish *Carassius auratus*: Growth performance, hematology, histology, total carotenoids, and coloration. *Aquaculture*, 561, 738618. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738618>

Kishawy, A. T. Y., Mohammed, H. A., Zagloul, A. W., Attia, M. S., Hassan, F. A. M., Roushdy, E. M., Ismail, T. A., & Ibrahim, D. (2022). Partial defatted black soldier larvae meal as a promising strategy to replace fish meal protein in diet for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Performance, expression of protein and fat transporters, and cytokines related genes and economic efficiency. *Aquaculture*, 555, 738195. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738195>

Lanes, C.F.C. et al. (2021) Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae and prepupae defatted meals in diets for zebrafish (*Danio rerio*). *Animals*, v. 11, n. 3, p. 720.

Lu, R. et al. (2020) Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal can replace soybean meal in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) diets. *Aquaculture Reports*, v.18, p. 100520.

Meurer, F., Hayashi, C., Boscolo, W. R., Kavata, L. B., & Lacerda, C. H. F. (2005). Nível de arraçoamento para alevinos de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 1835–1840. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000600006>

Mastoraki, M., Panteli, N., Kotzamanis, Y. P., Gasco, L., Antonopoulou, E., & Chatzifotis, S. (2022). Nutrient digestibility of diets containing five different insect meals in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Animal Feed Science and Technology*, 292, 115425. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115425>

Navarro, R. D., Fortes da Silva, R., Ribeiro Filho, O. P., Calado, L. L., Pereira Rezende, F., Siqueira Silva, C., & Santos, L. C. (2006). Comparação morfométrica e índices somáticos de machos e fêmeas do lambari prata (*Astyanax scabripinnis* Jerenyns, 1842) em diferente sistema de cultivo. *Zootecnia Tropical*, 24(2), 165–176. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-72692006000200006&script=sci_arttext

Naveed, M., Mateen, A., Dureshahwar, U., Majeed, W., Naeem, M., Khattab, Y., Hedfi, A., Ansir, F., & Ali, M. B. (2023). Efficacy of an Insect-Based Diet with Addition of Probiotics on Growth, Proximate Composition, Enzymatic Efficiency, and Immune Response of Nile Tilapia. *Aquaculture Nutrition*, 2023, e5557931. <https://doi.org/10.1155/2023/5557931>.

Obirikorang, K.A., Amisah, S., Fialor, S.C., & Skov, P.V. (2015). Local agro-industrial by-products with potential use in Ghanaian aquaculture: a review. *Aquaculture International*, 23, 403–425.

Park, J. T.; Johnson, M. J. Submicro determination of glucose. *Journal Biology Chemistry*, n. 181, p. 149-151, 1949.

Piccolo, G., Iaconisi, V., Marono, S., Gasco, L., Loponte, R., Nizza, S., Bovera, F., & Parisi, G. (2017). Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Animal Feed Science and Technology*, 226, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci>.

Pinto, A, R, F., & Galvão, O, M. (2023). UMA REVISÃO DA LITERATURA BRASILEIRA SOBRE OS MÉTODOS DE CUSTEIO APLICADOS À PISCICULTURA NO BRASIL. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 25, e1914-e1914.

Renna, M., Schiavone, A., Gai, F., Dabbou, S., Lussiana, C., Malfatto, V., & Biasibetti, E. (2017). Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8, 1–13.

Lu, R., Chen, Y., Yu, W., Lin, M., Yang, G., Qin, C., Meng, X., Zhang, Y., Ji, H., & Nie, G. (2020). Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal can replace soybean meal in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) diets. *Aquaculture Reports*, 18, 100520. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100520>

Teixeira Albino, L.F. (2017). Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais: Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (H. Santiago Rostagno, Ed.; 4th ed.) [Review of Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais: Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos].

Signor, A.A. et al. (2008) Farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos de lambari. *Ciência Rural*, v. 38, p. 2339-2344.

Silva, E. M. P., Oliveira, R. H. F. de, Ribeiro, M. A. R., & Coppola, M. P. (2009). Efeito anestésico do óleo de cravo em alevinos de lambari. *Ciência Rural*, 39(6), 1851–1856. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782009005000127>.

