JOURNAL OF EDUCATION, SCIENCE AND HEALTH – JESH
Revista de Educação, Ciência e Saúde
DOI: https://www.doi.org/10.52832/jesh.v6i4.772
Home page: https://bio10publicacao.com.br/jesh
e-ISSN: 2763-6119

# POTENCIAL DA MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*) NA ALIMENTAÇÃO: UMA REVISÃO

## POTENTIAL OF THE BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) IN FEEDING: A REVIEW

## POTENCIAL DE LA MOSCA SOLDADO NEGRA (*Hermetia illucens*) EN LA ALIMENTACIÓN: UNA REVISIÓN

**Vitor Vieira Gonçalves de Lima[1]; Danielly de Andrade Rangel[2]; Renato de Souza Belato[3]; Andrea Bittencourt de Santana Teixeira[4]***

[4]*Doutora em Alimentos e Nutrição pela UNIRIO. Docente na Universidade Iguaçu (UNIG), Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil; [3]Doutorando e Mestre em Medicina Tropical pelo Instituto Oswaldo Cruz – Fiocruz, Manguinhos, Rio de Janeiro, Brasil. ;[1]Graduado em Nutrição na Universidade Iguaçu (UNIG), Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil. [2]Graduanda em Nutrição na Universidade Iguaçu (UNIG), Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil;
*Autor correspondente: andreabittst@gmail.com.

**Recebido**: 16/09/2026 | **Aprovado**: 17/10/2026 | **Publicado**: 16/10/2026

**Resumo:** Ante a crise alimentar global e os impactos da zootecnia tradicional, a mosca-soldado-negro (*Hermetia illucens*, BSF) desponta na bioeconomia. Visando centralizar evidências empíricas dispersas e superar a mera descrição cumulativa, este estudo analisou, via revisão sistemática, o potencial biotecnológico, nutricional e sanitário da BSF na alimentação animal e humana. A prospecção bibliográfica seguiu as diretrizes PRISMA nas bases PubMed, Scopus, Web of Science, LILACS, IEEE Xplore, SciELO e Periódicos CAPES (2019–2024). Os resultados evidenciam que a biomassa larval exibe elevada proteína bruta (32-58% MS) e perfil lipídico rico em ácido láurico, atuando como aditivo funcional eubiótico. Na avicultura e aquicultura, a substituição parcial da farinha de peixe e farelo de soja otimiza o desempenho zootécnico, embora frações elevadas de quitina (>10%) manifestem caráter antinutricional. No âmbito sanitário, destaca-se a bioacumulação seletiva de cádmio, contrastando com a eficiente depuração de outros metais pesados e a metabolização enzimática de micotoxinas. Por fim, investigações indicam que a inserção na dieta humana enfrenta resistência decorrente da fobia entomofágica e neofobia alimentar, demonstrando variações éticas entre onívoros e vegetarianos. Conclui-se que o mascaramento visual dos artrópodes por meio de farinhas e, prioritariamente, o estímulo ao consumo indireto via nutrição animal configuram-se como as principais pontes de transição cultural para a consolidação e aceitação global dessa matriz proteica disruptiva.

**Palavras-chave:** Bioconversão. Biosegurança. Entomofagia. Neofobia Alimentar. Sustentabilidade.

**Abstract:** Given the global food crisis and the impacts of traditional animal husbandry, the black soldier fly (*Hermetia illucens*, BSF) emerges in the bioeconomy. Aiming to centralize dispersed empirical evidence and overcome mere cumulative description, this study analyzed, via a systematic review, the biotechnological, nutritional, and sanitary potential of BSF in animal and human nutrition. The bibliographic prospection followed the PRISMA guidelines in the PubMed, Scopus, Web of Science, LILACS, IEEE Xplore, SciELO, and Periódicos CAPES databases (2019–2024). The results evidence that the larval biomass exhibits high crude protein (32-58% DM) and a lipid profile rich in lauric acid, acting as a functional eubiotic additive. In poultry and aquaculture, the partial replacement of fishmeal and soybean meal optimizes zootechnical performance, although high fractions of chitin (>10%) manifest antinutritional characteristics. In the sanitary scope, the selective bioaccumulation of cadmium stands out, contrasting with the efficient depuration of other heavy metals and the enzymatic metabolization of mycotoxins. Finally, investigations indicate that insertion into the human diet faces resistance stemming from entomophagic phobia and food neophobia, demonstrating ethical variations between omnivores and vegetarians. It is concluded that the visual masking of arthropods through flours and, primarily, the stimulation of indirect consumption via animal nutrition configure the main bridges of cultural transition for the consolidation and global acceptance of this disruptive protein matrix.

