

UTILIZAÇÃO DAS EXCRETAS DE LARVAS *Hermetia Illucens* COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA O CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE TOMATE

Maria Eduarda Santos e Silva¹
Jaqueline Suave²
Giselle Camargo Mendes³

Resumo: A busca por práticas agrícolas sustentáveis exige alternativas aos fertilizantes sintéticos. Nesse contexto, destaca-se o uso do FRASS, termo que designa as excretas de larvas de insetos, em especial, da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*), como um biofertilizante orgânico promissor. O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial dessas excretas como fertilizante orgânico no cultivo de plantas de *Solanum lycopersicum* (tomate) em diferentes doses. O material foi submetido à análise química em laboratório comercial e incorporado em diferentes proporções ao substrato comercial Carolina Soil. O desempenho agrônômico foi avaliado por meio de análises morfofisiológicas, incluindo altura da planta, diâmetro do caule e índice de clorofila. Os resultados indicaram que o FRASS pode contribuir para o crescimento e desenvolvimento das plantas, com aumento significativo na altura e diâmetro, sendo os valores ainda maiores para a dose de 10,00 g/dm³. O teor de clorofila e o número de frutos sugerem que o biofertilizante contribui para maior atividade fotossintética no início do ciclo, com antecipação da frutificação e senescência. Conclui-se que o fertilizante à base de excretas de *H. illucens* é uma alternativa sustentável e eficiente, capaz de reduzir a dependência de insumos sintéticos e mitigar impactos ambientais da agricultura, promovendo a valorização de resíduos orgânicos. Apesar dos resultados promissores, recomenda-se a realização de novos estudos que explorem diferentes condições edafoclimáticas, formulações e culturas, a fim de padronizar seu uso e ampliar seu potencial de aplicação em sistemas agrícolas diversos, especialmente em contextos tropicais e de baixo custo.

Palavras-Chave: Fertilizante sustentável. *Hermetia illucens*. Agricultura sustentável. Nutrição do solo.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população mundial e a consequente necessidade de produção intensiva de alimentos têm intensificado o uso de fertilizantes sintéticos, contribuindo significativamente para a degradação ambiental, principalmente pela contaminação de solos e recursos hídricos e pela emissão de gases de efeito estufa como o óxido nitroso (CHOI; HASSANZADEH, 2019). Ainda, a produção agrícola moderna, embora eficaz no aumento da produtividade, tem provocado impactos ambientais severos e duradouros, o que evidencia a necessidade urgente de estratégias mais sustentáveis de manejo nutricional do solo (LOMONACO et al.,

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Química do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Lages; maria.s2001@aluno.ifsc.edu.br

² Docente do curso de Engenharia Química do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Lages; coorientadora; jaqueline.suave@ifsc.edu.br

³ Docente do curso de Engenharia Química do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Lages; orientadora; giselle.mendes@ifsc.edu.br

2024). Diante deste cenário, alternativas sustentáveis que englobam eficiência agrônômica e menor impacto ambiental são cada vez mais necessárias. Nos últimos tempos, os avanços na área tecnológica possibilitaram a criação de biofábricas de insetos, que vêm sendo cada vez mais reconhecidas como alternativas viáveis e sustentáveis frente aos métodos convencionais de produção de fertilizantes e insumos agrícolas. Nessas unidades, espécies como o *Tenebrio molitor* e a mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) são empregadas na bioconversão de resíduos orgânicos, originando materiais com alto teor de proteínas, lipídios e outros nutrientes relevantes. Esse modelo de produção já é adotado em larga escala por empresas de destaque internacional, como a Protix (Países Baixos), e as francesas Innovafeed e Ynsect, que operam instalações industriais voltadas ao fornecimento de matéria-prima para ração animal, biofertilizantes e até produtos de uso humano (Zinger, 2024).

Diante disso, destaca-se o uso do FRASS, termo que designa as excretas de larvas de insetos, como um biofertilizante orgânico promissor. Em especial, o FRASS da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) apresenta composição rica em nutrientes essenciais ao crescimento vegetal, como nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes, além de matéria orgânica e compostos bioativos, como a quitina, que estimula respostas fisiológicas de defesa e promove o desenvolvimento saudável das plantas (FREITAS et al., 2023). A presença de quitina confere ao FRASS propriedades antimicrobianas e indutoras de resistência vegetal, tornando-o uma alternativa não apenas nutricional, mas também funcional para o manejo sustentável das culturas (CHOI; HASSANZADEH, 2019).

Estudos apontam que o uso do FRASS melhora a fertilidade do solo, aumenta a retenção de água, estimula o crescimento das plantas e fortalece o sistema imunológico, além de reduzir a necessidade de fertilizantes químicos tradicionais, responsáveis por grande parte da poluição ambiental (FREITAS et al., 2023). Sua aplicação pode ser feita de diferentes formas, como diretamente no solo, incorporado ao composto orgânico ou como cobertura morta, adaptando-se facilmente às mais variadas práticas agrícolas (FREITAS et al., 2023). Ainda que os adubos minerais apresentem ação imediata e alta concentração de nutrientes, a utilização do FRASS ainda se destaca, uma vez que o uso contínuo desses adubos pode ocasionar diversos impactos ambientais, como acidificação do solo, contaminação hídrica, entre outros (CHOI; HASSANZADEH, 2019). Ainda, a fabricação desses adubos exige grande quantidade de energia e depende de recursos não renováveis, o que compromete sua sustentabilidade futura (LOMONACO et al., 2024).

Entre as culturas hortícolas, o tomate (*Solanum lycopersicum*) destaca-se como uma das mais cultivadas e consumidas no mundo, sendo economicamente relevante para o mercado. No Brasil, a produção de tomate está distribuída por diversas regiões, com destaque para os estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Bahia, que juntos concentram grande parte da produção nacional, principalmente voltada ao consumo in natura e à industrialização. De acordo com dados do IBGE (2023), o Brasil produziu mais de 3,7 milhões de toneladas de tomate, ocupando cerca de 50 mil hectares. Em Santa Catarina, embora a produção não seja a maior em volume, ela tem importância regional significativa, com destaque para municípios como Caçador, Lebon Régis e Videira, que se destacam na produção voltada principalmente para o mercado in natura. Contudo, o cultivo de tomate exige elevados níveis de insumos, principalmente fertilizantes nitrogenados, o que torna essa cultura dependente de manejos químicos intensivos. Assim, a avaliação de

biofertilizantes como o FRASS da mosca-soldado-negra torna-se especialmente relevante para promover um cultivo de tomate mais sustentável e menos dependente de fertilizantes sintéticos (LOMONACO et al., 2024).

