DESEMPENHO DE LARVAS DE MOSCA-SOLDADO-NEGRA (*Hemetia illucens*) COM RESIDUOS DA POLPA DE GRAVIOLA

Pedro Pierro Mendonça[1], Matheus de Morais Alves[1], Thiara Azevedo Pancotto[1], Flavia Muniz[1], Manuel Vazquez Vidal Junior[2], José Geraldo de Vargas Junior[3]

[1]Pedro Pierro Mendonça/Instituto Federal do Espírito Santo - *Campus* Alegre, Rodovia BR 482, Distrito de Rive - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil. ppierrom@gmail.com, Matheusdemoraiis@gmail.com, thiarapancotto@gmail.com, flavia.proff@gmail.com,
[2] Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Avenida Alberto Lamego, 2000, no bairro Parque Califórnia, em Campos dos Goytacazes, RJ, com CEP 28013-602, mvidalpx@gmail.com, .
[3]Universidade Federal do Espírito Santo/CCAE, Alto Universitário, s/n, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, jose.vargas@ufes.br.

Resumo
A mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) apresenta potencial para bioconversão de resíduos orgânicos em biomassa larval e frass. Este estudo piloto avaliou o desempenho de larvas alimentadas com resíduos da polpa de graviola ou ração base 14%PB. O ensaio foi conduzido por 15 dias, em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos, cinco repetições, 20 larvas e aproximadamente 100 g de substrato por unidade experimental, fornecido uma única vez. Foram avaliados biomassa larval, peso individual, redução de substrato, pré-pupação, pupação, fuga/mortalidade e eclosão. A biomassa final, o ganho de biomassa, o peso individual final, a pupação e a eclosão não diferiram entre os tratamentos (p>0,05). A redução do substrato foi maior na polpa de graviola (75,53 ± 1,81%) do que na ração base 14%PB (72,66 ± 1,16%; p=0,021). Nas condições avaliadas, a polpa de graviola sustentou o desenvolvimento larval e apresentou maior redução da massa do substrato, indicando potencial para valorização desse resíduo agroindustrial por *H. illucens*.
Palavras-chave: Black Soldier Fly. resíduo agroindustrial. bioconversão. frutas. economia circular.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias – Zootecnia.

Introdução

A mosca-soldado-negra, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), tem sido estudada como agente de bioconversão de resíduos orgânicos, pois suas larvas podem transformar materiais biodegradáveis em biomassa de interesse zootécnico e em frass com potencial agronômico. Essa característica favorece sua inserção em estratégias de valorização de resíduos e economia circular (Gold et al., 2021; Lopes et al., 2022; Liu et al., 2022).

O desempenho larval, entretanto, depende da qualidade nutricional e das características físicas do substrato, incluindo a disponibilidade de água. Alterações de umidade podem modificar consumo, crescimento e metabolismo de *H. illucens*, tornando necessária a avaliação experimental de cada resíduo proposto como alimento (Bekker et al., 2021; Deruytter et al., 2024). A plasticidade de uso de substratos é vantajosa, mas não implica desempenho uniforme entre diferentes resíduos (Tambeayuk et al., 2023).

No Espírito Santo, estudos vinculados ao Ifes – Campus de Alegre também têm explorado o uso da mosca-soldado-negra em sistemas produtivos, incluindo a caracterização de farinhas e sua aplicação na alimentação de peixes (Souza, 2024). Nesse contexto, resíduos de frutas podem representar uma fonte local de matéria orgânica para criação larval, desde que seu desempenho seja comparado a um substrato de referência.

Assim, objetivou-se avaliar o desempenho zootécnico de larvas de *H. illucens* alimentadas com polpa de graviola triturada, em comparação com ração base 14%, considerando crescimento larval, redução do substrato, pupação, fuga/mortalidade e eclosão durante 15 dias.