**Keywords:** Bioconversion. Biosecurity. Entomophagy. Food neophobia. Sustainability.

**Resumen:** Ante la crisis alimentaria global y los impactos de la zootecnia tradicional, la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*, BSF) despunta en la bioeconomía. Con el objetivo de centralizar la evidencia empírica dispersa y superar la mera descripción acumulativa, este estudio analizó, mediante una revisión sistemática, el potencial biotecnológico, nutricional y sanitario de la BSF en la alimentación animal y humana. La prospección bibliográfica siguió las directrices PRISMA en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science, LILACS, IEEE Xplore, SciELO y Periódicos CAPES (2019–2024). Los resultados evidencian que la biomasa larval exhibe una elevada proteína bruta (32-58% MS) y un perfil lipídico rico en ácido láurico, actuando como aditivo funcional eubiótico. En la avicultura y acuicultura, la sustitución parcial de la harina de pescado y la harina de soja optimiza el rendimiento zootécnico, aunque fracciones elevadas de quitina (>10%) manifiestan un carácter antinutricional. En el ámbito sanitario, destaca la bioacumulación selectiva de cadmio, en contraste con la eficiente depuración de otros metales pesados y la metabolización enzimática de micotoxinas. Por último, las investigaciones indican que la inserción en la dieta humana enfrenta resistencia derivada de la fobia entomofágica y la neofobia alimentaria, demostrando variaciones éticas entre omnívoros y vegetarianos. Se concluye que el enmascaramiento visual de los artrópodos mediante harinas y, prioritariamente, el estímulo al consumo indirecto vía nutrición animal se configuran como los principales puentes de transición cultural para la consolidación y aceptación global de esta matriz proteica disruptiva.

**Palabras-clave:** Bioconversión. Bioseguridad. Entomofagia. Neofobia alimentaria. Sostenibilidad.

## 1 INTRODUÇÃO

A segurança alimentar global enfrenta um desafio sem precedentes na contemporaneidade: a premência em suprir as demandas nutricionais de uma população projetada em 9,7 bilhões de indivíduos até o ano de 2050, sob a égide de recursos naturais finitos e de acentuadas mudanças climáticas (EFSA, 2021; Van Huis, 2020). O modelo vigente de produção de proteína de origem animal, fortemente dependente de extensas áreas de monocultura para a formulação de rações comerciais (notadamente o farelo de soja, Glycine max) e da exploração intensiva de ecossistemas marinhos (farinha de peixe), é amplamente reconhecido como insustentável a longo prazo (EFSA, 2021; Willett et al., 2019). A expansão da cultura da soja correlaciona-se ao desmatamento crônico e à perda de biodiversidade em biomas críticos, ao passo que a sobrepesca severa compromete a estabilidade trófica oceânica (Willett et al., 2019; Salomone et al., 2017). Nesse panorama complexo, a transição para a denominada "Dieta de Saúde Planetária" (Planetary Health Diet) impõe a prospecção e a integração de matrizes proteicas inovadoras que aliem elevada densidade nutricional à mitigação dos impactos ecológicos (Willett et al., 2019).

A entomofagia, embora se configure como uma prática ancestral consolidada para mais de 2 bilhões de indivíduos em diversas regiões geográficas, tem sido redimensionada pelas ciências agrárias e por matrizes industriais contemporâneas como uma tecnologia disruptiva vinculada à bioeconomia circular (Van Huis, 2020; Smetana et al., 2019). Dentre as mais de 2.000 espécies de insetos catalogadas com potencial edível, a mosca-soldado-negro (*Hermetia illucens*, BSF) desponta como o organismo modelo biotecnológico mais promissor para a produção automatizada em escala industrial (Lu et al., 2021; Wang & Shelomi, 2017). Diferente de ordens sinantrópicas ou de pragas agrícolas convencionais, H. illucens não atua como vetor de patógenos humanos e manifesta uma versatilidade metabólica extraordinária. Essa plasticidade fisiológica viabiliza a bioconversão eficiente de uma ampla gama de subprodutos agroindustriais e resíduos orgânicos urbanos em biomassa larval de alto valor biológico (Smetana et al., 2019; Smetana et al., 2016; Diener, 2011).

A relevância da exploração de *Hermetia illucens* transcende a mera síntese de nutrientes isolados; o inseto atua como um elo dinâmico no fechamento de ciclos biogeoquímicos, convertendo passivos que outrora seriam destinados a aterros sanitários — gerando emissões antropogênicas de gases de efeito estufa — em insumos bioeconômicos de alto valor agregado (Purkayastha & Sarkar, 2022; Salomone et al., 2017). Estudos fundamentados em Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) reiteram que a produção de biomassa de BSF evoca emissões de $CO_2$ equivalente até 47 vezes menores e demanda frações substancialmente reduzidas de recursos hídricos e territoriais quando comparada às cadeias produtivas de bovinos e suínos (Salomone et al., 2017; Halloran et al., 2017). Não obstante tais vantagens comparativas, a consolidação desse novo sistema alimentar requer o mapeamento exaustivo de sua biologia digestiva, estabilidade bromatológica, eficácia zootécnica e, prioritariamente, de seus riscos sanitários e determinantes psicométricos de aceitação sociocultural (EFSA, 2021; Barragán-Fonseca et al., 2017; Payne et al., 2016).

Diante do cenário exposto, constata-se a necessidade de centralizar e discutir criticamente as evidências empíricas dispersas na literatura, superando a mera descrição cumulativa de dados em prol da elucidação de seus mecanismos fisiológicos e dinâmicas regulatórias. Por conseguinte, este estudo tem por objetivo analisar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, o potencial biotecnológico e nutricional da larva de *Hermetia illucens* na alimentação, estabelecendo um nexo crítico entre sua eficiência de bioconversão, seus impactos funcionais na nutrição de não ruminantes e aquicultura, e as barreiras imunológicas, regulatórias e de neofobia alimentar que delineiam sua incorporação no mercado global.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta revisão de literatura foi conduzida em conformidade com as diretrizes do protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), visando assegurar a transparência, o rigor metodológico e a reprodutibilidade do processo de seleção e análise dos estudos empíricos (Page et al., 2021; Henry et al., 2015).

