



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA
CAMPUS SETE LAGOAS

TATIANE APARECIDA DA SILVA TEIXEIRA

ESTUDO PRELIMINAR DO USO DO RESÍDUO DE *Tenebrio molitor*
(COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) NO CULTIVO DA BELDROEGA
(Portulaca oleracea L.)

Sete Lagoas, MG

2026

TATIANE APARECIDA DA SILVA TEIXEIRA

**ESTUDO PRELIMINAR DO USO DO RESÍDUO DE *Tenebrio molitor*
(COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) NO CULTIVO DA BELDROEGA
(*Portulaca oleracea* L.)**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia agrônômica.

Orientadora: Prof^a. Cidália Gabriela Santos Marinho

Sete Lagoas, MG

2026

TATIANE APARECIDA DA SILVA TEIXEIRA

**ESTUDO PRELIMINAR DO USO DO RESÍDUO DE *Tenebrio molitor*
(COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) NO CULTIVO DA BELDROEGA
(*Portulaca oleracea* L.)**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Sete Lagoas, 03 de julho de 2026.

Banca avaliadora:

Dra. Cidália Gabriela Santos Marinho, Orientadora - UFSJ

Dra. Marinalva Woods Pedrosa - EPAMIG

Dr. Marcos Antônio Matiello Fadini - UFSJ

**Olhe profundamente para a natureza
e então compreenderá tudo melhor**
Albert Einstein

Dedico este trabalho a todos aqueles que, mesmo diante das dificuldades, não desistiram de seus objetivos e seguiram perseverando em busca de seus sonhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, proteção e por conduzir esta trajetória com sabedoria. Aos meus pais, Meiri e Warley, pelo apoio, incentivo e por toda a base proporcionada ao longo da minha formação. Aos meus irmãos, avós e familiares, pelo suporte e presença durante essa jornada. Ao meu grande amigo, Tarcísio, pelo apoio e compreensão nos momentos mais desafiadores. Aos amigos, principalmente pela Mariana Chaves, pela convivência, companhia e apoio ao longo do curso. Aos professores e à Universidade Federal de São João del-Rei, pelos ensinamentos e pela contribuição à minha formação acadêmica e profissional. À EPAMIG, pela doação das mudas utilizadas no experimento. Por fim, registro minha gratidão por esta conquista, que representa a conclusão de um importante ciclo.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Separação manual de pupas de <i>Tenebrio molitor</i> do substrato de criação	19
Figura 2 - Confeção e preparação de caixa para a criação de <i>Tenebrio molitor</i>	19
Figura 3 - Preparação e pesagem do farelo e tratamento térmico (sanitização), em estufa para eliminação de possíveis contaminantes	20
Figura 4 - Distribuição do substrato sanitizado e morno nas caixas de criação	20
Figura 5 - Pesagem de fatias de chuchu para o fornecimento de umidade à colônia (A); utilização de lupa de mão para a sexagem e separação de machos e fêmeas (B)	21
Figura 6 - Inspeção e sexagem de <i>Tenebrio molitor</i> com auxílio de lupa (A); caixa de criação montada com adultos em fase de alimentação e postura (B)	22
Figura 7 - Retirada dos indivíduos adultos e isolamento das fases iniciais, ovos e larvas	22
Figura 8 - Fase inicial de desenvolvimento com a presença de ovos e larvas recém-eclodidas (A); desenvolvimento e crescimento das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> (B)	23
Figura 9 - Peneiramento do conteúdo das caixas para separação do resíduo (A); resíduo orgânico, <i>frass</i> , e tenébrios durante o peneiramento e limpeza (B); larvas de mariposa encontradas no experimento (C)	24
Figura 10 - Unidades de criação de <i>Tenebrio molitor</i> organizadas para a produção do resíduo	24
Figura 11 - Resíduo de <i>Tenebrio molitor</i> pesado e armazenado para aplicação experimental	25
Figura 12 - Processo de transplante da beldroega (<i>Portulaca oleracea</i>) para tubetes de maior volume (A); recipientes para a fase experimental (B)	26
Figura 13 - Preenchimento dos vasos com substrato para o plantio	27
Figura 14 - Plantio das mudas de beldroega (<i>Portulaca oleracea</i>) nos vasos experimentais (A); finalização do plantio das mudas para o início da condução do experimento (B)	28
Figura 15 - Mensuração do comprimento da parte aérea da beldroega (<i>Portulaca oleracea</i>) (A); identificação das amostras para secagem (B) e disposição do material vegetal em estufa para obtenção da massa seca (C)	29
Figura 16 - Sistemas radiculares da beldroega (<i>Portulaca oleracea</i>) dos tratamentos T1, controle, (A) e T2, <i>frass</i> , (B) acondicionados para secagem em estufa	29
Figura 17 - Amostras da parte aérea da beldroega (<i>Portulaca oleracea</i>) dos tratamentos T1, controle, (A) e T2, <i>frass</i> , (B), identificadas e acondicionadas para a secagem em estufa	30
Figura 18 - Desenvolvimento vegetativo das mudas de beldroega (<i>Portulaca oleracea</i> L.) aos 20, 27, 34, 41, 55 e 60 dias após o plantio (DAP), correspondentes às imagens A, B, C, D, E e F, respectivamente. Em cada imagem, os vasos à esquerda representam o T2, <i>frass</i> , e os da direita o T1, controle	31
Figura 19 - Peso da parte aérea do tratamento controle (T1) e com aplicação de <i>frass</i> de <i>Tenebrio molitor</i> (T2)	32

Figura 20 - Desenvolvimento das plantas de beldroega (<i>Portulaca oleracea</i>) durante o período experimental: tratamento controle (T1) apresentando melhor desempenho inicial (A); tratamentos controle (T1) e com <i>frass</i> (T2) apresentando bom desempenho (B); e tratamento com <i>frass</i> (T2) apresentando maior coloração verde (C)	33
Figura 21 - Comparação visual das plantas de beldroega (<i>Portulaca oleracea</i>) entre os tratamentos controle (T1) e <i>frass</i> (T2) (A), coloração foliar das plantas (B), desenvolvimento da parte aérea (C) e detalhe da coloração das folhas (D)	33
Figura 22 - Vista da parte aérea da planta de beldroega (<i>Portulaca oleracea</i>) correspondente ao tratamento T2R5 no momento da colheita (A) e detalhe do sistema radicular do tratamento T2R5 após a remoção do substrato (B)	34
Figura 23 - Comprimento de raiz do tratamento controle (T1) e com aplicação de <i>frass</i> de <i>Tenebrio molitor</i> (T2)	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivo específico	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 Uso de resíduos orgânicos de insetos na agricultura	14
3.2 Criação de tenébrios e produção de <i>frass</i>	15
3.3 Beldroega (<i>Portulaca oleracea</i> L.).....	17
4 METODOLOGIA.....	18
4.1 Obtenção do resíduo (<i>frass</i>).....	18
4.2 Mudas de beldroega (<i>Portulaca oleracea</i> L.).....	26
4.3 Plantio das mudas e delineamento experimental.....	26
4.4 Cultivo	28
4.5 Avaliação	28
4.6 Análise estatística	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6 CONCLUSÃO.....	36
7 REFERÊNCIAS	36