Soares, A.N. Substituição integral da farinha de salmão por farinha de vísceras de aves lowash, em rações para juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei*. Dissertação de mestrado em Ciências marinhas tropicais, Universidade federal do Ceará. 2021.

Souza, M. (2013). Estudo da viabilidade econômica na produção de tilápia em propriedade de pequeno porte na região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul.

Spies, J. R. Colorimetric procedures for amino acids. *Methods in Enzymology*, v. 3, p. 467-477, 1957.

Stejskal, V., Tran, H.Q., Prokesova, M., Gebauer, T., Giang, P.T., Gai, F., & Gasco, L. (2020). Partially defatted *Hermetia illucens* larva meal in diet of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) Juveniles. *Animals* 10, 1–17. <https://doi.org/10.3390/ani10101876>.

Tippayadara, N., Dawood, M.A., Krutmuang, P., Hoseinifar, S.H., Doan, H.V., & Paolucci, M. (2021). Replacement of fish meal by black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal:

effects on growth, haematology, and skin mucus immunity of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Animals* 11, 193.

Tomberlin, J. K., & Van Huis. A. (2020). Black soldier fly from pest to ‘crown jewel’ of the insects as feed industry: an historical perspective. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(1), 1-4.

Arnold Van Huis, Joost Van Itterbeeck, Harmke Klunder, & Food And Agriculture Organization Of The United Nations. (2013). Edible insects.: future prospects for food and feed security. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Beaconsfield, Quebec.

Wang, Y., & Shelomi, M. (2017). Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods*, 6.

Wilhelm Filho, D., Torres, M. A., Zaniboni-Filho, E., & Pedrosa, R. C. (2005). Effect of different oxygen tensions on weight gain, feed conversion, and antioxidant status in piapara, *Leporinus elongatus* (Valenciennes, 1847). *Aquaculture*, 244(1), 349–357.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.024>

Tabela 1 - Composição e formulação das dietas experimentais de ingredientes nas rações e formulações dos respectivos tratamentos do experimento.

Ingredientes (%)	Tratamentos (%)				
	CONTROLE	FMSN 1 - 25	FMSN 2 - 50	FMSN 3 - 75	FMSN 4 - 100
Farinha de peixe	30,00	22,50	15,00	7,50	0,00
Farinha de mosca	0,00	11,10	22,21	33,31	44,42
Farelo de soja	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Farelo de trigo	19,00	21,00	23,00	27,00	27,58
Milho	28,80	24,70	20,09	13,39	10,00
Óleo de soja	3,20	2,00	1,20	0,45	0,00
Premix	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Calcário	1,00	0,70	0,50	0,35	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Premix: bactérias lácteas, bacilos (próbitico), enzimas, zinco e vitamina C.

Tabela 2 - Composição das rações em seus respectivos tratamentos.

Composição	Tratamentos (%)				
	CONTROLE	FMSN 1 - 25	FMSN 2 - 50	FMSN 3 - 75	FMSN 4 100
Matéria seca (%)	88,63	88,99	89,31	89,56	90,06
Proteína bruta (%)	32,83	32,76	32,65	32,65	32,43
Gordura (%)	8,12	8,07	8,40	8,78	9,46
Matéria mineral (%)	8,86	8,67	8,47	8,35	8,10
ENN	36,57	35,65	34,35	32,63	31,43
Energia digestível (kcal)	3074	3048	3043	3037	3057
Cálcio (%)	1,87	1,72	1,61	1,51	1,34
Fósforo (%)	0,95	0,88	0,82	0,77	0,70
Ca/P	1,97	1,95	1,96	1,96	1,93
ED/P	93,6	93,0	93,2	93,0	94,3

ENN – Extrato não nitrogenado

Tabela 3 - Parâmetros de crescimento e índices somáticos do lambari (*Astianax altiparanae*).