A prospecção bibliográfica foi realizada mediante consulta às bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, LILACS, IEEE Xplore, SciELO e ao Portal de Periódicos CAPES. O recorte temporal delimitou-se entre janeiro de 2019 e maio de 2024, com o propósito de mapear o estado da arte e as evidências científicas mais recentes sobre o tema.

A estratégia de busca fundamentou-se na combinação de descritores controlados (MeSH - Medical Subject Headings e DeCS - Descritores em Ciências da Saúde) e termos livres, interligados por operadores booleanos (*AND*, *OR*), conforme o seguinte escopo estruturado:

("Hermetia illucens" OR "Black Soldier Fly" OR "Mosca Soldado Negro") AND ("Nutrition" OR "Feed" OR "Food" OR "Bioconversion" OR "Safety" OR "Regulation").

Para a seleção do *corpus* textual, estabeleceram-se como critérios de inclusão: (I) artigos originais, revisões sistemáticas e metanálises publicados em periódicos indexados com revisão por pares (peer-reviewed); (II) investigações focadas na aplicação da biomassa de *Hermetia illucens* na alimentação humana ou nutrição animal; (III) estudos que abordassem processos de bioconversão de resíduos, segurança alimentar (sob as óticas

microbiológica, toxicológica e alergênica) ou marcos regulatórios vigentes; e (IV) publicações disponíveis na íntegra nos idiomas inglês ou português. Inversamente, adotaram-se como critérios de exclusão: (I) editoriais, cartas ao editor, notas científicas e resumos expandidos de conferências; (II) estudos restritos à biologia básica, morfologia ou taxonomia do inseto, desprovidos de aplicação nutricional, zootécnica ou tecnológica; e (III) pesquisas com delineamento experimental frágil, amostragem estatisticamente insuficiente ou inconsistência metodológica clara.

O processo de triagem desenvolveu-se em duas etapas consecutivas: (I) avaliação inicial de títulos e resumos para exclusão de registros duplicados e irrelevantes; e (II) leitura analítica integral dos artigos pré-selecionados para confirmação dos critérios de elegibilidade.

A extração de dados dos estudos elegíveis foi padronizada em uma planilha de coleta, contemplando as seguintes variáveis: natureza do substrato de criação, estádio de desenvolvimento larval, espécie animal-alvo (quando aplicável), composição centesimal (proteína bruta, extrato etéreo/perfil lipídico e minerais), eficiência de bioconversão — aferida por parâmetros como a Taxa de Conversão Alimentar (FCR) e a Eficiência de Conversão do Alimento Ingerido (ECD) —, além dos principais desfechos reportados pelos autores. A avaliação da qualidade metodológica e a relevância interna dos achados guiaram de forma crítica a inclusão final no manuscrito.

Em virtude da heterogeneidade metodológica, do emprego de diferentes substratos e das diversas matrizes alimentares avaliadas nos estudos primários, optou-se por uma síntese narrativa qualitativa. Os dados quantitativos de maior relevância foram consolidados em tabelas comparativas para otimizar a visualização e a correlação dos resultados. A discussão dos dados foi estruturada de modo a contrastar as correntes teóricas e os dados empíricos da literatura corrente, elucidando os consensos consolidados e as lacunas científicas que demandam futuras investigações.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Fisiologia larval e plasticidade metabólica

A larva de *Hermetia illucens* apresenta notável plasticidade metabólica, característica que viabiliza sua sobrevivência, desenvolvimento e homeostase em matrizes nutricionais altamente divergentes. O trato gastrointestinal desses imaturos dispõe de um complexo arsenal enzimático constituído por proteases (notadamente serina e cisteína proteases), lipases e amilases, as quais atuam sinergicamente na hidrólise de polímeros complexos presentes em resíduos orgânicos (Lu et al., 2021; Lindberg et al., 2021). Perfis transcriptômicos recentes evidenciam que a expressão e a atividade dessas hidrolases são altamente adaptativas, reconfigurando-se em resposta à composição centesimal do substrato em um intervalo de poucas horas (Lindberg et al., 2021).

Adicionalmente, a microbiota intestinal exerce papel coparticipante fundamental nesse dinamismo metabólico. O lúmen intestinal de *Hermetia illucens* é colonizado por uma comunidade microbiana diversa, com predominância dos filos Bacteroidetes e Firmicutes, que atuam na degradação de frações fibrosas recalcitrantes e na síntese de novo de vitaminas essenciais (Bruno et al., 2019; De Smet et al., 2018). Essa relação simbiótica permite a extração eficiente de energia a partir de substratos de baixo valor nutricional e elevada umidade — como

dejetos pecuários e lodo de estações de tratamento de efluentes —, os quais se configuram como refratários ao aproveitamento por outras espécies zootécnicas (Kroeckel et al., 2012).

Somado a isso, possui um sistema imunológico inato robusto, caracterizado pela síntese de uma ampla gama de peptídeos antimicrobianos (AMPs), tais como cecropinas e defensinas. Esses peptídeos não apenas asseguram a integridade biológica da larva em ambientes com elevada carga patogênica, mas também promovem a supressão de microrganismos deletérios no próprio substrato sob biofragmentação (Biasato et al., 2020; De Smet et al., 2018).