RESUMO

A crescente busca por sistemas agrícolas mais sustentáveis tem estimulado o aproveitamento de resíduos orgânicos como alternativas aos fertilizantes convencionais. Nesse contexto, o *frass* proveniente da criação de insetos tem despertado interesse devido ao seu potencial como fonte de nutrientes e condicionador de substratos. Entre as espécies vegetais de interesse agrônômico destaca-se a beldroega (*Portulaca oleracea* L.), uma Planta Alimentícia Não Convencional (PANC) reconhecida por seu elevado valor nutricional e potencial de utilização na alimentação humana. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de *frass* de *Tenebrio molitor* sobre o desenvolvimento da beldroega. O experimento foi conduzido em ambiente protegido na Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Sete Lagoas, utilizando delineamento inteiramente casualizado composto por dois tratamentos: T1 (controle), constituído apenas por substrato comercial, e T2, contendo 25% de *frass* de *T. molitor* incorporado ao substrato. Foram avaliadas variáveis comprimento da parte aérea e do sistema radicular, massa fresca e massa seca das plantas. As plantas submetidas ao tratamento com *frass* apresentaram desenvolvimento inicial mais lento em comparação ao controle. Ao longo do experimento, observou-se melhoria visual na coloração das folhas e incremento no crescimento da parte aérea. Entretanto, a aplicação de 25% de *frass* ao substrato não promoveu aumento estatisticamente significativo no peso da parte aérea. Ainda, o *frass* reduziu significativamente o comprimento radicular em comparação ao tratamento controle. Assim, conclui-se que são necessários novos estudos com diferentes proporções do resíduo para definir concentrações mais adequadas ao desenvolvimento equilibrado da parte aérea e do sistema radicular da beldroega.

Palavras-chave: *Frass*. Adubação orgânica; Sustentabilidade agrícola. Plantas alimentícias não convencionais (PANC). Produtividade vegetal.

ABSTRACT

The growing demand for more sustainable agricultural systems has encouraged the use of organic residues as alternatives to conventional fertilizers. In this context, frass derived from insect rearing has attracted interest because of its potential as a nutrient source and substrate conditioner. Among plant species of agronomic interest, purslane (*Portulaca oleracea* L.) stands out as a non-conventional food plant recognized for its high nutritional value and potential use in human nutrition. This study aimed to evaluate the effect of applying *Tenebrio molitor* frass on the development of purslane. The experiment was conducted under protected conditions at the Federal University of São João del-Rei, Sete Lagoas Campus, using a completely randomized design consisting of two treatments: T1 (control), composed exclusively of commercial substrate, and T2, containing 25% *T. molitor* frass incorporated into the substrate. The evaluated variables were shoot and root system length, as well as plant fresh and dry mass. Plants subjected to the frass treatment showed slower initial development compared with the control. Throughout the experiment, a visual improvement in leaf coloration and an increase in shoot growth were observed. However, the incorporation of 25% frass into the substrate did not result in a statistically significant increase in shoot weight. Furthermore, frass significantly reduced root length compared with the control treatment. Therefore, further studies using different proportions of this residue are required to determine concentrations that are more suitable for the balanced development of both the shoots and root system of purslane.

Palavras-chave: *Frass*; Organic fertilization; Agricultural sustainability; Non-conventional food plants (NCFP); Plant productivity.

1 INTRODUÇÃO

A produção animal e a agroindústria brasileira geram grandes quantidades de resíduos orgânicos, cujo retorno inadequado ao ambiente pode causar impactos negativos, especialmente quando ocorre descarte sem tratamento ou acúmulo desses materiais (Oliveira et al., 2025). Nesse cenário, o reaproveitamento de resíduos orgânicos tem recebido atenção crescente por representar uma alternativa capaz de reduzir impactos ambientais e, ao mesmo tempo, contribuir para sistemas produtivos mais sustentáveis.

Entre as atividades que vêm se expandindo nos últimos anos destaca-se a criação de insetos em condições controladas, destinada a diferentes finalidades, como alimentação humana (Fellows et al., 2014) e animal (Nascimento et al., 2021), produção de fármacos (Siddiqui et al., 2023), controle biológico (Sujii et al., 2020) e obtenção de matérias-primas para a indústria têxtil (Bonatto, 2022). Apesar do pequeno porte desses organismos quando comparados aos animais domésticos convencionais, sua criação também gera resíduos durante o desenvolvimento. Dessa forma, a utilização desses materiais na produção agrícola surge como uma alternativa interessante para o aproveitamento de subprodutos oriundos da entomocultura (Arcanjo, 2020).

Os resíduos provenientes da criação de insetos são compostos principalmente por exsúvias, restos alimentares, excretas e secreções, formando um material denominado *frass* (Freitas et al., 2023). Em muitos sistemas de produção, esse resíduo ainda é descartado ou utilizado de forma limitada, embora apresente potencial para aplicação agrícola. Entre as espécies criadas comercialmente, destaca-se a *Tenebrio molitor*, inseto da ordem Coleoptera e da família Tenebrionidae, popularmente conhecido como tenébrio. A espécie pode ser produzida em ambientes artificiais e é amplamente utilizada na alimentação de pássaros e como isca para pesca esportiva (Kotsou et al., 2023). Além disso, sua criação demanda pouco espaço físico e baixo investimento em estruturas, o que favorece sua produção em diferentes escalas (Kim et al., 2019).

O *T. molitor* apresenta metamorfose completa, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto (Cotton, 1929). O ciclo de vida pode variar conforme as condições de criação, com duração entre 280 e 630 dias. Após o acasalamento, as fêmeas depositam entre 400 e 500 ovos, os quais as larvas eclodem em aproximadamente 10 a 12 dias. As larvas passam por sucessivas mudas durante o desenvolvimento e permanecem nessa fase por cerca de três a quatro meses, podendo alcançar períodos mais longos em baixas temperaturas. Posteriormente, ocorre a fase

pupal, seguida pela fase adulta, cuja longevidade varia de um a três meses conforme descrito nos trabalhos de Hill (2003).

Durante o ciclo de vida do *T. molitor* obtém-se o *frass*, resíduo que tem despertado interesse devido à sua composição nutricional e ao potencial de utilização na agricultura. Segundo Nyanzira et al. (2023), esse material apresenta concentrações relevantes de nitrogênio, fósforo e potássio, características estas que podem possibilitar seu uso como adubo orgânico na produção vegetal. Estudos também indicam que a aplicação do *frass* pode contribuir para melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, favorecendo a atividade microbiana, a disponibilidade de nutrientes e o desenvolvimento das plantas (Zunzunegui et al., 2024; Gondim et al., 2025).

Diante desse contexto, pode-se mencionar que a utilização de resíduos orgânicos na agricultura tem sido amplamente associada à adoção de práticas mais sustentáveis, especialmente pela capacidade desses materiais de aumentar o teor de matéria orgânica do solo e melhorar suas características produtivas (Oliveira et al., 2025). A incorporação desses resíduos favorece a retenção de água e estimula a atividade microbiológica, aspectos diretamente relacionados à qualidade do solo (Almeida, 2024). Assim, o aproveitamento do *frass* representa uma alternativa ao uso exclusivo de fertilizantes minerais convencionais no cultivo de espécies vegetais, além de contribuir para o reaproveitamento de resíduos oriundos de sistemas de criação (Verardi et al., 2025).