A utilização do FRASS é considerada uma estratégia conjunta aos princípios da economia circular, uma vez que promove a transformação de resíduos orgânicos, muitas vezes de difícil destinação, em um insumo de alto valor agregado para a agricultura. A bioconversão realizada pelas larvas de *H. illucens* apresenta uma eficiência de degradação de resíduos que varia entre 55% e 80%, sendo superior à de muitos outros insetos utilizados para fins semelhantes (DELAQUA, 2024). Essa prática contribui para a redução do volume de resíduos sólidos urbanos e agroindustriais, ao mesmo tempo em que reforça a viabilidade de uma agricultura de baixo custo. Apesar dos benefícios já identificados, a qualidade do FRASS pode variar significativamente em função da dieta oferecida às larvas e das condições ambientais em que são criadas, o que demanda a padronização dos processos produtivos para garantir a segurança e a eficiência agrônômica do biofertilizante (FREITAS et al., 2023). Além disso, ainda são escassos os estudos que avaliem de maneira sistemática os efeitos do FRASS sobre diferentes culturas e ambientes agrícolas, sobretudo em condições tropicais e subtropicais, como é o caso do Brasil (DELAQUA, 2024).

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial agrônômico das excretas de larvas da mosca-soldado-negra como alternativa sustentável ao adubo comercial tradicional, por meio da análise do desenvolvimento de plantas de tomate, cultivar Santa Clara, cultivadas em substratos com diferentes concentrações desse biofertilizante.

2 METODOLOGIA

2.1 Produção do FRASS

A criação e manutenção das larvas de mosca soldado negra foram realizadas em gaiolas com dimensões de 50 cm de comprimento, 100 cm de altura e 50 cm de largura, totalizando um volume aproximado de 250 litros. As gaiolas foram alocadas em estufa, sob fotoperíodo artificial de 12 horas, com temperatura controlada entre 20 e 30 °C (± 5 °C) e umidade relativa do ar de 65% (± 5 %). A criação fica situada no município de Lages, Santa Catarina, no IFSC Lages.

O processo de oviposição das fêmeas foi estimulado por cascas de banana frescas, dispostas ao lado de coletores de madeira com dimensões de 33 cm x 4 cm x 1 cm, sobrepostos em quatro camadas. Os coletores eram retirados diariamente e transferidos para bandejas contendo substrato à base de cascas de frutas e ração de frango com 15% de proteína bruta, para a eclosão dos ovos. Após a eclosão, os neonatos permaneceram alimentando-se nessa dieta até completarem cinco dias de vida, sendo posteriormente transferidos para a bioconversão de resíduos agroindustriais.

O resíduo utilizado foi o lodo proveniente da estação de tratamento de água da empresa Vosso do Brasil, situada no município de Lages, Santa Catarina. Esse resíduo foi coletado e acondicionado em bandejas plásticas com capacidade para 40 kg, sendo imediatamente transportado para o IFSC Lages. Para cada quilograma de resíduo, foram adicionadas 2000 larvas com cinco dias de vida. Ainda, com o objetivo de reduzir a umidade da dieta, foi adicionado farelo de trigo semanalmente, na proporção máxima de 1% do peso do resíduo. Após um período de 21 dias, as

larvas atingiram a fase de pré-pupa e o resíduo foi transformado em adubo (FRASS), que foi separado manualmente por peneiras e posteriormente destinado para utilização nos experimentos (ZINGER, 2024; no prelo).

2.2 Análise físico-química do FRASS

As análises físico-químicas do FRASS foram conduzidas em laboratório credenciado, Labfertil Lages – Laboratório de Análises de Solos, Fertilizantes, Plantas e Corretivos, localizado em Lages, Santa Catarina. Os Parâmetros analisados em laboratório foram: pH, teor de umidade, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N), relação C/N, fósforo total (P_2O_5), potássio solúvel (K_2O), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e capacidade de troca de cátions (CTC). O teor de umidade foi determinado por secagem $65\text{ }^\circ\text{C}$. O nitrogênio total foi avaliado por digestão sulfúrica (método Kjeldahl), o fósforo total por espectrofotometria com ácido molibdovanadofosfórico, e o potássio solúvel por extração em água com leitura por fotometria de chama. O carbono orgânico total foi obtido por combustão úmida (Walkley-Black), e o pH foi medido em solução de $CaCl_2$ $0,01\text{ mol/L}$ na proporção 1:5. A capacidade de troca catiônica foi determinada por extração com solução padrão e leitura em espectrofotômetro. As relações C/N e CTC/C foram calculadas a partir dos dados obtidos. Micronutrientes foram quantificados por espectrometria após digestão ácida.

2.3 Tratamentos do cultivo de tomate

Os experimentos com utilização do FRASS foram conduzidos na casa de vegetação do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), campus Lages, localizado no município de Lages, Santa Catarina, com as coordenadas geográficas $27^\circ 48' 57''$ S de latitude e $50^\circ 19' 33''$ O de longitude e 916 m de altitude.

O clima da região é classificado como temperado oceânico, do tipo Cfb, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger. A temperatura média anual é de aproximadamente $16\text{ }^\circ\text{C}$, podendo atingir máximas em torno de $24\text{ }^\circ\text{C}$ nos meses mais quentes e mínimas próximas de $7\text{ }^\circ\text{C}$ nos meses mais frios. A precipitação média anual varia entre 1400 e 1600 mm , com umidade relativa do ar média em torno de 80% . O experimento foi conduzido utilizando sementes de *Solanum lycopersicum*, cultivar Santa Clara, semeadas em vasos com capacidade de 3 litros, sob três diferentes tratamentos, conforme descrito na Tabela 1. Os tratamentos consistiram em: T1 – substrato comercial Carolina Soil (controle); T2 – substrato comercial Carolina Soil enriquecido com $5,00\text{ g/dm}^3$ FRASS; e T3 – substrato comercial Carolina Soil enriquecido com $10,00\text{ g/dm}^3$ FRASS. Cada tratamento foi composto por seis plantas, totalizando dezoito unidades experimentais.