### 3.2 Variáveis ambientais e termodinâmica do desenvolvimento

A eficiência cinética da bioconversão é estritamente governada por variáveis abióticas críticas: temperatura, umidade e porosidade da matriz residual. A faixa térmica ideal para o ótimo desempenho do desenvolvimento larval compreende o intervalo entre 25 °C e 30 °C. Exposições a temperaturas inferiores a 20 °C reduzem drasticamente a taxa metabólica basal, o que prolonga o ciclo ontogenético e eleva os índices de mortalidade; inversamente, valores acima de 35 °C induzem estresse térmico severo, comprometendo a Eficiência de Conversão do Alimento Ingerido (ECD) (Lindberg et al., 2021).

A umidade do substrato deve ser monitorada e mantida na faixa de 60% a 80%. Matrizes com reduzida atividade de água (Aw) restringem a mobilidade e a ingestão voluntária, ao passo que o excesso de umidade desencadeia processos de anaerobiose. Estes favorecem vias fermentativas indesejáveis, a emissão de voláteis odoríferos pungentes e a restrição da respiração larval, que ocorre via espiráculos (Lindberg et al., 2021; Smetana et al., 2016).

A porosidade do meio, embora frequentemente subestimada, é vital para garantir a difusão do oxigênio e a dissipação do calor metabólico exotérmico gerado pela alta densidade larval em escala de produção industrial. O aporte de agentes de volume (bulking agents), como a casca de arroz ou o maravalha/serragem, estabelece-se como uma estratégia eficaz para otimizar os índices de bioconversão em substratos de elevada compactação (Lalander et al., 2019; Meneguz et al., 2018).

### 3.3 Eficiência de bioconversão e economia circular

Os parâmetros fundamentais para a validação bioeconômica do uso da BSF residem na Taxa de Redução de Resíduos (WRR) e no Índice de Eficiência de Bioconversão (BEI). As larvas de BSF são capazes de mitigar a massa seca residual em proporções de 50% a 80%, a depender do aporte de nutrientes e da digestibilidade da matéria orgânica inicial (Smetana et al., 2019; Smetana et al., 2016; Diener, 2011).

Sob a ótica da economia circular, esse processo consolida a conversão de um passivo ambiental em dois coprodutos de alto valor agregado: a biomassa larval — densa em frações proteicas e lipídicas — e o frass (composto de dejeções larvais, exúvias e resíduos remanescentes). O frass atua como um biofertilizante orgânico balanceado em nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), além de manifestar propriedades bioativas na supressão de fitopatógenos, em decorrência de sua carga microbiana antagonista benéfica (Willett et al., 2019; Somroo et al., 2019; Setti et al., 2019).

### 3.4 Densidade nutricional e modulação dietética

A caracterização bromatológica da biomassa integral de *Hermetia illucens* revela expressiva densidade de proteína bruta (32% a 58% na Matéria Seca — MS) e extrato etéreo (18% a 40% na MS). É imperativo sublinhar que seu perfil de aminoácidos exibe alta digestibilidade e valor biológico superior ao de diversas matrizes de origem vegetal, destacando-se pelas concentrações de lisina, leucina e valina. Contudo, pode apresentar caráter limítrofe em aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína) quando formulada para linhagens de frangos de corte de alto desempenho genético (Lu et al., 2021; Page et al., 2021; Cullere et al., 2016).

O grande diferencial qualitativo da BSF reside em sua fração lipídica, majoritariamente dominada pelo ácido láurico (C12:0), um ácido graxo de cadeia média (AGCM) com reconhecida atividade antimicrobiana. O ácido láurico atua mediante a ruptura e permeabilização da membrana citoplasmática de bactérias Gram-positivas, posicionando a farinha e o óleo de BSF como aditivos funcionais e promotores naturais da saúde intestinal (Belghit et al., 2019; Spranghers et al., 2018).

Ademais, a capacidade de bioacumulação lipídica das larvas permite o denominado "enriquecimento planejado" (nutritional tailoring). Larvas cultivadas com coprodutos da indústria pesqueira ou biomassa de microalgas exibem incorporação linear de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (LC-PUFAs), como o ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5 n-3) e o ácido docosahexaenoico (DHA, 22:6 n-3). Essa modulação mimetiza o perfil lipídico de organismos marinhos, tornando a biomassa resultante um substituto de extrema eficácia para a farinha de peixe na aquicultura (Moutinho et al., 2025; Belghit et al., 2019).

### 3.5 Aquicultura: substituição da farinha de peixe e desafios metabólicos

O setor aquícola configura-se como o principal vetor comercial de demanda pela biomassa de BSF. Dados meta-analíticos indicam que a inclusão prática de até 30% de farinha de *Hermetia illucens* em dietas isoproteicas e isoenergéticas para espécies onívoras, como a Tilápia-do-Nilo (Oreochromis niloticus) e euriocas, como a Truta-Arco-Íris (Oncorhynchus mykiss), não acarreta prejuízos ao desempenho zootécnico e estimula parâmetros da resposta imune inata (Sogari et al., 2022; Renna et al., 2017; Lock et al., 2016; Henry et al., 2015).

Por outro lado, em espécies carnívoras estritas de ambiente marinho, a exemplo do Salmão-do-Atlântico (Salmo salar), a substituição integral da farinha de peixe evoca desafios metabólicos, culminando na depleção dos níveis de ácidos graxos da série n-3 nos filetes comerciais. Esse cenário demanda o delineamento de estratégias de suplementação lipídica exógena ou a instituição de uma dieta de finalização (finishing diet) enriquecida com óleos marinhos para salvaguardar o valor nutricional exigido pelo consumidor humano (Lock et al., 2016).