A espécie vegetal utilizada neste estudo pertence ao grupo das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC), caracterizadas pelo valor nutricional e pelo baixo consumo pela população em geral (Liberalesso e Oliveira, 2020). Entre essas espécies destaca-se a beldroega (*Portulaca oleracea*), planta herbácea reconhecida pelo potencial nutricional e pela presença de compostos antioxidantes. Ainda, a espécie apresenta concentrações expressivas de fenólicos totais, além de diferenças significativas nos teores de antocianinas e flavonoides entre folhas e caules (Carvalho et al., 2023). Dessa forma, estudos voltados ao aumento da produtividade e do vigor dessa planta podem ampliar seu potencial de utilização alimentar e agrônômica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial do *frass* de *Tenebrio molitor* como insumo alternativo no cultivo da beldroega (*Portulaca oleracea*).

2.2 Objetivo específico

Avaliar o efeito do uso do *frass* de *T. molitor* no desenvolvimento da beldroega.

Avaliar o *frass* como alternativa de adubação na produção agrícola.

Avaliar o aproveitamento integral dos resíduos gerados na criação de *T. molitor*, reduzindo o descarte e promovendo práticas sustentáveis de produção vegetal.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Uso de resíduos orgânicos de insetos na agricultura

A utilização de resíduos provenientes da produção de insetos como substrato para mudas e fertilização agrícola tem sido associada a práticas de economia circular (Madau et al., 2020). A incorporação desses materiais ao solo contribui para o aumento da matéria orgânica, melhora a retenção de água, estimula a atividade microbiana e favorece a liberação gradual de nutrientes (Bettioli et al., 2023). Além disso, o reaproveitamento desses resíduos reduz o descarte inadequado de subprodutos gerados em diferentes cadeias produtivas (Guo et al., 2024).

Entre os resíduos orgânicos que vêm recebendo atenção destaca-se o *frass*, material resultante da criação de insetos e composto principalmente por excretas, restos alimentares, exúvias e partículas do substrato utilizado na produção (Houben et al., 2020). Estudos recentes como os de Digalaki et al. (2026) e demonstram que esses resíduos podem substituir parcial ou totalmente substratos comerciais na produção agrícola, favorecendo a germinação e o desenvolvimento inicial das culturas.

Antoniadis et al. (2023) avaliaram o uso do *frass* de *T. molitor* como condicionador do solo no cultivo de espinafre (*Spinacia oleracea*). Os autores observaram aumento da matéria orgânica do solo, maior absorção de nitrogênio e melhora no crescimento e na eficiência fotossintética das plantas, com respostas proporcionais às doses aplicadas. Entretanto, não foram verificadas alterações significativas nos teores de fósforo e potássio.

Resultados semelhantes foram observados por Almeida (2024), ao analisar o potencial do *frass* de *Hermetia illucens* (mosca-soldado-negra) como fonte de adubação orgânica para o gengibre (*Zingiber officinale*), em comparação ao resíduo de cama de frango. O estudo indicou que o material apresenta composição química adequada e bons teores de nutrientes, promovendo aumento da altura das plantas, maior número de perfilhos e melhora do estado nutricional. Embora poucas diferenças significativas tenham sido registradas entre as doses avaliadas, a produtividade permaneceu dentro dos padrões nacionais, indicando que o *frass* pode representar alternativa viável à adubação orgânica convencional.

Em cultivos hortícolas e sistemas protegidos, os resultados também têm sido positivos. Chavez, Uchanski e Tomberlin (2024) verificaram aumento da produtividade de alface e rúcula em substratos contendo *frass* de *Hermetia illucens*, enquanto Fuertes-Mendizábal et al. (2023)

observaram que baixas doses de *frass* de *T. molitor* favoreceram o crescimento da alface. Os autores mostraram que doses iguais ou superiores a 2,5% de *frass* de *T. molitor* reduziram o crescimento radicular da alface, efeito que atribuíram ao aumento da incidência de fungos potencialmente patogênicos na rizosfera e ao incremento da condutividade elétrica do substrato, indicando maior concentração de sais e condições menos favoráveis ao desenvolvimento das plantas.

Mesmo diante do potencial agronômico do *frass*, alguns fatores ainda limitam sua utilização em larga escala. A composição do substrato utilizado na criação dos insetos influencia diretamente a presença de contaminantes químicos, metais pesados e resíduos microbiológicos no material, conforme demonstrado por Addeo et al. (2024). Nesse contexto, o processamento, a higienização e a caracterização química do *frass* são necessários para garantir segurança e eficiência agronômica.

Estudos também demonstram efeitos positivos do *frass* sobre diferentes culturas agrícolas. Houben et al. (2020) observaram aumento na absorção de nitrogênio, fósforo e potássio em plantas de cevada cultivadas com aplicação de *frass* de *T. molitor*. Em experimentos com milho, Beesigamukama, Subramanian e Tanga (2022) verificaram aumento da produtividade e maior eficiência no aproveitamento do nitrogênio em comparação com fertilizantes orgânicos convencionais ao utilizarem resíduos de *Hermetia illucens*. Resultados semelhantes foram relatados por Anyega et al. (2021) em cultivos de tomate, couve e feijão-vagem, nos quais a combinação entre *frass* de mosca soldado-negra (*H. illucens*) e fertilização mineral promoveu maior produtividade, indicando potencial para integração desse resíduo ao manejo nutricional das culturas.

3.2 Criação de tenébrios e produção de *frass*

A criação de insetos das espécies *Tenebrio molitor* (tenébrio) e *Zophobas morio* (tenébrio-gigante) tem despertado crescente interesse devido à capacidade desses organismos de converter resíduos agroindustriais em biomassa rica em proteínas e lipídios (Matos e Castro, 2021). Nesse sistema produtivo, as larvas são alimentadas com subprodutos como farelos, cascas e resíduos vegetais, permitindo não apenas a produção de proteína destinada à alimentação animal, mas também a geração contínua de resíduos com potencial de aproveitamento agrícola (Su et al., 2025).

Entre os principais subprodutos obtidos na criação de insetos destaca-se o *frass*, composto por excretas, fragmentos de exoesqueleto e restos do substrato alimentar não consumido (Almeida, 2024). Esse material apresenta aspecto seco e granulado, além de conter nutrientes

importantes, como nitrogênio, fósforo e potássio. Segundo Antoniadis et al. (2023), o *frass* apresenta elevados teores de carbono orgânico e nutrientes, especialmente nitrogênio, podendo favorecer o crescimento vegetal e representar uma importante fonte de matéria orgânica para solos com baixo conteúdo orgânico.

Com a expansão da produção de insetos nos últimos anos, houve aumento significativo na geração de *frass* em larga escala. Entretanto, sua composição química e seu potencial agronômico variam de acordo com a espécie criada, o substrato utilizado na alimentação e o sistema de produção adotado (Hénault-Ethier et al., 2024). Safitri et al. (2024), em uma revisão envolvendo *frass* de diferentes espécies de insetos, incluindo *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor* e *Acheta domesticus*, observaram valores médios de 3,30% de nitrogênio, 1,30% de fósforo e 1,96% de potássio, além de uma relação C:N média de 13,1. Apesar disso, os autores destacam que a composição do *frass* apresenta elevada variabilidade entre espécies e substratos de alimentação, tornando necessária sua caracterização antes da aplicação agrícola.