Tabela 1 - Tratamentos aplicados na planta de tomate

Tratamentos	Quantidade de plantas <i>Solanum lycopersicum</i>	Quantidade de substratos (Carolina Soil)	Enriquecido com FRASS
T1 (controle)	6	3 L	0 g/dm^3
T2	6	3 L	$5,00\text{ g/dm}^3$
T3	6	3 L	$10,00\text{ g/dm}^3$

Fonte: as autoras (2025)

2.4 Análises morfofisiológicas das plantas de tomate

A partir de 15 dias após o transplante (DAT), as plantas foram avaliadas semanalmente de acordo com as variáveis: i) altura (cm), utilizando trena medida do solo até a extremidade apical; ii) diâmetro do caule (mm), usando um paquímetro manual universal analógico (DIGIMESS-100-001A); iii) teor de clorofila *a* e *b*, utilizando o medidor portátil de clorofila (Clorofilog - FALKER) em folhas expandidas; iv) número de frutos, realizado por meio de contabilização manual dos frutos formados em cada planta.

As variáveis altura da planta, diâmetro do caule e teores de clorofila *a* e *b* foram avaliadas nos períodos de 31, 51 e 65 dias após o transplante (DAT). As comparações foram feitas entre o substrato comercial (controle) e os tratamentos com adição de 5,00 g/dm³ e 10,00 g/dm³ de FRASS. Cada dose foi comparada individualmente ao controle em cada tempo de avaliação, permitindo observar a evolução do efeito dos tratamentos ao longo do desenvolvimento da cultura.

2.5 Análise estatística

As análises estatísticas dos dados obtidos neste experimento foram realizadas por meio do software SAS Viya, desenvolvido pela SAS Institute Inc. (2024). Trata-se de uma plataforma amplamente utilizada em pesquisas científicas por oferecer ferramentas precisas para o tratamento de dados e aplicação de modelos estatísticos com alto grau de precisão.

A fim de avaliar o efeito da adição de excretas de larvas de *Hermetia illucens* sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas de tomate, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Essa técnica permite identificar se há diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos tratamentos, considerando a variabilidade interna e entre os grupos experimentais. Quando a ANOVA indicou significância estatística ao nível de 5% ($p < 0,05$), aplicou-se o teste de Tukey para a comparação das médias. Esse teste é apropriado para identificar quais tratamentos diferem entre si de forma estatisticamente segura, sem inflar o risco de erro experimental. As médias que apresentaram diferenças significativas foram indicadas por asteriscos nos gráficos. É importante salientar que para fins didáticos e estatísticos foram escolhidos as análises feitas nos 31, 51 e 65 DAT para as análises estatísticas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises físico-químicas do FRASS

Os resultados físico-químicos do FRASS de larvas de *Hermetia illucens* indicam um alto potencial como insumo agrícola sustentável, especialmente como fonte de nutrientes para plantas (Tabela 2). O teor de carbono orgânico total (COT) encontrado (26,12%) demonstra uma ótima capacidade de contribuir com a melhoria das características físicas do solo, como aeração e retenção de água. Além disso, o alto teor de carbono serve como fonte de energia para os microrganismos do solo, estimulando a atividade biológica e promovendo a ciclagem de nutrientes. Segundo Lehmann e Kleber (2015), a matéria orgânica do solo, rica em carbono, tem um papel de extrema importância na manutenção da porosidade, na retenção da umidade, favorecendo assim a fertilidade a longo prazo.

A capacidade de troca catiônica (CTC) do FRASS foi de 407,50 mmol/kg, um valor expressivo que evidencia a habilidade do material em reter e disponibilizar gradualmente nutrientes essenciais, como cálcio, magnésio e potássio (Tabela 2). Estudos como o de Beesigamukama *et al.* (2020), utilizando FRASS de *H. illucens*, também relatam CTC elevada, reforçando a viabilidade do resíduo como fertilizante. A relação CTC/C, de 15,60, reforça essa ideia, indicando que o FRASS possui boa estabilidade e eficiência na retenção de nutrientes, características desejáveis em um insumo agrícola. A relação C/N, de 10,61, também é compatível com a literatura. Segundo Dias *et al.* (2019), materiais orgânicos com relação C/N entre 10 e 20 promovem adequada mineralização do nitrogênio, garantindo sua liberação para as plantas sem causar imobilização pelos microrganismos. Esse equilíbrio é fundamental para a eficiência do FRASS como adubo, permitindo que o nitrogênio seja rapidamente assimilado pelas plantas, especialmente nas fases iniciais de desenvolvimento.

O valor de pH do FRASS (6,77), próximo à neutralidade, é uma vantagem adicional (Tabela 2). Muitos solos agrícolas apresentam acidez elevada, o que pode limitar a disponibilidade de nutrientes. Assim, um insumo com pH neutro pode ser aplicado diretamente, sem a necessidade de calagem, conforme evidenciado por Lopes *et al.* (2022), que ressaltam os benefícios de resíduos orgânicos com pH próximo da neutralidade em solos tropicais.

Em relação aos macronutrientes, o FRASS apresentou teores consideráveis de nitrogênio (2,24%) e fósforo (2,46%), enquanto o teor de potássio (0,99%), embora menor, ainda representa uma contribuição relevante. Esses resultados são similares aos obtidos por Agustiyani *et al.* (2023), que analisaram o FRASS de *Tenebrio molitor* e encontraram valores de N e P próximos, embora com menor concentração de K. Comparando-se com fertilizantes orgânicos tradicionais, o FRASS se mostra competitivo, podendo complementar ou substituir parcialmente fontes convencionais desses nutrientes.

Por fim, o baixo teor de umidade (8,68%) é uma característica vantajosa, especialmente para fins logísticos. Produtos com baixa umidade têm menor risco de fermentação e melhor estabilidade durante o armazenamento. Conforme apontado por Salomone *et al.* (2020), resíduos orgânicos com umidade abaixo de 10% são mais facilmente transportados e armazenados sem perda significativa de qualidade.