### 3.6 Avicultura: performance, saúde intestinal e bem-estar

Na nutrição de não ruminantes avícolas, a farinha de BSF consolida-se como uma alternativa proteica técnica e economicamente viável ao farelo de soja (Glycine max). Investigações conduzidas em frangos de corte demonstram que níveis de inclusão situados entre 5% e 15% mimetizam ou otimizam o Ganho de Peso Médio Diário (GMD) e a Taxa de Conversão Alimentar (CA) (Ipema et al., 2020; Verbeke, 2015; Kroeckel et al., 2012).

Os mecanismos subjacentes a esses índices zootécnicos favoráveis estão intrinsecamente associados à modulação da microbiota cecal, observando-se o incremento na abundância relativa de táxons benéficos, como *Lactobacillus spp*., concorrentemente à supressão competitiva de colonizações por patógenos estritos ou oportunistas, como *Clostridium spp*. (Biasato et al., 2020; Borrelli et al., 2017).

Para além do escopo estritamente nutricional, o fornecimento de larvas vivas atua como um estímulo de enriquecimento ambiental dinâmico, mitigando desvios comportamentais e estereotipias (como a bicagem agressiva de penas) e resgatando o comportamento instintivo de forrageamento, o que eleva substancialmente os escores de bem-estar animal (Ipema et al., 2020).

### 3.7 O papel da quitina: benefício ou fator antinutricional?

A quitina, um homopolímero de unidades de N-acetilglucosamina que estrutura o exoesqueleto dos artrópodes, desempenha um papel ambivalente na nutrição animal. Quando incorporada em baixas concentrações (até 5% da dieta), atua primariamente como uma fibra prebiótica; ela estimula o sistema imunitário inato e favorece a proliferação de microrganismos cecais produtores de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (Biasato et al., 2020; Kroeckel et al., 2012). Em contrapartida, a inclusão em níveis elevados (> 10%) pode induzir efeitos antinutricionais deletérios, reduzindo a digestibilidade aparente da fração proteica e de minerais pela formação de complexos hidrofóbicos insolúveis ou pela aceleração do trânsito gastrointestinal (Verbeke, 2015; Marono et al., 2015).

### 3.8 Dinâmica de contaminantes: bioacumulação e excreção

A segurança sanitária da cadeia produtiva de *Hermetia illucens* está umbilicalmente atrelada às características físico-químicas do substrato de criação. No âmbito toxicológico, o principal risco reside na bioacumulação seletiva de metais pesados. Estudos demonstram que as larvas possuem alta afinidade tecidual pelo cádmio (Cd), sendo capazes de bioacumulá-lo em concentrações que superam em até dez vezes os níveis basais do substrato (Purschke et al., 2017; Biancarosa et al., 2018).

Inversamente, as larvas de BSF exibem eficiente capacidade de depuração, barreira ou ejeção ativa frente ao chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e arsênio (As), mantendo as concentrações destes xenobiontes na biomassa final aquém dos limites críticos regulatórios, mesmo quando criadas em meios intencionalmente contaminados (EFSA, 2021; Purschke et al., 2017; Charlton et al., 2015).

No tocante a contaminantes orgânicos — englobando micotoxinas (como aflatoxinas e deoxinivalenol - DON) e resíduos de pesticidas —, a literatura científica apresenta consenso: as larvas de BSF expressam alta atividade de enzimas detoxificantes (notadamente o complexo do citocromo P450), o que viabiliza a metabolização e inativação dessas moléculas, gerando uma biomassa final segura para fins alimentares (EFSA, 2021; Camenzuli et al., 2018).

Não obstante, a biossegurança microbiológica permanece como ponto crítico de controle. Embora o processo de criação reduza a carga de patógenos exógenos no substrato, a superfície epidermal e o trato digestivo do inseto processado podem carrear densas contaminações bacterianas.

### 3.9 Alergenicidade: um risco emergente

A alergenicidade desponta como um dos principais entraves imunológicos para o consumo humano direto de insetos (entomofagia). Proteínas estruturais e metabólicas abundantes em *Hermetia illucens*, como a tropomiosina e a arginina quinase, compartilham homologia estrutural de epítopos linear e conformacional altamente conservada com alérgenos característicos de crustáceos e ácaros da poeira domiciliar. Esse cenário pode desencadear reações de hipersensibilidade mediadas por IgE e episódios anafiláticos graves em indivíduos previamente sensibilizados (EFSA, 2021; Broekman et al., 2017).

Ensaios imunofarmacológicos sugerem que o processamento tecnológico (particularmente a hidrólise enzimática direcionada) atenua a imunogenicidade de frações proteicas específicas através da clivagem de epítopos, contudo, falha em neutralizar integralmente o potencial alergênico (Broekman et al., 2017). Consequentemente, a rotulagem clara com advertências de reatividade cruzada e a ampla difusão de diretrizes clínicas estabelecem-se como pilares mandatórios para a introdução segura da BSF na nutrição humana.