Essa variabilidade também foi identificada em estudos específicos com *frass* de *T. molitor*. Houben et al. (2020) registraram concentrações de 393 g kg⁻¹ de carbono orgânico, 50 g kg⁻¹ de nitrogênio total, 20 g kg⁻¹ de fósforo total e 17 g kg⁻¹ de potássio total. Os autores observaram ainda elevada fração de carbono lábil e rápida mineralização do material, indicando potencial para liberação acelerada de nutrientes no solo. Além disso, o *frass* apresentou pH de 5,8 e condutividade elétrica de 5,3 dS m⁻¹, demonstrando que suas propriedades químicas podem influenciar diretamente sua resposta após a aplicação agrícola.

Diferenças na composição química entre espécies também foram relatadas por Praeg e Klammersteiner (2024), ao compararem resíduos provenientes de *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor* e *Gryllus assimilis*. Os autores verificaram variações significativas nas concentrações de nitrogênio mineral, fósforo disponível e relação C:N, demonstrando que a espécie do inseto influencia diretamente a disponibilidade dos nutrientes presentes no resíduo.

Além dos macronutrientes, o *frass* pode conter micronutrientes importantes para o desenvolvimento vegetal. Beesigamukama, Subramanian e Tanga (2022) relataram concentrações variáveis de manganês, ferro, zinco, cobre e boro em resíduos obtidos de diferentes espécies de insetos, incluindo *Hermetia illucens*, *Gryllus bimaculatus*, *Bombyx mori*, *Tenebrio molitor* e *Schistocerca gregaria*. Segundo os autores, essa ampla variação reforça a necessidade de análises prévias antes do uso do material.

3.3 Beldroega (*Portulaca oleracea* L.)

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) correspondem a espécies que possuem partes comestíveis, sejam elas nativas ou exóticas, espontâneas ou cultivadas, mas que permanecem pouco inseridas nos hábitos alimentares da população (Kinupp e Barros, 2007). Além disso, abrangem plantas pouco exploradas pela agricultura convencional, sendo frequentemente associadas à agrobiodiversidade alimentar (Tuler et al., 2019). De acordo com Sá (2020), a valorização dessas plantas ganha importância diante da crescente homogeneização alimentar mundial, marcada pela dependência de poucas culturas agrícolas, situação que reduz a biodiversidade e aumenta a vulnerabilidade dos sistemas alimentares.

Entre as espécies de destaque nesse grupo está a beldroega (*Portulaca oleracea* L.), uma planta herbácea, suculenta e de ciclo anual, distribuída amplamente em regiões tropicais e subtropicais. Sua ampla ocorrência está relacionada à elevada capacidade de adaptação da espécie, que consegue se desenvolver em diferentes ambientes, incluindo áreas urbanas, solos degradados, margens de estradas e sistemas agrícolas. Embora seja frequentemente classificada como planta invasora ou erva daninha, a beldroega apresenta potencial alimentar, medicinal e ecológico expressivo (Uddin et al., 2014; Sá, 2020).

Morfologicamente, a espécie apresenta caules prostrados, cilíndricos e bastante ramificados, com coloração que varia entre verde e avermelhada. As folhas são carnosas, lisas e geralmente obovadas, podendo ser sésseis ou subsésseis. Essas características estão diretamente associadas à capacidade de armazenamento de água da planta, favorecendo sua sobrevivência em ambientes adversos, sobretudo em períodos de escassez hídrica (Miyanishi e Cavers, 1980).

Outro aspecto relevante da beldroega é sua elevada plasticidade metabólica. A espécie pode realizar tanto a fotossíntese do tipo C4 quanto o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), ativando este último principalmente em condições de estresse hídrico. Essa adaptação aumenta a eficiência no uso da água e amplia sua tolerância à seca, permitindo a manutenção da atividade metabólica mesmo em ambientes com baixa disponibilidade hídrica (Ferrari et al., 2020). Em um cenário marcado pelas mudanças climáticas e pela limitação de recursos hídricos, essa característica amplia o potencial da espécie para cultivo em diferentes regiões (Sá, 2020).

Além da rusticidade, a beldroega possui relevante valor nutricional, uma vez que suas folhas e ramos jovens podem ser consumidos crus em saladas ou utilizados em preparações como sopas, refogados e guisados, sendo ingredientes tradicionais na culinária de diversos países (Madeira e Kinupp, 2018). Entre seus principais componentes nutricionais destacam-se

vitaminas A, C e do complexo B, além de minerais essenciais e compostos bioativos (Srivastava, Srivastava e Singh, 2021; Li et al., 2024). A espécie também é reconhecida como uma das fontes vegetais mais ricas em ácidos graxos ômega-3, especialmente o ácido alfa-linolênico, associado à prevenção de doenças cardiovasculares e processos inflamatórios (Uddin et al., 2014).

O interesse científico pela beldroega também está relacionado à sua atividade antioxidante. Estudos indicam que extratos obtidos das folhas e dos caules apresentam elevada capacidade antioxidante devido à presença de compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas (Aoudeh et al., 2024). Essas substâncias atuam na neutralização de radicais livres, contribuindo para a redução do estresse oxidativo celular e auxiliando na prevenção de doenças crônicas degenerativas.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) reconhece o potencial nutricional e medicinal da beldroega, e o crescente interesse científico pela espécie reforça sua relevância para a promoção da saúde e para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis (Teibo et al., 2026). Nesse contexto, a inserção da planta nos sistemas alimentares pode favorecer a diversificação da dieta, melhorar a qualidade nutricional da alimentação e fortalecer a segurança alimentar. Além disso, por demandar baixos níveis de insumos e apresentar elevada resistência ambiental, a espécie se mostra uma alternativa promissora para sistemas agrícolas sustentáveis e de baixo custo.

4 METODOLOGIA

4.1 Obtenção do resíduo (*frass*)

O resíduo utilizado no experimento foi obtido a partir da criação de *Tenebrio molitor* no Laboratório de Zoologia e Entomologia Geral da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), *campus* Sete Lagoas, Minas Gerais. A criação já existente no laboratório é utilizada para fins didáticos e de pesquisa, o que possibilitou a condução do experimento a partir dessa estrutura previamente estabelecida.

Inicialmente, pupas de *T. molitor* foram coletadas e acondicionadas em recipientes individuais até a emergência dos insetos adultos. Para a manutenção da colônia, realizou-se o manejo periódico dos insetos. Inicialmente, efetuou-se a identificação e a separação manual das pupas (Figura 1), com o objetivo de isolá-las das larvas e do substrato até a emergência dos adultos. Depois do período pupal, ocorreu a emergência dos insetos adultos, os quais foram

selecionados para compor as caixas de postura, assegurando a continuidade do ciclo reprodutivo e a produção de novas larvas e, conseqüentemente, do *frass* utilizado no experimento.

Figura 1. Separação manual de pupas de *Tenebrio molitor* do substrato de criação.



Fonte: Autor (2025).

A próxima etapa foi de confecção e higienização das caixas de criação, que receberam o substrato e os adultos para o início do processo de produção. As caixas foram confeccionadas com cortes laterais na tampa, nos quais foi fixada uma tela (*voil*) permitindo ventilação no interior do recipiente conforme destacado na Figura 2.

Figura 2. Confeção e preparação de caixa para a criação de *Tenebrio molitor*.



Fonte: Autor (2025).