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos e macronutrientes

Umidade 65°	N (1)	P ₂ O ₅ (3)	K ₂ O (2)	COT (5)	Si (1) %	pH (4)	Relação C/N (5)	CTC (5) mmol/kg	Relação CTC/C
.....%									
8,68	2,24	2,46	0,99	26,12	13,30	6,77	10,61	407,50	15,60

(1) Teor total.

(2) Teor solúvel em água.

(3) Teor total, determinado pelo método espectrofotométrico do ácido molibdovanadofosfórico.

(4) pH cm CaCl₂ 0,01 M (1:5).

(5) COT (carbono orgânico total), relação C/N, CTC, relação CTC/C, Ni e Si, resultados expressos em base seca.

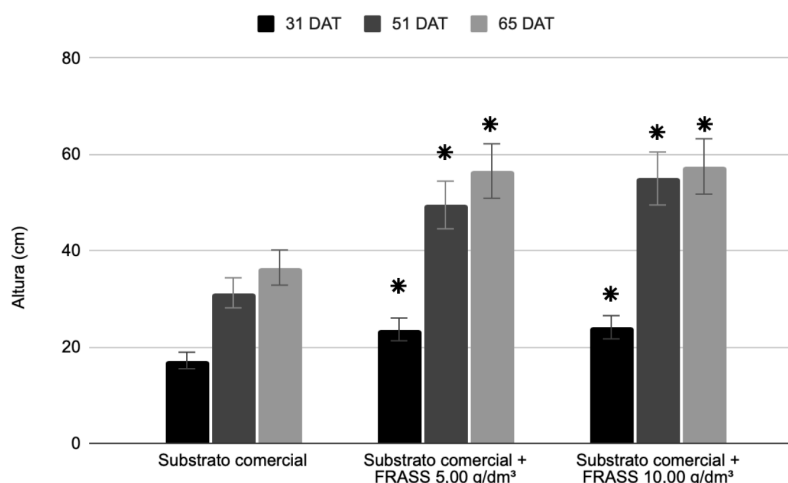
Fonte: as autoras (2025)

3.2 Crescimento das plantas de tomate

As análises morfofisiológicas foram conduzidas separadamente em três momentos distintos ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas, sendo eles: 31, 51 e 65 dias após o transplante (DAT).

Aos 31 DAT, as plantas tratadas com 10,00 g/dm³ de FRASS apresentaram altura média de 24,10 cm, seguidas pelas do tratamento com 5,00 g/dm³, que apresentaram 23,65 cm, enquanto o controle atingiu apenas 17,2 cm. Esse padrão de superioridade se intensificou ao longo do tempo: aos 51 DAT, as médias foram de 55,00 cm as tratadas com 10,00 g/dm³ de FRASS, 49,55 cm as tratadas com 5 g/dm³ e 31,25 cm as sem adição nenhuma de FRASS. Por fim, aos 65 DAT, respectivamente, as plantas tratadas com 10,00 g/dm³, 5,00 g/dm³ e 0g/dm³ de FRASS atingiram, 57,50 cm, 56,55 cm e 36,55 cm. Esses resultados demonstram que a adição do FRASS promoveu um crescimento mais expressivo, consistente e sustentado ao longo do ciclo da cultura, refletindo seu potencial como insumo agrícola promissor (Figura 1).

Figura 1 - Altura média das plantas de tomate cultivadas na presença do substrato comercial Carolina Soil e suplementados com 5,00 e 10,00 g/dm³ de adição de FRASS nos diferentes dias após o transplante (DAT)



* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey dentro do tempo analisado.

Fonte: as autoras (2025)

A altura das plantas de tomate foi significativamente influenciada pela adição de FRASS de *Hermetia illucens* ao substrato, conforme evidenciado nos dados obtidos aos 31, 51 e 65 dias após o transplante (DAT), podendo ser visualizado conforme Figura 1. O tratamento com adição de 10,00 g/dm³ de FRASS apresentou os maiores valores médios de altura em todas as avaliações, seguido pela dose de 5,00 g/dm³. Ambos tratamentos superaram de forma expressiva o substrato comercial utilizado como controle, composto exclusivamente por Carolina Soil.

A eficácia do FRASS pode ser atribuída à sua composição rica em nutrientes essenciais, especialmente nitrogênio, cujo valor total foi de 2,24% e fósforo, cujo seu valor total foi de 2,46%, elementos fundamentais para a divisão celular, alongamento do caule, desenvolvimento foliar e formação de estruturas reprodutivas (Tabela 2) Adicionalmente, a presença de carbono orgânico total com valor de 26,12% favorece

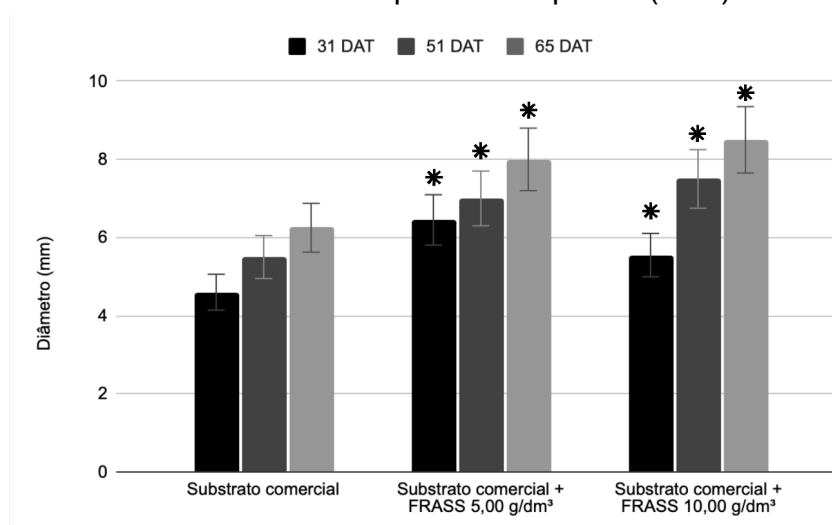
a mineralização equilibrada da matéria orgânica, garantindo a liberação gradual dos nutrientes às plantas e evitando tanto a imobilização quanto perdas por lixiviação.