Além do aproveitamento de resíduos, o interesse por *H. illucens* decorre da possibilidade de integrar diferentes etapas de uma cadeia circular: o substrato orgânico é reduzido durante o desenvolvimento larval, parte dos nutrientes é incorporada à biomassa dos insetos e o material residual pode originar

frass com interesse agronômico. Revisões sobre o tema destacam, contudo, que a eficiência desse processo depende da natureza do resíduo e das condições de criação, de modo que resultados obtidos com um substrato não devem ser automaticamente extrapolados para outros materiais (Gold et al., 2021; Lopes et al., 2022; Liu et al., 2022). Assim, a avaliação experimental de resíduos agroindustriais específicos é necessária para identificar materiais capazes de sustentar o desenvolvimento larval e, simultaneamente, apresentar potencial para redução de massa durante o processo de bioconversão.

A resposta das larvas também é condicionada pelo manejo experimental. A concentração de nutrientes e a densidade larval podem modificar crescimento, desenvolvimento e composição corporal (Barragan-Fonseca; Dicke; Van Loon, 2018), enquanto a disponibilidade de água exerce efeito importante sobre características do ciclo de vida (Cammack; Tomberlin, 2017). Além disso, estudos de padronização demonstram variabilidade entre experimentos de alimentação de BSF mesmo quando são empregados procedimentos controlados, reforçando a importância de descrever detalhadamente idade ou condição das larvas, quantidade de substrato, densidade, período de criação e critérios de avaliação (Deruytter et al., 2024)..

Metodologia

O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e cinco repetições por tratamento. Os substratos foram S1 – polpa de graviola (resíduos do processo de despolpagem da graviola para produção de suco) e S2 - ração base com 14% de proteína bruta. Cada unidade experimental recebeu 20 larvas de *H. illucens* e aproximadamente 100 g de substrato, fornecido uma única vez no início do ensaio, sem reposição durante os 15 dias. A organização em unidades experimentais independentes e a descrição explícita de tratamentos e repetições seguem a abordagem de delineamento empregada em trabalho de BSF por, Souza, 2024.

Durante o período experimental, o ambiente de criação apresentou temperatura média de 26 °C e umidade relativa média de 68%. Ao início e ao final foram registrados a biomassa total das larvas e a massa do substrato. Também foram contabilizados o número final de larvas, pré-pupas, pupas, indivíduos eclodidos e a mortalidade. O peso médio individual final foi calculado pela razão entre a biomassa larval final e o número de larvas remanescentes em cada unidade experimental.

A partir dos dados coletados durante o período experimental foram calculados: ganho de biomassa total = biomassa final − biomassa inicial; redução do substrato (%) = [(massa inicial do substrato − massa final do substrato)/massa inicial do substrato] × 100; e taxa de pupação (%) = (número de pupas/20) × 100. Os resultados foram expressos como média ± desvio-padrão (n=5). Para as variáveis comparadas entre os dois tratamentos, utilizou-se o teste t de Welch, adotando-se nível de significância de 5% ($p<0,05$).

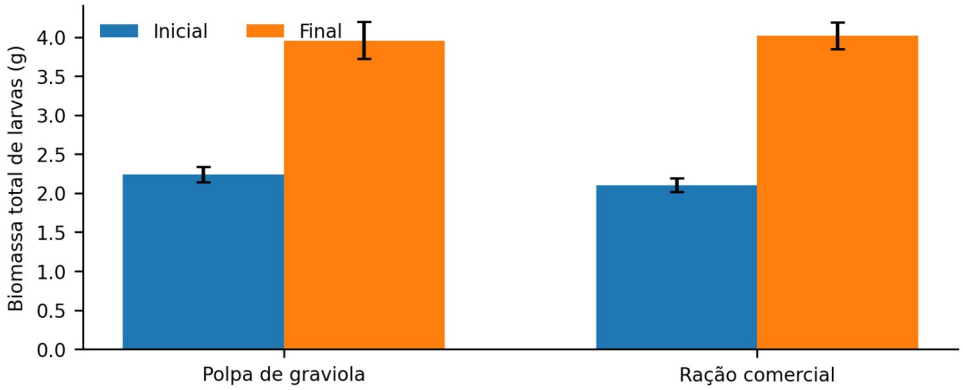
A unidade experimental foi considerada a repetição para fins de análise, evitando tratar larvas individuais de uma mesma unidade como repetições independentes. Para cada variável, os valores obtidos nas cinco repetições foram resumidos por média e desvio-padrão. As comparações entre os dois tratamentos foram realizadas pelo teste t de Welch, procedimento que não pressupõe igualdade entre as variâncias dos grupos. Adotou-se nível de significância de 5% ($p<0,05$). Os valores de p foram apresentados de forma exata nas comparações realizadas. Por se tratar de um estudo com cinco repetições por tratamento, a interpretação estatística foi associada à magnitude e ao padrão biológico das respostas, evitando considerar ausência de significância como demonstração de equivalência entre os substratos.