Para a composição do substrato alimentar das larvas, utilizou-se farelo de trigo. Inicialmente, o material foi separado e pesado, sendo posteriormente submetido ao tratamento térmico necessário para garantir a sanidade da criação. O farelo foi aquecido em estufa a 65 °C durante o período de duas horas, com a finalidade de reduzir a presença de contaminantes e organismos competidores que poderiam comprometer o desenvolvimento dos espécimes (Figura 3). Esse procedimento de sanitização é importante para manter a pureza da colônia de *T. molitor*.

Figura 3. Preparação e pesagem do farelo e tratamento térmico (sanitização), em estufa para eliminação de possíveis contaminantes.



Fonte: Autor (2025).

Após o aquecimento, o substrato foi resfriado até atingir uma temperatura segura para os insetos. Em seguida, realizou-se a pesagem final e a distribuição de 833 g de farelo de trigo em cada caixa de criação, buscando manter a camada do substrato com altura média entre 2 e 5 cm (Figura 4). Posteriormente, os tenébrios foram introduzidos nas caixas, conforme o protocolo estabelecido por Kruger (2019).

Figura 4. Distribuição do substrato sanitizado e morno nas caixas de criação.



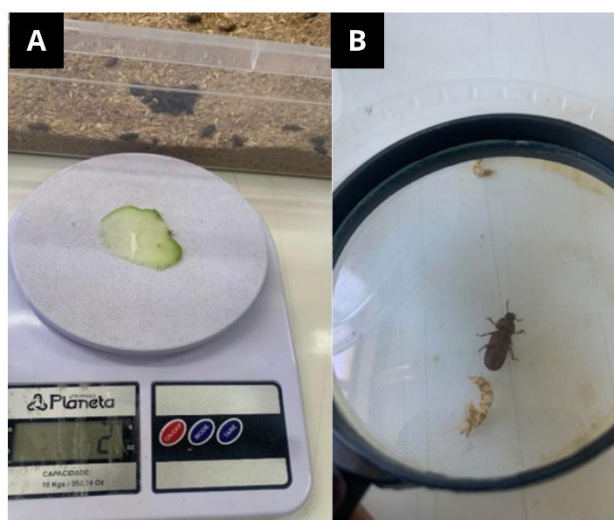
Fonte: Autor (2025).

Além do substrato seco, os insetos foram alimentados com fonte de umidade para garantir o aporte hídrico necessário de acordo com a metodologia descrita por Fraenkel et al. (1950). Para isso, utilizou-se chuchu (*Sechium edule*) fatiado e pesado em balança de precisão (Figura 5A), garantindo que todos os recipientes de criação recebessem a mesma quantidade de alimento fresco.

Após a emergência, os insetos adultos foram separados por sexo com o auxílio de lupa, conforme características morfológicas específicas (Vommaro et al., 2024). Em cada caixa de criação foram introduzidos 50 insetos adultos, sendo 25 machos e 25 fêmeas. As respectivas caixas continham capacidade aproximada de 15 litros.

Para isso, utilizou-se uma lupa de mão (Figura 5B), permitindo a visualização das estruturas morfológicas externas que caracterizam o dimorfismo sexual da espécie *T. molitor*, como nas fêmeas por exemplo, a presença do formato da cabeça em menor formato próximo a um quadrado, escudo com definição arredondado sem pontas e corpo mais alongado (Vommaro et al., 2024).

Figura 5. Pesagem de fatias de chuchu para o fornecimento de umidade à colônia (A); Utilização de lupa de mão para a sexagem e separação de machos e fêmeas (B).



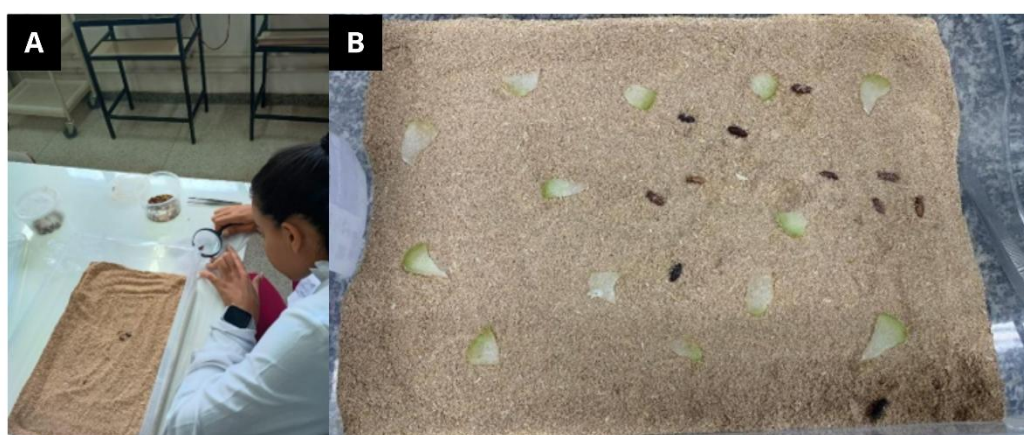
Fonte: Autor (2025).

As unidades de criação foram estabelecidas a partir de 31 de janeiro de 2025, recebendo inicialmente duas fatias de chuchu como fonte de umidade para os adultos. Após 14 dias, os insetos adultos foram retirados das caixas, permanecendo apenas os ovos, dos quais posteriormente emergiram as larvas. Durante o período inicial de desenvolvimento larval, as caixas permaneceram de duas a três semanas sem a adição de chuchu, uma vez que, nessa fase, predominavam ovos e larvas jovens, que apresentam menor demanda de umidade e reduzido consumo alimentar.

Para garantir a proporção adequada entre machos e fêmeas nas unidades experimentais, realizou-se a sexagem individual dos adultos. Com o auxílio de uma lupa de mão (Figura 6A), as diferenças morfológicas foram observadas e os indivíduos separados para a montagem das caixas de postura.

Após a montagem, as caixas foram mantidas em ambiente controlado, onde os insetos adultos foram alimentados regularmente, eram adicionadas três rodela de chuchu, com peso médio aproximado de 2 g cada, às segundas, quartas e sextas-feiras. Com o desenvolvimento e aumento do tamanho dos insetos, a quantidade de chuchu fornecida foi gradativamente ampliada, passando de três para quatro, cinco, seis e, ao final do experimento, no mínimo oito rodela por caixa. (Figura 6B). Durante este período, o substrato serviu tanto como fonte nutricional quanto como local para a deposição dos ovos pelas fêmeas.

Figura 6. Inspeção e sexagem de *Tenebrio molitor* com auxílio de lupa (A); caixa de criação montada com adultos em fase de alimentação e postura (B).



Fonte: Autor (2025).

Transcorrido o período de postura, os insetos adultos foram removidos das caixas (Figura 7). Este manejo permitiu que os ovos e as larvas recém-eclodidas permanecessem no substrato, evitando a predação dos ovos pelos adultos e garantindo a padronização do desenvolvimento larval para a coleta do resíduo.

Figura 7. Retirada dos indivíduos adultos e isolamento das fases iniciais (ovos e larvas).