Esses achados corroboram os resultados de Beesigamukama *et al.* (2020), que ao investigarem o uso de FRASS de *H. illucens* no cultivo de milho, observaram ganhos expressivos no crescimento vegetal, sobretudo em tratamentos com doses moderadas. De acordo com os autores, além de fornecer nutrientes, o FRASS atua melhorando a estrutura física do solo, aumentando a porosidade e estimulando a atividade microbiana benéfica, o que favorece a absorção de nutrientes pelas raízes e promove um ambiente mais propício ao desenvolvimento vegetal.

Da mesma forma, Lopes *et al.* (2022) observaram que o uso de FRASS como fertilizante orgânico em culturas hortícolas promoveu incrementos significativos no crescimento da parte aérea das plantas, associando esse efeito à alta capacidade de troca catiônica (CTC) do material e ao seu teor equilibrado de nutrientes. Os autores destacam que o uso do FRASS pode contribuir com eficiência para sistemas de produção sustentável, substituindo parcialmente fertilizantes minerais e reduzindo impactos ambientais.

Como pode ser visualizado na Figura 2, o diâmetro do caule das plantas de tomate também foi positivamente influenciado pela adição de FRASS ao substrato, conforme a Figura 2, com ganhos progressivos ao longo do tempo nos tratamentos que utilizaram 5,00 e 10,00 g/dm³ de Frass. Aos 31 dias após o transplante (DAT), o tratamento com 5,00 g/dm³ de FRASS apresentou a maior média de diâmetro do caule: 6,45 mm, seguido pelo tratamento com 10,00 g/dm³: 5,55 mm, ambos superiores ao controle, que obteve 4,60 mm. Aos 51 DAT, o tratamento com 10,00 g/dm³ passou a apresentar o melhor desempenho, com 7,50 mm, seguido por 7,00 mm no tratamento com 5,00 g/dm³, enquanto o controle alcançou apenas 5,50 mm. Aos 65 DAT, as diferenças entre os tratamentos permaneceram evidentes: o tratamento com 10,00 g/dm³ atingiu 8,50 mm, o de 5,00 g/dm³ chegou a 8,00 mm e o controle obteve 6,25 mm.

Figura 2 - Diâmetro médio do caule das plantas de tomate cultivadas na presença do substrato comercial Carolina Soil e suplementados com 5,00 e 10,00 g/dm³ de adição de FRASS nos diferentes dias após o transplante (DAT)



* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey dentro do tempo analisado.

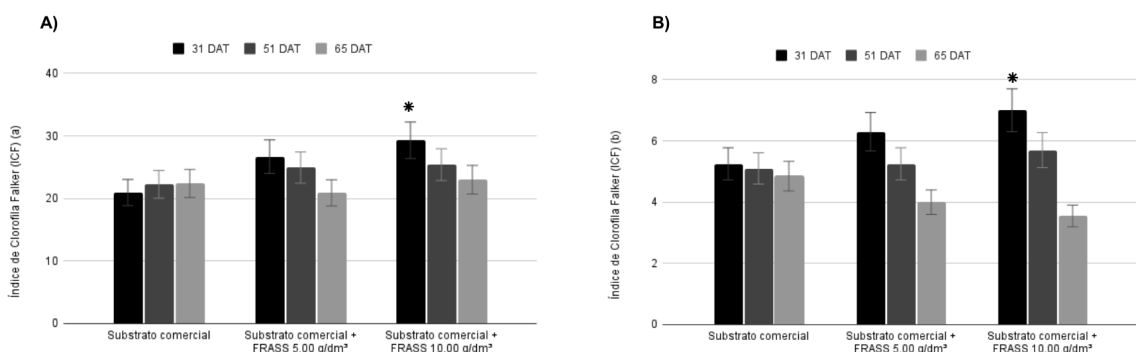
Fonte: as autoras (2025)

Esses dados demonstram que o FRASS não apenas favoreceu o crescimento em altura, mas também promoveu um desenvolvimento mais robusto do caule, o que é essencial para a sustentação da planta e suporte à produção de frutos. O aumento no diâmetro do caule pode ser explicado, em parte, pela presença de macronutrientes no FRASS, especialmente o nitrogênio, que desempenha papel fundamental na formação de tecidos vegetais e no crescimento vigoroso das estruturas de suporte. Além disso, o fósforo, presente em boa concentração no biofertilizante com valor de 2,46%, está diretamente ligado à formação de raízes e ao metabolismo energético da planta, fatores que influenciam diretamente no crescimento do caule (Tabela 2). A boa relação C/N (10,61) também favorece a mineralização adequada da matéria orgânica, permitindo uma liberação eficiente de nutrientes ao longo do tempo, sem causar a imobilização do nitrogênio no solo.

Estudos como o de Beesigamukama *et al.* (2020) observaram que o uso de FRASS de *Hermetia illucens* em cultivos de milho promoveu o espessamento dos colmos e maior resistência estrutural das plantas, em função do fornecimento equilibrado de nutrientes e da melhora na saúde do solo. Lopes *et al.* (2022), ao avaliarem o uso de FRASS em culturas hortícolas, também relataram ganhos significativos no vigor das plantas e no desenvolvimento do caule, associando esse resultado à alta capacidade de troca catiônica (CTC) do biofertilizante, que favorece a retenção e disponibilização gradual de cátions essenciais como cálcio, magnésio e potássio. Esses elementos são fundamentais para a integridade estrutural dos tecidos vegetais, e sua presença em quantidades adequadas no FRASS contribui diretamente para o aumento do diâmetro do caule.

Os teores de clorofila *a* e *b* demonstraram ser superiores nos tratamentos com adição de FRASS de *Hermetia illucens* ao substrato aos 31 dias após o transplante (DAT), quando comparados ao controle (Figura 3). O maior valor médio foi observado no tratamento com 10,00 g/dm³ (29,30), seguido pelo tratamento com 5,00 g/dm³ (26,70), enquanto o substrato comercial isolado apresentou apenas 20,95.

Figura 3 - A) Média de clorofila *a*; B) média de clorofila *b*, medidas em índice de clorofila Falker (ICF)



* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey dentro do tempo analisado.