A redução de substrato foi utilizada como indicador da diminuição da massa originalmente fornecida durante o período experimental. Como não foram determinadas matéria seca inicial e final, composição bromatológica, consumo efetivo ou perdas decorrentes de processos distintos da ingestão larval, esse indicador foi tratado como redução de massa do substrato e não como medida direta de eficiência de conversão alimentar. Da mesma forma, as observações de ressecamento, formação de frass e compactação foram consideradas características qualitativas do ensaio, sem atribuição de valores não mensurados. Essa distinção foi mantida na interpretação dos resultados para evitar inferências além das variáveis efetivamente registradas.

Resultados

Ambos os substratos permitiram aumento da biomassa larval ao longo do ensaio. A Figura 1 apresenta conjuntamente os valores inicial e final de biomassa total, evitando a repetição desses resultados em tabela.

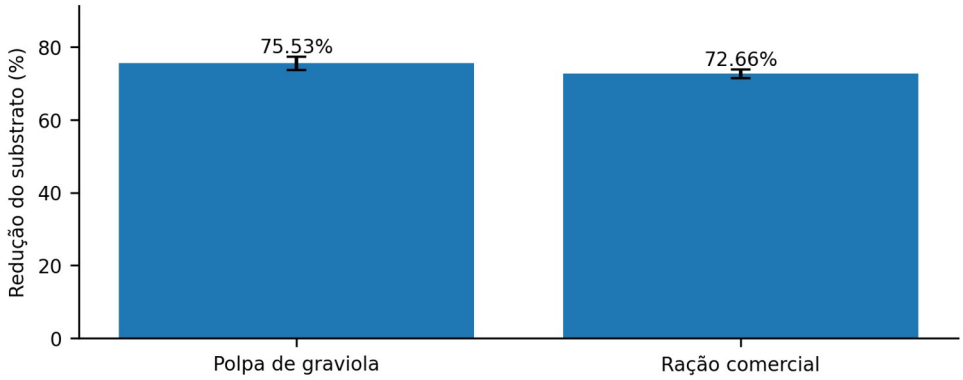
Figura 1 - Biomassa total inicial e final de larvas de *Hermetia illucens* nos dois substratos (média ± desvio-padrão; n=5).



Fonte: dados da pesquisa (2026).

Não houve diferença entre os tratamentos para biomassa final (p=0,659), ganho de biomassa total (p=0,279) ou peso médio individual final (p=0,325). A diferença estatística identificada no ensaio ocorreu na redução do substrato, apresentada na Figura 2.