Variáveis	Substituição de FP por FMSN (%)					P
	0	25	50	75	100	
Peso (g)	6,79 ± 0,71	6,26 ± 0,77	6,48 ± 0,46	6,32 ± 0,58	6,07 ± 0,48	0,56
Comprimento (cm)	7,87 ± 0,21	7,67 ± 0,21	7,79 ± 0,07	7,72 ± 0,09	7,69 ± 0,25	0,53
Sobrevivência (%)	97,50 ± 5,00	95,00 ± 10,00	92,50 ± 9,57	97,50 ± 5,00	95,00 ± 10,00	0,90
TCE (%)	0,54 ± 0,25	0,31 ± 0,31	0,38 ± 0,14	0,34 ± 0,24	0,27 ± 0,15	0,51
FC	1,39 ± 0,05	1,38 ± 0,09	1,37 ± 0,08	1,37 ± 0,08	1,33 ± 0,03	0,81
Biomassa (g)	66,43 ± 9,71	59,96 ± 12,52	60,25 ± 9,92	61,78 ± 8,21	57,71 ± 7,79	0,78
R. Carcaça (%)	83,50 ± 2,97	83,47 ± 3,67	82,75 ± 3,29	83,51 ± 4,01	83,79 ± 3,16	0,93
IDS (%)	2,76 ± 0,59	2,78 ± 0,67	2,71 ± 0,56	2,75 ± 0,59	3,15 ± 0,89	0,33
IHS (%)	1,01 ± 0,26	0,92 ± 0,17	0,94 ± 0,22	0,97 ± 0,22	1,04 ± 0,32	0,59

TCE: *Taxa de crescimento específico.*

FC: *Fator de crescimento.*

IDS: *Índice digestivo somático.*

IHS: *Índice hepatossomático.*

Tabela 4 - Composição corporal do Lambari (*Astianax altiparanae*).

Variáveis (%)	Substituição de FP / FMSN (%)					P
	0	25	50	75	100	
Cinzas	12,73 ± 0,50	11,86 ± 0,60	11,70 ± 1,18	14,15 ± 0,49	13,55 ± 1,70	0,10
Matéria seca¹	30,53 ± 0,70a	30,31 ± 0,47a	31,84 ± 0,67ab	29,87 ± 0,38a	29,24 ± 0,46a	0,02
Proteína	16,89 ± 0,28	15,57 ± 2,49	17,20 ± 3,54	17,66 ± 0,38	17,45 ± 0,36	0,63
Gordura²	7,38 ± 0,13a	7,84 ± 0,08a	8,98 ± 0,33ab	6,28 ± 0,25a	6,17 ± 0,11a	0,04

Valores apresentados como média ± desvio padrão.

¹Efeito quadrático: $Y=30,35 + 0,03X - 0,0004X^2$, $r^2=0,47$

²Efeito quadrático: $Y=7,47 + 0,04X - 0,0005X^2$, $r^2=0,56$

Tabela 5 - Análise da atividade de enzimas digestivas do lambari (*Astyanax altiparenae*) nos diferentes tratamentos do experimento.

Enzimas	Substituição de FP / FMSN (%)					P
	0	25	50	75	100	
Protease ácida¹	4,48 ± 1,79	4,42 ± 2,48	4,29 ± 2,68	4,36 ± 2,54	4,87 ± 1,91	0,98
Lipase²	0,84 ± 0,21	1,14 ± 0,27	0,91 ± 0,21	1,06 ± 0,34	0,96 ± 0,20	0,16
Tripsina³	2,74 ± 0,50	2,77 ± 0,52	2,64 ± 0,63	2,92 ± 0,62	2,51 ± 0,32	0,70
Quimiotripsina⁴	3,92 ± 0,83	3,17 ± 0,60	3,10 ± 0,45	3,42 ± 1,59	3,36 ± 0,92	0,48

FMSN: Farinha de mosca soldado negro.

FP: Farinha de peixe.

¹ µg tirosina/min/mg de proteína.

² µmol/min/mg de proteína.

³ µmol TAME/min/mg de proteína.

⁴ µmol BTEE/min/mg de proteína.

Tabela 6 - Parâmetros metabólicos do fígado de lambari (*Astyanax altiparenae*).