Fonte: as autoras (2025)

Este resultado indica que o FRASS promoveu aumento na atividade fotossintética nas fases iniciais do desenvolvimento das plantas, provavelmente em função da presença de nutrientes essenciais, como o nitrogênio (2,24%) e o fósforo

(2,46%), ambos fundamentais para a síntese de clorofilas e proteínas envolvidas na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2016; LOPES *et al.*, 2022).

Aos 51 DAT, os teores de clorofila *a* mantiveram-se relativamente elevados nos tratamentos com FRASS, atingindo 24,95 e 25,4 nos tratamentos com 5,00 g/dm³ e 10,00 g/dm³, respectivamente, frente a 22,25 do controle. No entanto, aos 65 DAT, os valores médios foram semelhantes entre os tratamentos: 22,40 (controle), 20,90 (5,00 g/dm³) e 23,00 (10,00 g/dm³), demonstrando uma tendência de redução nos teores de clorofila com o avanço do ciclo de desenvolvimento vegetal (Figura 3A).

De forma semelhante, os teores de clorofila *b* também apresentaram maiores valores nas fases iniciais do experimento, com destaque para o tratamento com 10,00 g/dm³ aos 31 DAT (7,00), seguido pelo de 5,00 g/dm³ (6,30), e pelo controle (5,25). Aos 51 DAT, os valores foram de 5,10 (controle), 5,25 (5,00 g/dm³) e 5,70 (10,00 g/dm³). Já aos 65 DAT, houve queda nos valores, com o controle mantendo 4,85, enquanto os tratamentos com 5,00 e 10,00 g/dm³ apresentaram 4,00 e 3,55, respectivamente (Figura 3B).

Essa redução progressiva nos teores de clorofila *a* e *b* nas fases posteriores do experimento pode ser explicada pelo efeito acelerador do FRASS sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Como discutido anteriormente, os tratamentos com FRASS promoveram maior crescimento em altura e diâmetro do caule desde os primeiros dias, o que antecipou o início da frutificação e, conseqüentemente, da senescência fisiológica das folhas. Segundo Taiz e Zeiger (2016) durante esse processo, é comum a degradação dos pigmentos fotossintéticos, como as clorofilas, resultando na diminuição de seus teores.

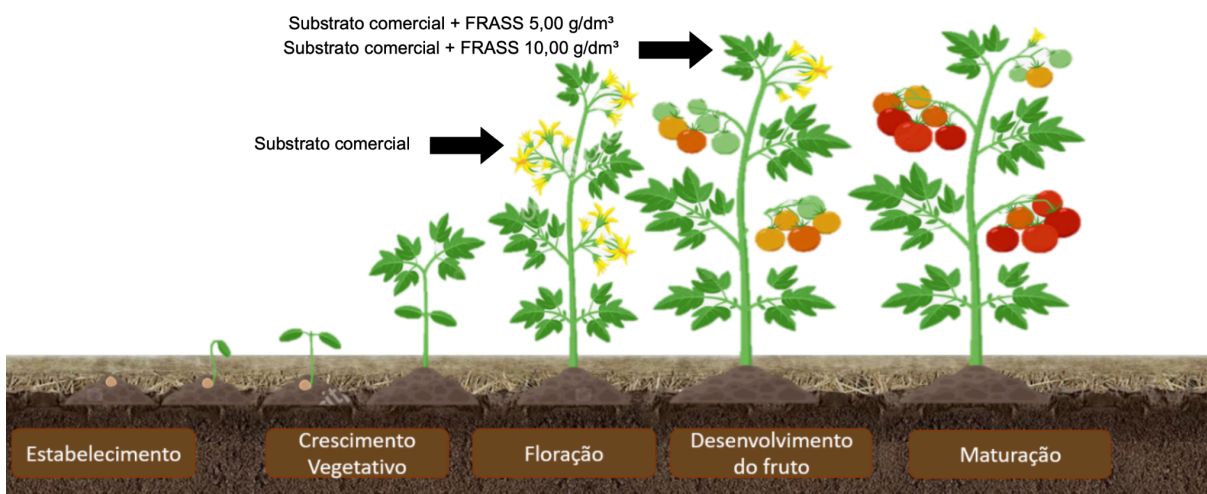
Estudos como os de Beesigamukama *et al.* (2020), ao utilizarem FRASS de *H. illucens* em milho, também observaram aumento inicial nos teores de clorofila, seguido de estabilização ou queda nos estágios posteriores, indicando uma aceleração do ciclo da cultura.

Esse comportamento pode ser explicado pela presença, no FRASS, de macro e micronutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, além de matéria orgânica e compostos bioativos que estimulam a atividade microbiana do solo. A sinergia desses elementos pode ter proporcionado um ambiente mais favorável ao crescimento radicular e à absorção eficiente de nutrientes, refletindo-se em ganhos na parte aérea das plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Beesigamukama *et al.* (2020), que observaram efeitos positivos do FRASS de *H. illucens* no crescimento do milho, atribuindo o aumento da altura ao fornecimento equilibrado de nutrientes e à ativação da microbiota do solo. Estudo de Agustiyani *et al.* (2023) também demonstrou que o uso de FRASS aumentou significativamente o crescimento de plantas de mostarda (*Brassica juncea*), destacando que a presença de quitina e compostos nitrogenados estimulou o crescimento radicular e foliar.