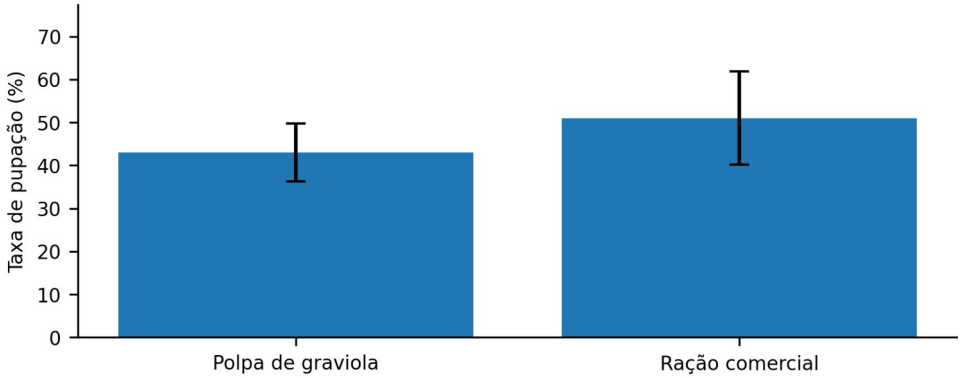
Figura 2 - Redução percentual do substrato após 15 dias de criação de *Hermetia illucens* (média ± desvio-padrão; n=5).



Fonte: dados da pesquisa (2026).

Os desfechos de desenvolvimento também foram semelhantes entre os substratos: número de pupas (p=0,205), taxa de pupação (p=0,205) e eclosão (p=0,646). A taxa de pupação é mostrada na Figura 3; os demais desfechos não são reapresentados em tabela para evitar duplicação de resultados.

Figura 3 - Taxa de pupação de *Hermetia illucens* nos dois substratos (média ± desvio-padrão; n=5).



Fonte: dados da pesquisa (2026).

Discussão

Os resultados demonstraram que a polpa de graviola foi capaz de sustentar o desenvolvimento de *Hermetia illucens* em nível semelhante ao observado com a ração base. A ausência de diferença significativa para peso final das larvas, ganho de biomassa, peso médio individual, pupação e eclosão é particularmente relevante considerando a natureza distinta dos substratos avaliados. Enquanto a ração base constitui um alimento formulado para apresentar composição nutricional relativamente equilibrada, a polpa de graviola representa um resíduo vegetal não formulado especificamente para atender às exigências nutricionais das larvas. Ainda assim, nas condições deste ensaio, essa diferença qualitativa entre os substratos não resultou em respostas significativamente distintas para a maior parte das variáveis zootécnicas.

Uma possível explicação está relacionada à elevada plasticidade alimentar de *H. illucens*. Embora a concentração e o equilíbrio entre proteínas e carboidratos influenciem seu crescimento, diferentes combinações nutricionais podem permitir o desenvolvimento larval. Cammack e Tomberlin (2017), ao avaliarem dietas com diferentes proporções de proteína e carboidrato, demonstraram que tanto a composição nutricional quanto a umidade interferem no desempenho de *H. illucens*, sendo a disponibilidade de água particularmente importante para características do desenvolvimento larval. Barragan-Fonseca, Dicke e Van Loon (2018) também demonstraram que o desempenho das larvas depende da concentração de nutrientes, da quantidade de alimento disponível e da densidade de criação. Esses achados evidenciam que o desempenho de BSF resulta da interação entre diferentes componentes do sistema, e não exclusivamente da composição nutricional isolada do substrato.

No presente estudo, cada unidade experimental recebeu 100 g de substrato para 20 larvas, correspondendo a aproximadamente 5 g de substrato por larva durante os 15 dias experimentais. Assim, embora não tenha sido determinada a composição bromatológica da polpa de graviola, é possível que a quantidade disponibilizada tenha sido suficiente para que eventuais limitações nutricionais desse substrato não se traduzissem em redução detectável do crescimento no período avaliado. Essa interpretação é compatível com Barragan-Fonseca, Dicke e Van Loon (2018), que demonstraram interação entre concentração de nutrientes, disponibilidade alimentar e densidade larval. Portanto, a ausência de diferença estatística não deve ser interpretada como equivalência nutricional entre os substratos, mas como desempenho semelhante nas condições específicas de oferta alimentar utilizadas.