Parâmetros	Tratamentos					P
	Controle (0%)	25%	50%	75%	100%	
Glicose ¹	323,24 ± 66,37	284,39 ± 52,49	327,68 ± 65,84	290,84 ± 59,14	290,22 ± 75,65	0,59
Glicogênio ¹	53,39 ± 14,49	54,85 ± 11,22	52,06 ± 7,49	49,08 ± 9,78	55,47 ± 7,29	0,78
Proteína ¹	7,51 ± 0,61	8,21 ± 1,27	8,67 ± 1,01	7,94 ± 1,42	8,30 ± 0,94	0,35
Aminoácidos ²	12,18 ± 2,07a	30,37 ± 27,18a	68,66 ± 10,01ab	29,69 ± 26,43a	24,03 ± 10,29a	0,003

BSFM (*Black soldier fly meal*): Farinha de mosca soldado negro.

FM (*Fish meal*): Farinha de peixe.

¹: μmol glicose/g tecido.

²: mmol AA/g tecido.

4. CONCLUSÃO GERAL

Deste estudo, pode-se concluir que BSFM (*Black soldier fly meal*) pode ser incluso como ingrediente proteico na ração para alimentação de lambaris em fases de engorda e terminação, em até 100% de substituição às fontes de proteína convencionais, sem prejudicar ou comprometer o desempenho e crescimento dos peixes.

5 REFERÊNCIAS

- ABD EL-HACK, M. E. et al. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as a Promising Feed Ingredient for Poultry: A Comprehensive Review. **Agriculture**, v. 10, 2020.
- ABIMORAD, E. G.; CASTELLANI, D. Prévias de estudos em nutrição e alimentação do lambari do rabo amarelo. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 10, n. 2, 2013.
- ADRIAN, I. F.; SILVA, H. B. R.; PERETTI, D. Dieta de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characiformes, Characidae), da área de influência do reservatório de Corumbá, Estado de Goiás, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 23, p. 435-440, 2001.
- ALFIKO, Y. et al. Insects as a feed ingredient for fish culture: Status and trends. **Aquaculture and Fisheries**, v. 7, n. 2, p. 166-178, 2022.
- ARAGÃO, Cláudia et al. Alternative proteins for fish diets: implications beyond growth. **Animals**, v. 12, n. 9, p. 1211, 2022.
- AZEVÊDO, J. K. G. **Densidade de estocagem de lambari do rabo amarelo (*Astyanax altiparanae*) em sistema de recirculação de água**. Universidade Federal da Paraíba, Areia - PB, 2018.
- BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2ª ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2010.
- BARRY, T. **Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*Hermetia illucens*)**. University of North Texas. Denton, Texas, 2004.
- BRANDÃO, F. R.; GOMES, L. C.; CHAGAS, E. D. et al. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 357-362, 2004.
- CARDINALETTI G, RANDAZZO B, MESSINA M, ZARANTONIELLO M, GIORGINI E, ZIMBELLI A, et al. Effects of graded dietary inclusion level of full-fat *Hermetia illucens* prepupae meal in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Animals** 2019;9(5):251. <https://doi.org/10.3390/ani9050251>.
- CAVERO, B. A. S. et al. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucu em tanques-rede de pequeno volume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 723-728, 2003.

COHEN, A. C. Insect diets: science and technology. **Crc press**, 2015.

DE SMET, Jeroen et al. Microbial community dynamics during rearing of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and impact on exploitation potential. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 84, n. 9, p. e02722-17, 2018.

DIENER, S. et al. Biological Treatment of Municipal Organic Waste using Black Soldier Fly Larvae. **Waste Biomass Valor**. p. 357–363, 2011.

DOS SANTOS, D. K. M. Farinha de larva de mosca soldado negra como ingrediente em dietas para o tabaqui. **Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia**, 2021.

EL-SAYED, A. F. M. Effects of stocking density and feeding levels on growth and feed efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry. **Aquaculture Research**, v. 33, p. 621-626, 2002.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pesca e aquicultura**. Palmas: Embrapa, 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-pesca-e-aquicultura/>>.

FAO. **Edible insects, future prospects for food and feed security**. Roma, p. 187, 2013.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. **Sustainability in action**. Roma, 2022.

FAWOLE FJ, ADEOYE AA, TIAMIYU LO, AJALA KI, OBADARA SO, GANIYU IO. Substituting fishmeal with *Hermetia illucens* in the diets of African catfish (*Clarias gariepinus*): effects on growth, nutrient utilization, haematophysiological response, and oxidative stress biomarker. **Aquaculture** 2020;518:734849. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734849>.