### 3.10 Panorama regulatório global e barreiras culturais

A regulamentação para a exploração comercial da BSF varia amplamente entre os países e passa por rápidas transformações. No continente europeu, a validação do consumo de insetos, sob o escopo de Novel Food pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) e a subsequente autorização de seu uso em dietas de suínos e aves (2021) representaram marcos de inflexão mercadológica mundial (European Commission, 2021). Em 2024, Cingapura implementou diretrizes regulatórias para fomentar a segurança alimentar nacional por meio do incentivo à produção urbana vertical de insetos (EFSA, 2021).

Por outro lado, as legislações norte-americana (FDA/AAFCO) e brasileira (MAPA/ANVISA) priorizam o uso da BSF na alimentação animal, enquanto o consumo humano direto ainda depende de avaliações caso a caso e de regulamentações federais específicas (Valdés et al., 2022).

Somadas às barreiras legais, restrições socioculturais baseadas na neofobia alimentar e na aversão psicológica ("fator nojo") são os principais obstáculos ao consumo direto de insetos. No cenário brasileiro, investigações psicométricas indicam que, apesar de a população apresentar neutralidade geral frente a novos alimentos pela Escala de Neofobia Alimentar (ENA), há uma acentuada fobia e rejeição direcionadas especificamente à entomofagia (Teixeira et al., 2025). Essa aversão exibe variações conforme as matrizes dietéticas dos consumidores; enquanto indivíduos onívoros demonstram sutil reconhecimento acerca dos benefícios ecológicos e da sustentabilidade do uso de insetos na alimentação, o público vegetariano manifesta maior ceticismo e rejeição estrita, majoritariamente pautados por imperativos éticos e morais.

Para mitigar essa resistência cultural, a engenharia de alimentos e o marketing buscam alternativas voltadas à desconstrução da matriz visual do inseto. A aceitação de produtos comerciais depende, essencialmente, da exclusão de partes anatômicas visíveis, sendo o desenvolvimento de farinhas processadas a estratégia mais viável para reduzir a neofobia e a rejeição sensorial. Dessa forma, o mascaramento visual e o aproveitamento de atributos intrínsecos — como o sabor *umami* e notas amendoadas — auxiliam na introdução desses ingredientes na dieta

humana, utilizando o consumo indireto como uma etapa de transição a longo prazo (Purkayastha & Sarkar, 2022; Tan et al., 2017).

Em função das restrições sensoriais na alimentação humana direta, a destinação da biomassa de BSF para a nutrição de espécies zootécnicas apresenta maior viabilidade comercial imediata. A literatura evidencia que a aceitação do consumo indireto — ou seja, a inserção na dieta humana de carne, ovos e laticínios provenientes de animais alimentados com rações contendo o inseto — é significativamente superior à observada na entomofagia direta (Mancini et al., 2022; Verbeke et al., 2015). Essa preferência ocorre porque o consumidor não é exposto à aparência do inseto no produto final, associando o benefício ecológico da bioconversão a cadeias produtivas já consolidadas. Assim, o uso de insetos na formulação de rações atua como uma etapa intermediária para mitigar a neofobia alimentar a longo prazo, favorecendo a familiarização gradual com essa fonte proteica.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da biomassa de *Hermetia illucens* vai além da busca por fontes proteicas alternativas, apresentando-se como uma ferramenta viável para o desenvolvimento de sistemas agroalimentares circulares. Os dados consolidados nesta revisão indicam que a espécie é eficiente na biofragmentação e valorização de subprodutos orgânicos, além de possuir flexibilidade para compor dietas zootécnicas complexas. Os benefícios identificados superam a substituição direta de ingredientes tradicionais, como o farelo de soja e a farinha de peixe, pois englobam efeitos eubióticos na saúde gastrointestinal e melhorias no bem-estar animal.

Apesar do avanço nas pesquisas, a consolidação da produção industrial e a inserção de mercado da BSF em larga escala dependem de melhorias em eixos centrais. Na área de inovação científica e tecnológica, é necessário investir no melhoramento genético de linhagens focadas na tolerância a variações térmicas e na especialização enzimática para resíduos regionais. Paralelamente, demanda-se o desenvolvimento de métodos de processamento — como a desquitinização e a hidrólise direcionada — para reduzir o potencial alergênico e controlar a concentração de contaminantes bioacumulados pelas larvas.

Também é fundamental buscar a harmonização internacional das normas regulatórias, de biossegurança e de vigilância sanitária. A padronização global dos limites de tolerância para contaminantes é necessária para reduzir barreiras alfandegárias e viabilizar o comércio de ingredientes derivados de insetos entre diferentes países. Por fim, contornar a neofobia alimentar humana exige ações de comunicação baseadas em dados de sustentabilidade, de forma que o uso de farinhas processadas em matrizes alimentares ajude a reduzir o preconceito visual e posicione o ingrediente como uma opção nutritiva e viável.

Em síntese, o futuro da segurança alimentar depende da diversificação de fontes e de modelos baseados em baixa emissão de carbono, nicho no qual a mosca-soldado-negro desempenha um papel central. Contudo, devido à complexidade biológica do inseto e à heterogeneidade dos sistemas de criação, os dados atuais ainda não são definitivos. Faz-se necessário o desenvolvimento de mais estudos experimentais e de ensaios de longo prazo para compreender detalhadamente a dinâmica de contaminantes na cadeia produtiva, os limites seguros de inclusão nutricional por espécie e os impactos reais do consumo direto na saúde humana. Somente por meio do

preenchimento dessas lacunas científicas será possível consolidar a *Hermetia illucens* como uma alternativa biotecnológica segura, padronizada e aplicável para a sustentabilidade da produção global de alimentos.