A Figura 4 apresenta o ciclo fenológico das plantas de tomate. Observa-se que as plantas cultivadas em substrato comercial, sem adição de FRASS de *Hermetia illucens*, atingiram o estágio de floração, mas não avançaram até o

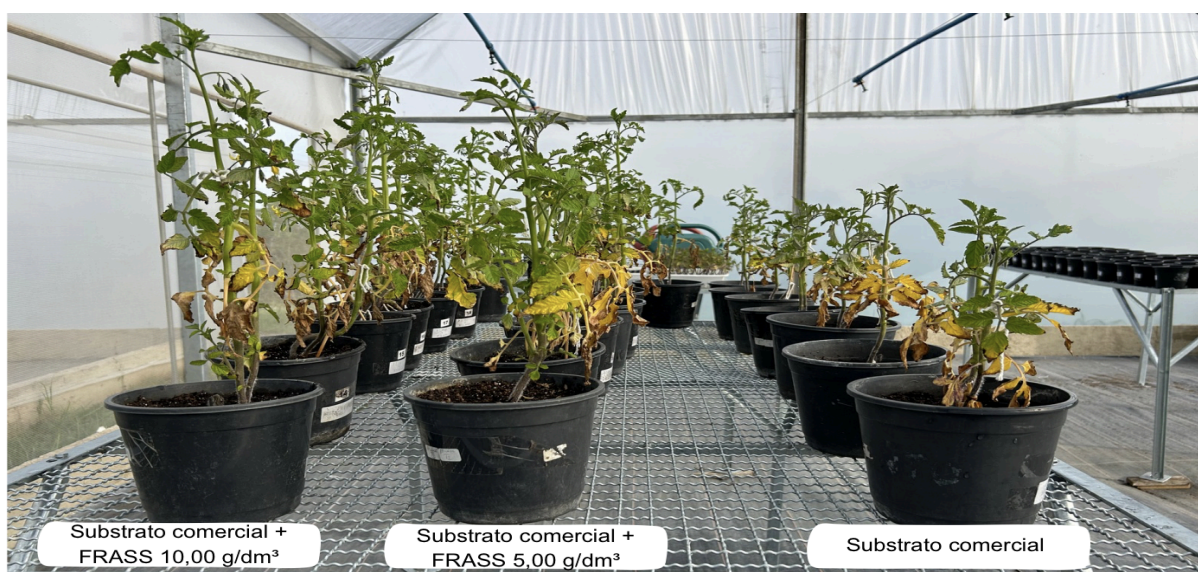
desenvolvimento de frutos. Por outro lado, as plantas submetidas à adição de FRASS, tanto na concentração de 5,00 g/dm³ quanto 10,00 g/dm³, progrediram até o estágio de frutificação (Figura 4 e 5). Esse resultado evidencia o potencial biofertilizante do FRASS, que proporciona um ambiente nutricional mais completo e adequado para o desenvolvimento contínuo da planta. Segundo Beesigamukama *et al.* (2020), os resíduos orgânicos oriundos da digestão das larvas da mosca soldado negra são ricos em nutrientes essenciais e compostos bioativos que promovem o crescimento vegetal e estimulam o metabolismo fisiológico das plantas.

Figura 4 - Estágio fenológico das plantas de tomate na presença do substrato comercial Carolina Soil e suplementados com 5,00 e 10,00 g/dm³ de FRASS



Fonte: adaptado de IZagro (2025)

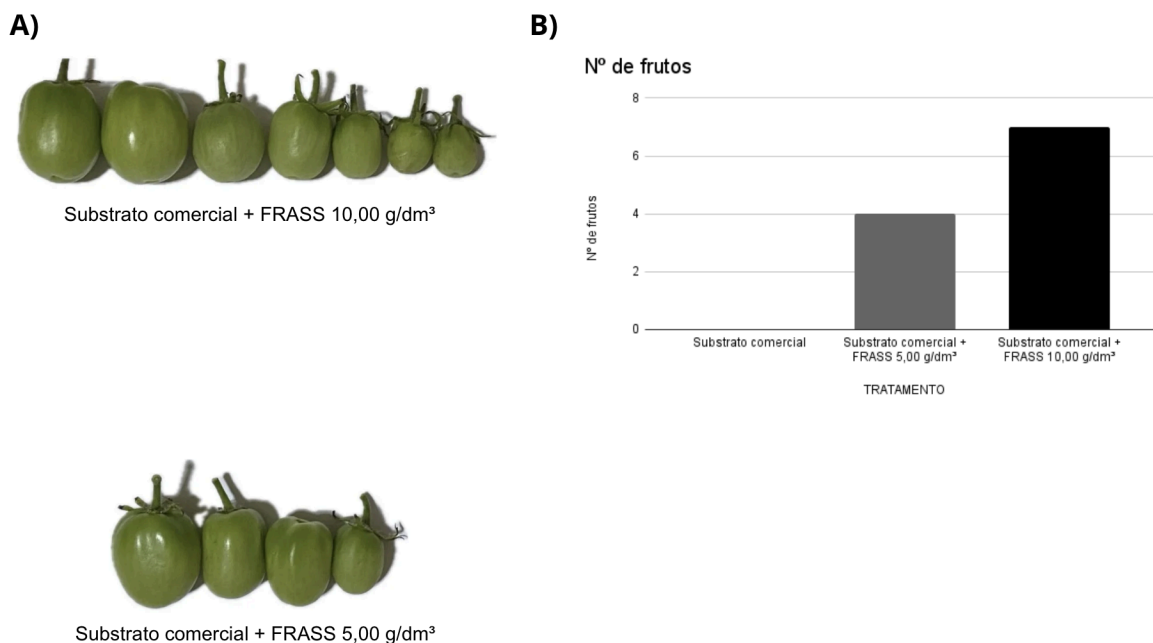
Figura 5 - Diferença de desenvolvimento entre as plantas de tomate na presença do substrato comercial Carolina Soil e suplementados com 5,00 e 10,00 g/dm³ de FRASS



Fonte: as autoras (2025)

Ainda, enquanto as plantas do tratamento controle (substrato comercial puro) se mantiveram no estágio de floração, as plantas tratadas com FRASS apresentaram florescimento precoce e, posteriormente, desenvolvimento de frutos, especialmente nos tratamentos com a dose mais elevada de 10,00 g/dm³, conforme Figura 6. Este resultado reforça a hipótese de que o FRASS fornece nutrientes essenciais para o crescimento vegetativo. Essa diferença fenológica entre os tratamentos sugere que o FRASS não apenas atua como fertilizante de liberação lenta, promovendo disponibilidade gradual de nutrientes, como também contribui para a regulação dos processos metabólicos que condicionam a planta ao florescimento e frutificação.