FOWLES, T. M.; NANSEN, C. Insect-based bioconversion: value from food waste. In: food waste management. **Palgrave macmillan, cham**. p. 321-346. 2020.

GARUTTI, V. **Piscicultura ecológica**. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 332p.

GARUTTI, V. **Revisão taxonômica dos *Astyanax* (Pisces, Characidae), com mancha umeral ovalada e mancha no pedúnculo caudal, entendendo-se a extremidade dos raios caudais medianos, das bacias do paraná, São Francisco e Amazônica**. 1995. Tese de Livre-Docência - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, SP, 1995.

GARUTTI, V.; BRITSKI, H. A. Descrio de uma espécie nova de *Astyanax* (Teleostei: Characidae) da bacia do alto rio Paraná e considerao sobre as demais espécies do gnero na bacia. **Comunicao do Museu de Ciências e Tecnologia, Série Zoologia, PUCRS**, Porto Alegre, v. 13, p. 65-88, 2000.

GEORGESCU et al. Body weight loss of black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) during development in non-feeding stages: Implications for egg clutch parameters. **European Journal of Entomology**, v. 117, p. 216-225, 2020.

GOMES, L. C.; BALDISSEROTTO, B.; SENHORINI, J. A. et al. Effect of stocking density on water quality, survival, and growth of larvae of matrinx, *Brycon cephalus* (Characidae), in ponds. **Aquaculture**, v. 183, p. 73-81, 2000.

HARDOUIN, J.; MAHOUX, G. **Zootechnics of insects-Breeding and use for the benefit of man and certain animals**. Laboratory of Agricultural Zoology and Entomology, Agricultural University of Athens, Athens, Greece, 2017.

HU Y, HUANG Y, TANG T, ZHONG L, CHU W, DAI Z, et al. Effect of partial black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal replacement of fish meal in practical diets on the growth, digestive enzyme and related gene expression for rice field eel (*Monopterus albus*). **Aquac Rep** 2020;17(100345). <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100345>.

IGUCHI, K.; OGAWA, K.; NAGAE, M. et al. The influence of rearing density on stress response and disease susceptibility of ayu (*Plecoglossus altivelis*). **Aquaculture**, v. 202, p. 515-523, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Em 2018, IBGE divulga Censo Agro e prepara Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, [s. d.]. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/23477-em-2018-ibge-divulga-censo-agro-e-prepara-censo-demografico>>. Acesso em: 9 de outubro de 2023.

JATOBÁ A.; SILVA B. C. Densidade de estocagem na produção de juvenis de duas espécies de lambaris em sistema de recirculação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 1469-1474, 2015.

JÓZEFIAK A, NOGALES-M_ERIDA S, MIKOŁAJCZAK Z, RAWSKI M, KIERO_NCZYK B, MAZURKIEWICZ J. The utilization of full-fat insect meal in rainbow trout nutrition: the effects on growth performance, intestinal microbiota and gastrointestinal tract histomorphology. **Ann Anim Sci** 2019a;19:747e65. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0020>.

KENIS, M. et al. Smallscale fly larvae production for animal feed. In: HALLORAN, A.; FLORE, R.; VANTOMME, P.; ROOS, N. **Edible insects in sustainable food systems**, New York: Springer, 2018, p. 239-261.

LI Y, BRUNI L, JARAMILLO-TORRES A, GAJARDO K, KORTNER TM, KROGDAHL Å. Differential response of digesta- and mucosa-associated intestinal microbiota to dietary insect meal during the seawater phase of Atlantic salmon. **Anim Microbiome** 2021;3(1):8.

LIEVENS S. et al. Chemical safety of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*), knowledge gaps and recommendations for future research: a critical review. **Journal of insects as food and feed**, p. 1-14, 2021.

MADUREIRA, L. A. S. P.; MONTEIRO-NETO, Cassiano. Sustentabilidade da pesca do bonito-listrado no Brasil. **Rio de Janeiro: Walprint Gráfica e Editora**, 2020.