Outro aspecto relevante é a condição física dos substratos durante o experimento. Foi observado ressecamento progressivo tanto da polpa de graviola quanto da ração base, acompanhado de formação de frass e compactação do material. A umidade constitui variável importante na criação de BSF. Bekker et al. (2021) demonstraram que alterações na umidade do substrato modificam o crescimento e o desempenho metabólico das larvas. Cammack e Tomberlin (2017) verificaram efeito expressivo da umidade sobre o desenvolvimento, inclusive com incapacidade de completar o desenvolvimento nas dietas com menor teor de água avaliadas pelos autores. Dessa forma, o ressecamento ocorrido durante o presente ensaio pode ter atuado como fator limitante comum aos dois tratamentos, reduzindo a expressão de diferenças decorrentes da composição original dos substratos.

A microbiota associada aos substratos constitui outra possível fonte de variação. A utilização de resíduos orgânicos por *H. illucens* ocorre em um ambiente biologicamente ativo, no qual microrganismos também participam da transformação da matéria orgânica. Bekker et al. (2021) observaram que a umidade pode alterar a atividade microbiana do substrato e, consequentemente, influenciar indiretamente o desempenho larval. Como a microbiota não foi caracterizada neste estudo, sua participação não pode ser determinada, mas representa uma variável que pode contribuir para respostas distintas ou semelhantes entre substratos de composição diferente. Essa possibilidade reforça a necessidade de interpretar ensaios de bioconversão como sistemas nos quais dieta, propriedades físicas do substrato, microrganismos e larvas interagem ao longo do período de criação.

Também deve ser considerada a duração do experimento. O período de 15 dias permitiu demonstrar crescimento larval e progressão do desenvolvimento, mas diferenças entre dietas podem se manifestar de maneira distinta conforme a fase do ciclo de vida e o protocolo experimental adotado. Deruytter et al. (2024), em estudo voltado à padronização de experimentos de alimentação de BSF, evidenciaram variabilidade entre laboratórios mesmo sob protocolo padronizado e destacaram a importância do controle de fatores relacionados às larvas, ao substrato, à alimentação e às condições de criação. Assim, a ausência de significância estatística no presente ensaio deve ser compreendida como evidência de desempenho semelhante sob as condições testadas, e não como demonstração definitiva de equivalência entre polpa de graviola e ração base.

O número de repetições também deve ser considerado na interpretação dos resultados. Por se tratar de estudo onde foram utilizadas cinco unidades experimentais por tratamento. Esse delineamento permite uma avaliação exploratória, mas diferenças de menor magnitude podem não ser detectadas diante da variabilidade biológica do sistema. Deruytter et al. (2024) demonstraram que parâmetros de crescimento e bioconversão de BSF podem apresentar variabilidade relevante mesmo quando procedimentos experimentais são padronizados. Portanto, valores numericamente distintos entre os tratamentos não devem ser interpretados isoladamente como superioridade de um substrato quando não acompanhados de significância estatística. Estudos posteriores com maior número de repetições poderão aumentar a precisão das estimativas.

Em contraste com a semelhança encontrada nas variáveis de crescimento e desenvolvimento, a redução percentual do substrato foi significativamente maior na polpa de graviola. Esse resultado é particularmente interessante porque indica que desempenho larval e redução da massa do substrato não necessariamente respondem de forma paralela. A maior redução da polpa de graviola pode estar associada às suas características físicas e químicas, à proporção de matéria orgânica degradável e à interação entre consumo larval e atividade microbiana. Entretanto, como não foram determinadas a matéria seca inicial e final, a composição bromatológica ou as perdas metabólicas de cada substrato, não é possível estabelecer qual desses mecanismos foi responsável pela diferença observada. Por essa razão, o resultado deve ser interpretado como maior redução da massa do substrato nas condições experimentais utilizadas, e não diretamente como maior eficiência de conversão alimentar.