## Conflitos de interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesse. Todos os autores estão cientes da submissão do artigo.

## Contribuições dos autores

Vitor Vieira Gonçalves Lima, redação do rascunho original; Danielly de Andrade Rangel, redação do rascunho original, revisão crítica e edição; Renato de Souza Belato, revisão crítica do manuscrito; e Andrea Bittencourt de Santana Teixeira, orientação, supervisão e revisão do trabalho.

## REFERÊNCIAS

Barragán-Fonseca, K. B., Dicke, M., & van Loon, J. J. A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (Hermetia illucens L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105–120. https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055

Belghit, I., Waagbø, R., Lock, E.-J., & Liland, N. S. (2019). Insect-based diets high in lauric acid reduce liver lipids in freshwater Atlantic salmon. *Aquaculture Nutrition*, 25(2), 343–357. https://doi.org/10.1111/anu.12860

Biancarosa, I., Liland, N. S., Biemans, D., Araujo, P., Bruckner, C. G., Waagbø, R., … Amlund, H. (2018). Uptake of heavy metals and arsenic in black soldier fly (Hermetia illucens) larvae grown on seaweed-enriched media. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(6), 2176–2183. https://doi.org/10.1002/jsfa.8702

Biasato, I., Ferrocino, I., Dabbou, S., Evangelista, R., Gai, F., Gasco, L., … Schiavone, A. (2020). Black soldier fly and gut health in broiler chickens: Insights into the relationship between cecal microbiota and intestinal mucin composition. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, 11. https://doi.org/10.1186/s40104-019-0413-y

Borrelli, L., Coretti, L., Dipineto, L., Bovera, F., Menna, F., Chiariotti, L., … Fioretti, A. (2017). Insect-based diet, a promising nutritional source, modulates gut microbiota composition and SCFAs production in laying hens. *Scientific Reports*, 7, 16269. https://doi.org/10.1038/s41598-017-16560-6

Broekman, H. C., Knulst, A. C., de Jong, G., Gaspari, M., den Hartog Jager, C. F., Houben, G. F., & Verhoeckx, K. C. M. (2017). Is mealworm or shrimp allergy indicative for food allergy to insects? *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(9), 1601061. https://doi.org/10.1002/mnfr.201601061

Bruno, D., Bonelli, M., De Filippis, F., Di Lelio, I., Tettamanti, G., Casartelli, M., … Caccia, S. (2019). The intestinal microbiota of *Hermetia illucens* larvae is affected by diet and shows a diverse composition in the different midgut regions. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(2), e01864-18. https://doi.org/10.1128/AEM.01864-18

Camenzuli, L., Van Dam, R., de Rijk, T., Andriessen, R., Van Schelt, J., & Van der Fels-Klerx, H. J. (2018). Tolerance and excretion of the mycotoxins aflatoxin B1, zearalenone, deoxynivalenol, and ochratoxin A by *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens* from contaminated substrates. *Toxins*, 10(2), 91. https://doi.org/10.3390/toxins10020091

Charlton, A. J., Dickinson, M., Wakefield, M. E., Fitches, E., Kenis, M., Han, R., … Smith, R. (2015). Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 7–16. https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0020

Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Miotti-Scapin, R., Claeys, E., De Smet, S., & Dalle Zotte, A. (2016). Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*, 10(12), 1923–1930. https://doi.org/10.1017/S1751731116001270

De Smet, J., Wynants, E., Cos, P., & Van Campenhout, L. (2018). Microbial community dynamics during rearing of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and impact on exploitation potential. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(9), e02722-17. https://doi.org/10.1128/AEM.02722-17

Diener, S., Studt Solano, N. M., Roa Gutiérrez, F., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2(4), 357–363. https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1

EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA). (2021). Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(1), e06343. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343

European Commission. (2021). Commission Regulation (EU) 2021/1372 of 17 August 2021 amending Annex IV to Regulation (EC) No 999/2001 as regards the prohibition to feed non-ruminant farmed animals, other than fur animals, with protein derived from animals. *Official Journal of the European Union*. http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1372/oj

Halloran, A., Hanboonsong, Y., Roos, N., & Bruun, S. (2017). Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 156, 83–94. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.017

Henry, L. M., Maiden, M. C. J., Ferrari, J., & Godfray, H. C. J. (2015). Insect life history and the evolution of bacterial mutualism. *Ecology Letters*, 18(6), 516–525. https://doi.org/10.1111/ele.12425

Ipema, A. F., Bokkers, E. A. M., Gerrits, W. J. J., Kemp, B., & Bolhuis, J. E. (2020). Provisioning of live black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) benefits broiler activity and leg health in a frequency- and dose-dependent manner. *Applied Animal Behaviour Science*, 230, 105082. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.105082

Kroeckel, S., Harjes, A.-G. E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., & Schulz, C. (2012). When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute — Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 364–365, 345–352. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.041

Lalander, C., Diener, S., Zurbrügg, C., & Vinnerås, B. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production*, 208, 211–219. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017

Lindberg, L., Vinnerås, B., & Lalander, C. (2021). Process efficiency in relation to enzyme pre-treatment duration in black soldier fly larvae composting. *Waste Management*, 137, 121–127. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.10.033