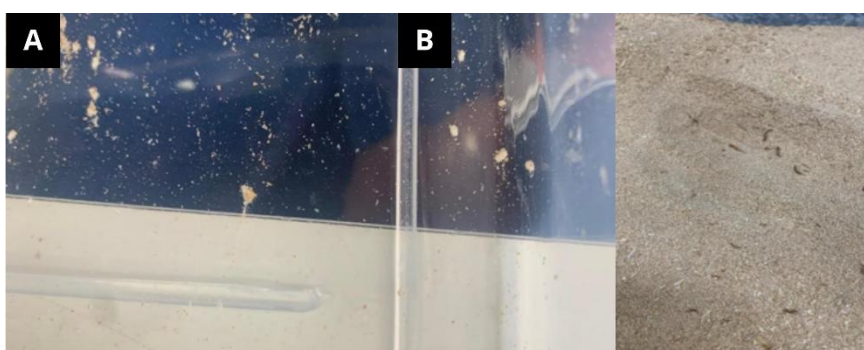


Fonte: Autor (2025).

Após esse período, a alimentação das larvas passou a ocorrer com a adição de aproximadamente oito rodela de chuchu, com peso médio de 2 g cada, fornecidas três vezes por semana (segundas, quartas e sextas-feiras). As caixas permaneceram em criação por um período total de 68 dias, ao final do qual foi realizado o peneiramento do material, permitindo a separação das larvas e do resíduo orgânico (*frass*). O *frass* obtido foi reservado para posterior utilização no experimento de plantio.

Após a retirada dos adultos, as caixas foram monitoradas para observar a eclosão das larvas. Na figura 8A, observa-se o estágio inicial do ciclo, onde as larvas recém-eclodidas começam a interagir com o substrato de farelo de trigo. Com o avanço do desenvolvimento larval e o fornecimento regular de alimento, observou-se aumento progressivo do tamanho dos indivíduos (Figura 8B). Nesse estágio, o consumo do substrato aumenta significativamente, resultando na produção acelerada do resíduo orgânico.

Figura 8. Fase inicial de desenvolvimento com a presença de ovos e larvas recém-eclodidas (A); desenvolvimento e crescimento das larvas de *Tenebrio molitor* (B).



Fonte: Autor (2025).

Para a obtenção do *frass* puro, o conteúdo das caixas foi submetido ao peneiramento (Figura 9A e B). O material foi peneirado para separação do *frass* das larvas e das partículas maiores do substrato. Durante o monitoramento das colônias, observou-se a presença de larvas de lepidópteros nas tampas de algumas caixas (Figura 9C). Todos os indivíduos foram removidos manualmente com o objetivo de evitar interferências no desenvolvimento da criação, tais como competição por alimento e possíveis alterações nas condições experimentais.

Figura 9. Peneiramento do conteúdo das caixas para separação do resíduo (A); resíduo orgânico (*frass*) e tenébrios durante o peneiramento e limpeza (B); larvas de mariposa encontradas no experimento (C).



Fonte: Autor (2025).

Para a produção em escala do *frass*, as caixas de criação foram higienizadas, identificadas e organizadas em prateleiras sob condições controladas (Figura 10).

Figura 10. Unidades de criação de *Tenebrio molitor* organizadas para a produção do resíduo.



Fonte: Autor (2025).

Após as etapas de peneiramento e separação, o resíduo orgânico final foi devidamente pesado em balança de precisão e armazenado em recipientes plásticos herméticos em temperatura ambiente (Figura 11). O armazenamento adequado garantiu a preservação das propriedades nutricionais do *frass* até o momento da sua aplicação experimental na cultura da beldroega.

Figura 11. Resíduo de *Tenebrio molitor* pesado e armazenado para aplicação experimental.



Fonte: Autor (2025).

O *frass* coletado foi posteriormente utilizado na composição dos tratamentos do experimento, visando avaliar seu efeito sobre o desenvolvimento e a produtividade da beldroega (*Portulaca oleracea*). Para isso, foram montadas dez caixas de criação do *T. molitor*, em diferentes datas, conforme descrito a seguir na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de caixas montadas para produção de *frass* de *Tenebrio molitor*.

Caixa	Data de montagem	Retirada dos adultos (14 dias)	Peneiramento (68 dias)	Massa de <i>frass</i> (g)
1	31/01/2025	14/02/2025	09/04/2025	786
2	11/02/2025	25/02/2025	19/04/2025	730
3	14/02/2025	28/02/2025	23/04/2025	780
4	31/03/2025	14/04/2025	07/06/2025	535
5	04/04/2025	18/04/2025	11/06/2025	575
6	09/04/2025	23/04/2025	16/06/2025	652
7	22/04/2025	06/05/2025	29/06/2025	611
8	23/04/2025	07/05/2025	30/06/2025	560
9	04/06/2025	18/06/2025	10/08/2025	670
10	25/06/2025	09/07/2025	01/09/2025	612
Total				6.511
Média				651,1
Máximo				786,0
Mínimo				535,0

Fonte: Autor (2026).

4.2 Mudras de beldroega (*Portulaca oleracea* L.)

As mudras de beldroega foram provenientes do Banco de hortaliças não convencionais do Campo Experimental Santa Rita (CESR) da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizada no município de Prudente de Moraes, Minas Gerais. O processo de produção das mudras teve início em sete de agosto de 2025, por meio da sementeira de sementes de beldroega em bandejas de poliestireno contendo 36 células. Inicialmente, as mudras foram mantidas em tubetes de pequeno volume, onde passaram por um período de aclimação antes do início dos tratamentos experimentais.

O substrato utilizado foi composto por húmus e terra de barranco, na proporção de 2,5:1. Previamente à sementeira, todas as sementes passaram por processo de desinfecção utilizando solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 1%, com tempo de imersão de um minuto, visando à redução de possíveis contaminantes.

Com o objetivo de proporcionar um melhor desenvolvimento do sistema radicular e preparar as plantas para a aplicação do resíduo de *T. molitor*, realizou-se o transplante (Figura 12A). As mudras foram transferidas para tubetes de maior capacidade volumétrica (Figura 12B), garantindo espaço adequado para o crescimento vegetativo durante a condução do trabalho.

Figura 12. Processo de transplante da beldroega (*Portulaca oleracea*) para tubetes de maior volume (A); recipientes para a fase experimental (B).



Fonte: Autor (2025).

4.3 Plantio das mudras e delineamento experimental

O plantio das mudras de beldroega foi realizado em quatro de setembro de 2025, na Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), campus Sete Lagoas, em ambiente de estufa pertencente à pós-graduação da instituição. O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 10 kg, dispostos sobre bancadas.

O delineamento experimental adotado consistiu no estabelecimento de dois tratamentos e cinco repetições. O tratamento T1 (controle) foi composto por 5 kg de substrato, sem adição de resíduo de *T. molitor*. Já o tratamento T2 foi constituído por uma mistura contendo 25% de *frass* de *T. molitor* e 75% de substrato, totalizando 5 kg por vaso, sendo 3,750 kg de substrato e 1,250 kg de *frass*.

Os materiais utilizados em cada tratamento, tanto o substrato quanto o resíduo de *T. molitor*, foram previamente pesados. Em seguida, realizou-se o revolvimento homogêneo dos componentes, com adição de água, visando melhorar a uniformidade do material e proporcionar melhores condições para o desenvolvimento das plantas. Após esse preparo, as mudas selecionadas foram transplantadas para os vasos correspondentes a cada tratamento.

A etapa de implantação do experimento no campo/casa de vegetação iniciou-se com o preenchimento dos vasos plásticos. Utilizou-se um substrato comercial como base, sendo este distribuído de forma equitativa entre todos os recipientes (Figura 13) para garantir a padronização do volume de solo disponível para cada planta.