Sob a perspectiva aplicada, a associação entre desempenho larval semelhante ao controle e maior redução do substrato reforça o interesse da polpa de graviola como matéria-prima para sistemas de bioconversão. A utilização de resíduos biodegradáveis por *H. illucens* pode integrar a valorização de resíduos à geração de biomassa larval e frass, contribuindo para estratégias de economia circular (Gold et al., 2021; Lopes et al., 2022; Liu et al., 2022). No entanto, Barragan-Fonseca, Dicke e Van Loon (2018) demonstraram que a concentração de nutrientes e a densidade de criação influenciam crescimento, desenvolvimento e composição corporal das larvas, reforçando que a adequação de um substrato não deve ser definida apenas pela capacidade de sustentar crescimento em um ensaio isolado.

Dessa forma, os resultados devem ser considerados evidência preliminar da viabilidade da polpa de graviola para alimentação de *H. illucens* e, principalmente, para a bioconversão desse resíduo. Ensaios futuros deveriam determinar matéria seca, composição bromatológica, pH e umidade dos substratos ao longo do cultivo, além de avaliar consumo em base seca, sobrevivência, índice de redução de resíduos e eficiência de conversão do alimento em biomassa. O controle ou reposição da umidade durante o período experimental também permitiria separar com maior precisão os efeitos nutricionais daqueles decorrentes das propriedades físicas do substrato. Essas informações serão importantes para determinar se a semelhança observada decorre efetivamente da capacidade nutricional da polpa de graviola ou da interação entre disponibilidade de alimento, umidade, microbiota e condições específicas do ensaio.

Conclusão

A polpa de graviola sustentou o desenvolvimento de larvas de *Hermetia illucens* durante 15 dias, sem diferença em relação à ração base 14%PBl para as principais variáveis de crescimento, pupação e eclosão. O tratamento com polpa apresentou maior redução percentual do substrato, evidenciando potencial para valorização desse resíduo agroindustrial por bioconversão..

Referências

BARRAGAN-FONSECA, K. B.; DICKE, M.; VAN LOON, J. J. A. Influence of larval density and dietary nutrient concentration on performance, body protein, and fat contents of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 166, n. 9, p. 761-770, 2018. DOI: 10.1111/eea.12716.

BEKKER, N. S. et al. Impact of substrate moisture content on growth and metabolic performance of black soldier fly larvae. **Waste Management**, v. 127, p. 73-79, 2021. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.04.028.

CAMMACK, J. A.; TOMBERLIN, J. K. The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). **Insects,** v. 8, n. 2, art. 56, 2017. DOI: 10.3390/insects8020056.

DERUYTTER, D. et al. Standardising black soldier fly larvae feeding experiments: an initial protocol and variability estimates. **Jour. of Insec. as Food and Feed**, v. 10, n. 10, p. 1685-1696, 2024. DOI: 10.1163/23524588-20230008.

GOLD, M. et al. Efficient and safe substrates for black soldier fly biowaste treatment along circular economy principles. **Detritus**, v. 16, p. 31-40, 2021. DOI: 10.31025/2611-4135/2021.15116.

LIU, T. et al. Black soldier fly larvae for organic manure recycling and its potential for a circular bioeconomy: a review. **Science of the Total Environment**, v. 833, 155122, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.155122.

LOPES, I. G. et al. Frass derived from black soldier fly larvae treatment of biodegradable wastes: a critical review and future perspectives. **Wast. Manag.**, v. 142, p. 65-76, 2022. DOI: 10.1016/j.wasman.2022.02.007.

SOUZA, E. O. **Farinha de mosca soldado negro** (*Hermetia illucens*), **na nutrição do lambari** (*Astyanax bimaculatus*). 2024. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2024.

TAMBEAYUK, M. A. et al. The performance of black soldier fly larvae (BSFLs), *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae), as a function of the substrate used: a review. **Journ. of Geosc. and Env. Prot.**, v. 11, p. 133-152, 2023. DOI: 10.4236/gep.2023.119009.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES). Os autores agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) pelo apoio institucional e infraestrutura concedidos ao Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais para a execução desta pesquisa.