Lock, E. R., Arsiwalla, T., & Waagbø, R. (2016). Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of *Atlantic salmon* (Salmo salar) postsmolt. *Aquaculture Nutrition*, 22(6), 1202–1213. https://doi.org/10.1111/anu.12343

Lu, S., Taethaisong, N., Meethip, W., Surakhunthod, J., Sinpru, B., Sroichak, T., … Paengkoum, P. (2022). Nutritional composition of black soldier fly larvae (Hermetia illucens L.) and its potential uses as alternative protein sources in animal diets: A review. *Insects*, 13(9), 831. https://doi.org/10.3390/insects13090831

Mancini, S., Sogari, G., Diaz, S. E., Menozzi, D., Paci, G., & Moruzzo, R. (2022). Exploring the future of edible insects in Europe. *Foods*, 11(3), 455. https://doi.org/10.3390/foods11030455

Marono, S., Piccolo, G., Loponte, R., Di Meo, C., Attia, Y. A., Nizza, A., & Bovera, F. (2015). In vitro crude protein digestibility of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* insect meals and its correlation with chemical composition traits. *Italian Journal of Animal Science*, 14(3), 3889. https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3889

Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M., & Gasco, L. (2018). Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5776–5784. https://doi.org/10.1002/jsfa.9127

Moutinho, S., Monroig, Ó., Peres, H., Villena-Rodríguez, A., Magalhães, R., Pulido-Rodríguez, L., … Oliva-Teles, A. (2025). Effects of black soldier fly larvae oil on lipid metabolism, liver fatty acid composition, and plasma metabolite profiles in gilthead seabream juveniles. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 277, 111069. https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2024.111069

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Payne, C. L. R., Scarborough, P., Rayner, M., & Nonaka, K. (2016). Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70(3), 285–291. https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.149

Purkayastha, D., & Sarkar, S. (2022). Black soldier fly larvae for treatment and segregation of commingled municipal solid waste at different environmental conditions. *Journal of Environmental Management*, 302, 114060. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114060

Purschke, B., Scheibelberger, R., Axmann, S., Adler, A., & Jäger, H. (2017). Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on the growth performance and composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for use in the feed and food value chain. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(8), 1410–1420. https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1299946

Renna, M., Schiavone, A., Gai, F., Dabbou, S., Lussiana, C., Malfatto, V., … Gasco, L. (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, 57. https://doi.org/10.1186/s40104-017-0191-3

Salomone, R., Saija, G., Mondello, G., Giannetto, A., Fasulo, S., & Savastano, D. (2017). Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of life cycle assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production*, 140, 890–905. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.154

Setti, L., Francia, E., Pulvirenti, A., Gigliano, S., Zaccardelli, M., Pane, C., … Ronga, D. (2019). Use of black soldier fly (Hermetia illucens (L.), Diptera: Stratiomyidae) larvae processing residue in peat-based growing media. *Waste Management*, 95, 278–288. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.017

Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 39(4), 695–698. https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695

Smetana, S., Palanisamy, M., Mathys, A., & Heinz, V. (2016). Sustainability of insect use for feed and food: Life cycle assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*, 137, 741–751. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.148

Smetana, S., Schmitt, E., & Mathys, A. (2019). Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 144, 285–296. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.042

Sogari, G., Riccioli, F., Moruzzo, R., Menozzi, D., Tzompa, A., Li, J., … Mancini, S. (2022). Engaging in entomophagy: The role of food neophobia and disgust between insect and non-insect eaters. *Food Quality and Preference*, 104, 104764. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104764

Somroo, A. A., ur Rehman, K., Zheng, L., Cai, M., Xiao, X., Hu, S., … Zhang, J. (2019). Influence of Lactobacillus buchneri on soybean curd residue co-conversion by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for food and feedstock production. Waste Management, 86, 114–122. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.022

Spranghers, T., Michiels, J., Vrancx, J., Ovyn, A., Eeckhout, M., De Clercq, P., & De Smet, S. (2018). Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (Hermetia illucens L.) prepupae for weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 235, 33–42. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.012

Tan, H. S. G., Tibboel, C. J., & Stieger, M. (2017). Why do unusual novel foods like insects lack sensory appeal? Investigating the underlying sensory perceptions. *Food Quality and Preference*, 60, 48–58. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.03.012

Teixeira, A. B. S., Rangel, D. A., & Cadena, R. S. (2025). Neofobia alimentar e fobia entomofágica: Um estudo sobre a inserção de insetos na alimentação do brasileiro. *Desafios – Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, 12(4), 1–19. https://doi.org/10.20873/2025_jul_20618

Valdés, F., Villanueva, V., Durán, E., Campos, F., Avendaño, C., Sánchez, M., … Valenzuela, C. (2022). Insects as feed for companion and exotic pets: A current trend. *Animals*, 12(11), 1450. https://doi.org/10.3390/ani12111450

Van Huis, A. (2020). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: A review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(1), 27–44. https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0017

Verbeke, W. (2015). Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. *Food Quality and Preference*, 39, 147–155. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.07.008

Verbeke, W., Spranghers, T., De Clercq, P., De Smet, S., Sas, B., & Eeckhout, M. (2015). Insects in animal feed: Acceptance and its determinants among farmers, agriculture sector stakeholders and citizens. *Animal Feed Science and Technology*, 204, 72–87. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.04.001

Wang, Y.-S., & Shelomi, M. (2017). Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. Foods, 6(10), 91. https://doi.org/10.3390/foods6100091

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., … Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4