Figura 13. Preenchimento dos vasos com substrato para o plantio.



Fonte: Autor (2025).

Para os tratamentos que receberam a adubação orgânica, procedeu-se à mistura do substrato com o resíduo. Após a preparação do solo e a incorporação do resíduo nos vasos correspondentes, foi realizada a irrigação. Este procedimento foi feito para umedecer o solo e prepará-lo para o plantio das mudas de beldroega.

Após a preparação dos vasos e do substrato, foi realizado o plantio das mudas (Figura 14A), sendo conduzida uma planta por vaso. As mudas foram acomodadas individualmente em cada vaso, garantindo que o colo da planta ficasse em nível adequado com a superfície do solo para o seu desenvolvimento. O processo de plantio foi padronizado para todas as unidades experimentais (Figura 14B). Durante esta etapa, tomou-se o cuidado de manter a integridade

do torrão das mudas, facilitando o início do crescimento vegetativo sob os diferentes tratamentos.

Figura 14. Plantio das mudas de beldroega (*Portulaca oleracea*) nos vasos experimentais (A); finalização do plantio das mudas para o início da condução do experimento (B).



Fonte: Autor (2025).

4.4 Cultivo

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, na estufa da pós-graduação da Universidade Federal de São João del-Rei, campus Sete Lagoas, Minas Gerais. Ao longo de todo o período experimental, as mudas foram submetidas a manejo hídrico regular, com irrigação realizada três vezes por semana, às segundas, quartas e sextas-feiras. A irrigação das sextas-feiras fora realizada com maior volume de água, em razão do intervalo mais prolongado até a próxima irrigação.

O desenvolvimento das plantas foi monitorado semanalmente, por meio de avaliações visuais e acompanhamento do crescimento, visando observar possíveis diferenças entre os tratamentos ao longo do ciclo da cultura.

4.5 Avaliação

No dia sete de novembro de 2025, sessenta e cinco dias após o plantio (DAP), foi realizada a coleta de material para avaliação do experimento. Nessa etapa, foram avaliadas as seguintes variáveis: comprimento da parte aérea (CPA) e do sistema radicular (CSR), massa fresca (MFA) e massa seca da parte aérea (MSP) e do sistema radicular (MSR). A massa seca foi determinada em seis datas distintas.

Ao final do período experimental, foi realizada a colheita das plantas e a mensuração do comprimento da parte aérea e do sistema radicular utilizando-se uma régua graduada. Logo após foram determinados com auxílio de balança, a massa fresca da parte aérea. Na sequência, as amostras foram individualizadas, identificadas e acondicionadas em sacos de papel para posterior processamento. Tanto a parte aérea quanto o sistema radicular foram submetidos à

secagem em estufa de circulação forçada de ar até a obtenção de massa constante, possibilitando a determinação da massa seca das plantas, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15. Mensuração do comprimento da parte aérea da beldroega (*Portulaca oleracea*) (A); identificação das amostras para secagem (B) e disposição do material vegetal em estufa para obtenção da massa seca (C).



Fonte: Autor (2025).

Conforme ilustrado na Figura 16, os sistemas radiculares dos tratamentos controle (T1) e com aplicação de *frass* (T2) foram acondicionados em sacos de papel devidamente identificados, correspondendo às cinco repetições de cada tratamento, e preparados para o processo de secagem em estufa.

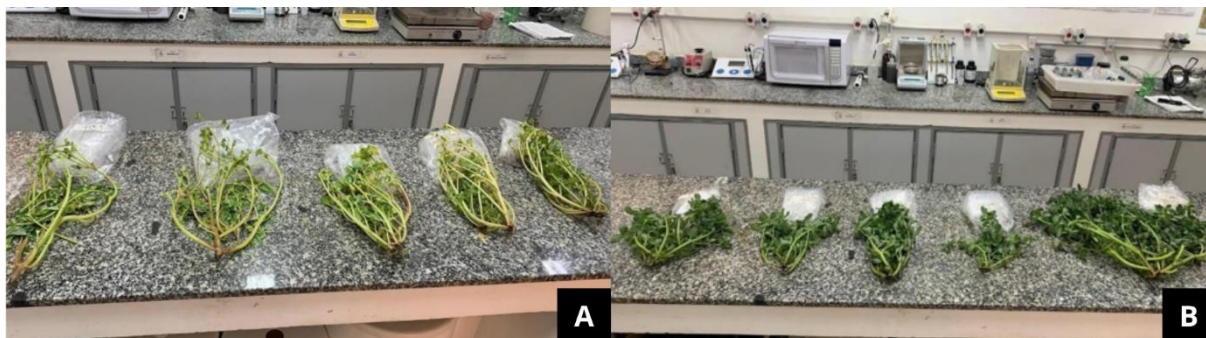
Figura 16. Sistemas radiculares da beldroega (*Portulaca oleracea*) dos tratamentos T1 (controle) (A) e T2 (*frass*) (B) acondicionados para secagem em estufa.



Fonte: Autor (2025).

A Figura 17 ilustra as amostras da parte aérea da beldroega dos tratamentos T1 e T2, preparadas para a secagem em estufa e posterior determinação da massa seca.

Figura 17. Amostras da parte aérea da beldroega (*Portulaca oleracea*) dos tratamentos T1 (controle) (A) e T2 (*frass*) (B), devidamente identificadas e acondicionadas para o processo de secagem em estufa.



Fonte: Autor (2025).

4.6 Análise estatística

Os dados coletados foram analisados utilizando Análise de Variância (ANOVA) a 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento das plantas de beldroega submetidas ao *frass* de *Tenebrio molitor* ocorreu de forma gradual, tornando-se mais evidente nas fases intermediárias e finais do experimento. Conforme observado na Figura 18, as avaliações visuais corresponderam a 20, 27, 34, 41, 55 e 60 dias após o plantio (DAP), equivalentes, respectivamente, às imagens A, B, C, D, E e F.

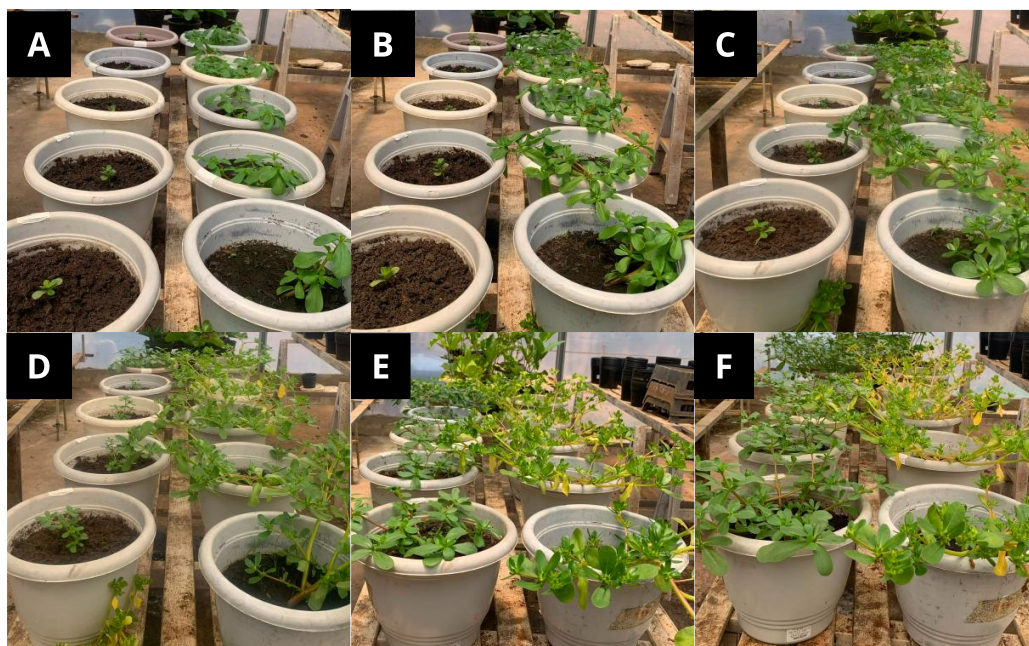
Nos estágios iniciais, aos 20 DAP (Figura 18A) e aos 27 DAP (Figura 18B), as plantas dos tratamentos controle (T1) e com *frass* (T2) apresentaram desenvolvimento visual semelhante, sem diferenças expressivas quanto ao vigor vegetativo e à coloração. Nesse período, os efeitos da aplicação do *frass* ainda não eram evidentes, indicando que a resposta das plantas ao resíduo não ocorreu de forma imediata.