MASSAGO, Haluko; DA SILVA, Bruno Corrêa. Desempenho do lambari-do-rabo-amarelo alimentado com rações práticas contendo diferentes níveis de proteína bruta. **Agropecuária Catarinense**, v. 33, n. 3, p. 67-71, 2020.

MOHAN, Kannan et al. Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: A review of past and future needs. **Aquaculture**, v. 553, p. 738095, 2022

MOUTINHO S, PEDROSA R, MAGALH~AES R, OLIVA-TELES A, PARISI G, PERES H. BLACK Soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae larvae meal in diets for European seabass

(*Dicentrarchus labrax*) juveniles: Effects on liver oxidative status and fillet quality traits during shelf-life. **Aquaculture** 2021;533(25):736080.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736080>.

NAVEED, M., MATEEN, A., DURESHAHWAR, U., MAJEED, W., NAEEM, M., KHATTAB, Y., HEDFI, A., ANSIR, F., & ALI, M. B. (2023). Efficacy of an Insect-Based Diet with Addition of Probiotics on Growth, Proximate Composition, Enzymatic Efficiency, and Immune Response of Nile Tilapia. **Aquaculture Nutrition**, 2023, e5557931.
<https://doi.org/10.1155/2023/5557931>.

ONINCX, D. G. A. B. et al. Photoreceptor spectral sensitivity of the compound eyes of black soldier fly (*Hermetia illucens*) informing the design of LED-based illumination to enhance indoor reproduction. **Journal of Insect Physiology**, v. 95, p. 133-139, 2016.

PEDROZA FILHO, M. X. et al. Tambaqui: benefícios econômicos com a adoção do Tambaplus Parentesco. **Embrapa Pesca e Aquicultura - Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2020.

PEIXE BR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. **Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2021**. São Paulo: PEIXE BR, 2021. 140 p.

PEIXE BR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. **Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2022**. São Paulo: PEIXE BR, 2022. 140 p.

PORTO-FORESTI, F. et al. Cultivo de lambari: uma espécie de pequeno porte e grandes possibilidades. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 67, p.15-19, 2001.

RIBEIRO, P. A. P. et al. Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

RIMOLDI S, ANTONINI M, GASCO L, MORONI F, TEROVA G. Intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) may be improved by feeding a *Hermetia illucens* meal/low-fishmeal diet. **Fish Physiol Biochem** 2021;47: 365e80.
<https://doi.org/10.1007/s10695-020-00918-1>.

SHEPPARD, C. House fly and lesser fly control utilizing the black soldier fly in manure management systems for caged laying hens. **Environmental Entomology**, p. 1439-1442, 1983.

SOUZA, M. **Estudo da viabilidade econômica na produção de tilápia em propriedade de pequeno porte na região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal do Pampa. Acervo digital. 2013.

STENBERG OK, HOLEN E, PIEMONTESE L, LILAND NS, LOCK EJ, ESPE M, et al. Effect of dietary replacement of fish meal with insect meal on in vitro bacterial and viral induced gene response in Atlantic salmon (*Salmo salar*) head kidney leukocytes. **Fish Shellfish Immunol** 2019;91:223e32. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.05.042>.

STEVANATO, D. J. O lambari: uma espécie promissora. **GIA**, [S. l.], p. 1 1, 18 abr. 2017. Disponível em: <https://gia.org.br/portal/o-lambari-uma-especie-promissora/>. Acesso em: 4 dez. 2023.

SUSSEL, Fábio Rosa et al. Substituição de proteína animal por proteína vegetal em dietas para lambari-do-rabo-amarelo *Astyanax altiparanae*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, p. 343-348, 2014.

SUSSEL, Fábio Rosa. **Fontes e níveis de proteína na alimentação do lambari-do-rabo-amarelo: desempenho prdutivo e análise econômica**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SUZUKI, F. M.; ORSI, M. L. Formação de cardumes por *Astyanax altiparanae* (Teleostei: Characidae) no Rio Congonhas, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, p. 566-569, 2008.

TOMBERLIN, J. K.; VAN HUIS, A. Black soldier fly from pest to ‘crown jewel’ of the insects as feed industry: an historical perspective. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 6, n. 1, p. 1-4, 2020.