Figura 6 - A) Quantidade de frutos totais na presença do substrato comercial Carolina Soil suplementados com 5,00 e 10,00 g/dm³ de FRASS; B) Gráfico da quantidade total de frutos na presença do substrato comercial Carolina Soil e suplementados com 5,00 e 10,00 g/dm³ de FRASS'



Fonte: as autoras (2025)

Compostos orgânicos presentes no FRASS, como aminoácidos, ácidos húmicos, e até possíveis precursores de fitormônios (auxinas, giberelinas e citocininas), podem estar envolvidos nesse processo, favorecendo a diferenciação de tecidos reprodutivos. É importante destacar que o alcance da fase de frutificação é um indicativo claro de que as condições nutricionais oferecidas pelo substrato com FRASS foram não apenas suficientes, mas superiores em termos de sustentação ao longo de todo o ciclo da cultura. Esse fator é de grande relevância agrônômica, pois demonstra que o FRASS de *Hermetia illucens* pode potencializar o desempenho produtivo das plantas, representando uma estratégia eficaz para cultivos comerciais que visam não apenas o crescimento vegetativo, mas também a produção de frutos

com qualidade e em menor tempo. A associação entre o desenvolvimento superior (altura, diâmetro e clorofila) (Figuras 1, 2 e 3) e o progresso fenológico (florescimento e frutificação) (Figuras 4, 5 e 6) observado nas plantas tratadas com FRASS indica que este resíduo orgânico apresenta, de fato, características fertilizantes e bioestimulantes, e que sua aplicação em substratos comerciais pode ser uma alternativa sustentável e funcional para a produção de hortaliças. Esse resultado reforça as conclusões já presentes na literatura especializada, como apontado por Beesigamukama *et al.* (2020), que destacam a capacidade do FRASS em promover não apenas o crescimento inicial das plantas, mas também a sua produtividade ao longo do ciclo.

4 CONCLUSÕES

De modo geral, os resultados demonstraram que a aplicação do FRASS de *Hermetia illucens* ao substrato comercial promoveu ganhos expressivos no desenvolvimento das plantas de tomate, especialmente em relação à altura (Figura 1), variável diretamente associada ao vigor e à eficiência do crescimento vegetativo. Observou-se que, já aos 31 DAT, as plantas dos tratamentos com FRASS apresentavam maiores valores médios que o controle, com destaque para a dose de 10,00 g/dm³. Esse efeito se intensificou nos 51 e 65 DAT, quando a diferença entre os tratamentos e o controle se tornou estatisticamente significativa, sobretudo na maior dose.

Os dados analisados mostraram que, tanto para a altura das plantas quanto para o diâmetro do caule (Figura 2), as plantas cultivadas em substrato com adição de FRASS apresentaram respostas significativamente superiores àquelas cultivadas apenas com o substrato comercial. Essa tendência foi ainda mais evidente nos períodos de 51 e 65 DAT, indicando que os efeitos benéficos do FRASS tornam-se mais pronunciados com o avanço do ciclo da cultura. Ainda, os resultados relacionados aos teores de clorofila indicaram que o FRASS contribui para maior atividade fotossintética nas fases iniciais do ciclo, mas que seu efeito bioestimulante pode levar a uma antecipação da frutificação e do processo de senescência. A redução nos teores de clorofila *a* e *b* nos períodos finais do experimento pode estar associada à aceleração do desenvolvimento promovida pelo biofertilizante, que estimulou o florescimento e a formação de frutos mais precocemente nos tratamentos com FRASS.

Dessa forma, conclui-se que o FRASS de *H. illucens* é um insumo agrícola promissor, capaz de melhorar o desempenho morfofisiológico das plantas de tomate, estimular o crescimento vegetativo e antecipar fases reprodutivas da cultura. Seu uso se apresenta como uma alternativa viável, eficiente e sustentável para o cultivo de hortaliças, promovendo assim a valorização de resíduos orgânicos e contribuindo para a redução do uso de fertilizantes sintéticos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) Campus Lages pelo apoio institucional e pelas condições oferecidas para a realização deste trabalho. Ao CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação Científica. A FAPESC (TO N°: 2023TR001515) pelo financiamento de pesquisa. Reconhecemos, ainda, a colaboração de todos os envolvidos direta ou indiretamente na execução deste

projeto.

REFERÊNCIAS

- AGUSTIYANI, F. et al. Nutrient content and fertilizing potential of mealworm frass (*Tenebrio molitor*) as organic fertilizer. **Journal of Environmental Management**, v. 328, art. 116972, 2023. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.116972.
- BEEBIGAMUKAMA, D. et al. Exploiting black soldier fly frass as an organic fertilizer for improved crop production: A review. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 6, n. 3, p. 241-252, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0047>.
- CHOI, S.; HASSANZADEH, N. BSFL frass: A novel biofertilizer for improving plant health while minimizing environmental impact. **Canadian Science Fair Journal**, v. 2, n. 2, p. 41-46, 2019. DOI: 10.18192/csfi.v2i220194146
- DIAS, B. O. et al. Características químicas de compostos orgânicos e relação C/N na decomposição e liberação de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, 2019. DOI: 10.1590/18069657rbcS20180593.
- DELAQUA, V. D. **Excrementos de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*):** Potencialidades e perspectivas para o futuro – revisão. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal do Espírito Santo, Santa Teresa, 2024.
- FREITAS, C. B. et al. Utilização do frass na agricultura: Benefícios e limitações. In: **Zootecnia: Desafios e tendências da ciência e tecnologia**. Recife: UFRPE, 2023.
- IZAGRO. **Plataforma digital para gestão e monitoramento de lavouras**. Disponível em: <https://www.izagro.com.br>. Acesso em: 1 de maio 2025.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agropecuária: tomate – Santa Catarina**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/sc>. Acesso em: 18 de maio. 2025.
- LEHMANN, J.; KLEBER, M. The contentious nature of soil organic matter. **Nature**, v. 528, p. 60-68, 2015. DOI: 10.1038/nature16069
- LOPES, A. S. et al. Efeito de resíduos orgânicos com diferentes pH sobre a acidez do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 17, n. 1, 2022.
- LOMONACO, G. et al. (2024). Larval frass of *Hermetia illucens* as organic fertilizer: Composition and beneficial effects on different crops. **Insects**, v. 15, n. 4, p. 293, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects15040293>
- SALOMONE, R. et al. Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens*. **Journal of Cleaner Production**, v. 263, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121581.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

ZINGER, F. D. **Biofábricas de insetos: potencial para geração de novos negócios**. *Apresentação ACIL-Agro*, 2024.