VAN HUIS, A. et al. **Edible insects: future prospects for food and feed security**. FAO. Rome, 183 p, 2013.

VERBEKE, W. et al. Would you eat cultured meat?: Consumers' reactions and attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom. **Meat Science**, v. 102, p. 49-58. 2015.

WANG, Y.; SHELOMI, M. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. **Foods**, v. 6, 2017.

YILDIRIM-AKSOY M, ELJACK R, SCHRIMSHER C, BECK B. Use of dietary frass from black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, in hybrid tilapia (Nile x Mozambique, *Oreocromis niloticus* x *O. mozambique*) diets improves growth and resistance to bacterial diseases. **Aquac Rep** 2020;17:100373. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100373>

ANEXO A – CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DE PROTOCOLO PARA USO DE ANIMAIS EM PESQUISA CEUA - UNIPAMPA



CERTIDÃO

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DE PROTOCOLO PARA USO DE ANIMAIS EM PESQUISA

Número de protocolo da CEUA: 015/2023

Título: Farinha de larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) na alimentação de lambari (*Astyanax altiparanae*)

Data da aprovação: 01/09/2023

Período de vigência do projeto: 20/12/2023

Pesquisador(a): Cátia Aline Veiverberg

Campus: Uruguaiana

Telefone: (55) 99902-9220

E-mail: catiaveiverberg@unipampa.edu.br

Finalidade	() Ensino (X) Pesquisa
Espécie / Linhagem / Raça	Lambari (<i>Astyanax altiparanae</i>)
Nº de animais	200
Peso / Idade	5g/juvenil 60 dias
Sexo	Indiferente
Origem	Piscicultura comercial (Piscicultura Bela Vista, Santa Maria, RS)



Assinado eletronicamente por **ALESSANDRA SAYURI KIKUCHI TAMAJUSUKU NEIS**, Coordenador(a), em 01/09/2023, às 13:27, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site



https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1231242 e o código CRC 9CEE42B0.

ANEXO B – NORMAS DO PERIÓDICO AQUACULTURE AND FISHERIES

INTRODUCTION

Aquaculture and Fisheries is an international, open access journal published by KeAi Publishing Ltd. and sponsored by Shanghai Ocean University. It is published bimonthly, with 6 issues published per year.

Types of paper

Contributions falling into the following categories will be considered for publication: Original research papers, reviews.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)

- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

The ethical requirements for publishers, editors, reviewers and authors include but are not limited to the following:

Authors: The authors should ensure that they have written entirely original works, and should not in general publish manuscripts describing essentially the same research in more than one journal.

More information on the ethical statements of Aquaculture and Fisheries are found:

<https://www.elsevier.comhttps://www.elsevier.com/about/policies-and-standards/publishing-ethics#4-duties-of-authors>.

Animal rights

Does your research involve experimentation on animals? If so, please provide name of the ethical committee approving these experiments and confirm authors' compliance with all relevant ethical regulations.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <https://www.elsevier.com/conflictsofinterest/>.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To

verify compliance, your article may be checked by Crossref Similarity Check and other originality or duplicate checking software.

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Content should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader; contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition; and use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, stereotypes, slang, reference to dominant culture and/or cultural assumptions. We advise to seek gender neutrality by using plural nouns ("clinicians, patients/clients") as default/wherever possible to avoid using "he, she," or "he/she." We recommend avoiding the use of descriptors that refer to personal attributes such as age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition unless they are relevant and valid. When coding terminology is used, we recommend to avoid offensive or exclusionary terms such as "master", "slave", "blacklist" and "whitelist". We suggest using alternatives that are more appropriate and (self-) explanatory such as "primary", "secondary", "blocklist" and "allowlist". These guidelines are meant as a point of reference to help identify appropriate language but are by no means exhaustive or definitive.

Author contributions

For transparency, we require corresponding authors to provide co-author contributions to the manuscript using the relevant CRediT roles. The CRediT taxonomy includes 14 different roles describing each contributor's specific contribution to the scholarly output. The roles are: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; and Writing - review & editing. Note that not all roles may apply to every manuscript, and authors may have contributed through multiple roles. More details and an example.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement, it is recommended to state this.

Open Access

This journal is a peer reviewed, open access journal.

Peer review under the responsibility Shanghai Ocean University

Open access funded by Shanghai Ocean University.

User Rights

All articles published open access will be immediately free for everyone to read, download, copy, and distribute. Permitted third party reuse is defined by your choice of one of the following user licenses/the following user license:

Open Access Publication Fee

As an open access journal with no subscription charges, a fee is payable by the author or research funder to cover the costs associated with publication. This ensures the article will be immediately free to access by everyone. Shanghai Ocean University pays for the publishing costs incurred by the journal. Authors do not have to pay any Article Processing Charge or Open Access Publication Fee.

Author Rights

For open access publishing, this journal uses a copyright transfer agreement. Authors will transfer copyright to Institute of Seismology, China Earthquake Administration, but will have the right to reuse the article on the terms of their selected end user license, as well as certain scholarly usage rights. For more information about copyright please find the details on <https://www.elsevier.com/copyright>.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the Language Editing service available from Elsevier's Language Services.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

PREPARATION

Peer review

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. More information on types of peer review.

1. All manuscripts would be first reviewed by editorial office. Any papers fail to meet the basic standard of the journal would be desk rejected for reasons like out of scope, ethical conflicts, high similarities, lack of originality, flaws in research design or methods, etc. Then, editorial office would reassign selected papers to editor-in-chief.

2. Editor-in-chief would invite multiple reviewers to review this paper or assign an editorial board member to invite reviewers to review this paper.

3. After at least 2 reviewers give their reviews and comments, Editor-in-chief (or the assigned editor) would provide feedbacks based on review comments to the authors including his own review comments.

4. When author submits the revised manuscript, the assigned editor and editor-in-chief would collaborate to make final decision.

5. For submissions from Editor-in-Chief, Associate Editors, Guest Editors and other journal Board members, we ensure that the paper is handled confidentially by a different team member.

6. For submissions to Special Issues, if there are conflicts of interest between the GE(s) and authors, the submissions will be handled by another Editor from Editorial Board who will manage the peer review process and make the decision whether to accept or reject the paper after peer review.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- *Title*. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

- *Author names and affiliations*. Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- *Corresponding author*. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.

- *Present/permanent address*. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUB: Biochemical Nomenclature and Related Documents for further information.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Preprint references

Where a preprint has subsequently become available as a peer-reviewed publication, the formal publication should be used as the reference. If there are preprints that are central to your work or that cover crucial developments in the topic, but are not yet formally published, these may be referenced. Preprints should be clearly marked as such, for example by including the word preprint, or the name of the preprint server, as part of the reference. The preprint DOI should also be provided.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software.[li](#)

Reference style

Text: Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Seventh Edition, ISBN 978-1-4338-3215-4, copies of which may be ordered online.

List: references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2018). The art of writing a scientific article. *Heliyon*, 19, Article e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style* (4th ed.). Longman (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). E-Publishing Inc.

Reference to a website:

Powertech Systems. (2015). Lithium-ion vs lead-acid cost analysis. Retrieved from <http://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/lithium-ion-vs-lead-acid-cost-analysis/>. Accessed January 6, 2016

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., & Nakashizuka, T. (2015). Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Reference to a conference paper or poster presentation:

Engle, E.K., Cash, T.F., & Jarry, J.L. (2009, November). The Body Image Behaviours Inventory-3: Development and validation of the Body Image Compulsive Actions and Body Image Avoidance Scales. Poster session presentation at the meeting of the Association for Behavioural and Cognitive Therapies, New York, NY.

Reference to software:

Coon, E., Berndt, M., Jan, A., Svyatsky, D., Atchley, A., Kikinzon, E., Harp, D., Manzini, G., Shelef, E., Lipnikov, K., Garimella, R., Xu, C., Moulton, D., Karra, S., Painter, S., Jafarov, E., & Molins, S. (2020, March 25). Advanced Terrestrial Simulator (ATS) v0.88 (Version 0.88). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3727209>.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

AFTER ACCEPTANCE*Proofs*

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. To ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proof corrections within two days. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download the free Adobe Reader, version 9 (or higher).