A partir das avaliações seguintes, aos 34 DAP (Figura 18C) e 41 DAP (Figura 18D), observou-se que o tratamento controle apresentou maior crescimento inicial em relação ao tratamento com *frass*. Esse menor desenvolvimento vegetativo inicial em T2 pode estar relacionado à dinâmica de mineralização dos nutrientes presentes no *frass*, cuja disponibilização ocorre de forma gradual após sua incorporação ao substrato. Segundo Watson, Preibing e Wichern (2021), embora o *frass* de *T. molitor* contenha nutrientes essenciais, parte considerável do nitrogênio encontra-se em formas orgânicas, necessitando passar por processos de mineralização mediados por microrganismos do solo antes de se tornar disponível às plantas.

Com o avanço do experimento, especialmente aos 55 DAP (Figura 18E) e aos 60 DAP (Figura 18F), verificou-se mudança progressiva na resposta das plantas submetidas ao tratamento T2. Nessa fase, as plantas cultivadas com *frass* passaram a apresentar maior

incremento visual da parte aérea, maior emissão foliar e coloração verde mais intensa, sugerindo que os nutrientes presentes no resíduo foram sendo gradualmente disponibilizados para absorção pelas plantas.

Figura 18. Desenvolvimento vegetativo das mudas de beldroega (*Portulaca oleracea* L.) aos 20, 27, 34, 41, 55 e 60 dias após o plantio (DAP), correspondentes às imagens A, B, C, D, E e F, respectivamente. Em cada imagem, os vasos à esquerda representam o T2 (*frass*) e os da direita o T1 (controle).

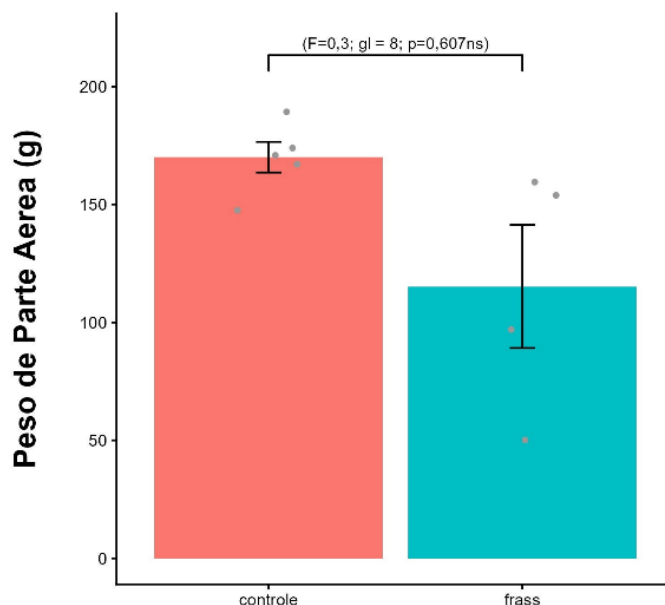


Fonte: autor (2025).

Por meio das observações visuais, foi possível verificar que o uso do *frass* de *T. molitor* favoreceu a manutenção das plantas de beldroega por mais tempo em fase vegetativa, contribuindo para a produção de folhas. Essa resposta reforça a hipótese de que a incorporação do resíduo não promoveu efeito imediato, mas apresentou ação gradual ao longo do ciclo. Esse resultado deve ser interpretado em conjunto com os dados de peso da parte aérea, apresentados na Figura 19.

Resultados semelhantes foram observados por Foughar, Arrobas e Rodrigues (2024), que verificaram que a aplicação de *frass* de *T. molitor* promoveu maior produção de matéria seca em plantas de alface, mesmo quando comparada à fertilização mineral convencional. Os autores observaram que o melhor desempenho produtivo não estava associado apenas a maiores concentrações foliares de nitrogênio, sugerindo a ocorrência de efeitos bioestimulantes capazes de favorecer o crescimento vegetal além do simples aporte nutricional.

Figura 19. Peso da parte aérea do tratamento controle (T1) e com aplicação de *frass* de *Tenebrio molitor* (T2).



Fonte: autor (2026).

O desempenho observado nas Figuras 20 e 21 também reforça essa resposta progressiva. Inicialmente, o tratamento controle apresentou maior desenvolvimento vegetativo aparente (Figura 20A). Entretanto, nas avaliações subsequentes, as plantas submetidas ao tratamento com *frass* passaram a apresentar aspecto mais vigoroso e coloração verde mais intensa (Figura 20B e 20C). Essa diferença também foi evidenciada na Figura 21, em que o tratamento T2 se destacou pela tonalidade verde mais escura, maior densidade foliar e melhor aspecto geral em comparação ao controle.

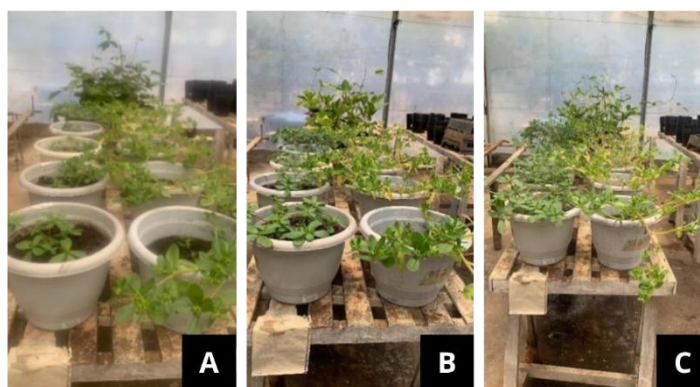
Os resultados visuais obtidos ao longo do ciclo sugerem que a ação do *frass* ocorreu de forma progressiva, característica frequentemente associada aos fertilizantes orgânicos. Diferentemente de fontes altamente solúveis, cuja liberação de nutrientes ocorre rapidamente após a aplicação, materiais orgânicos dependem da decomposição e da mineralização para disponibilizar nutrientes às plantas (Domouso et al., 2024). Dessa forma, os resultados indicam que os nutrientes presentes no *frass* foram sendo liberados gradualmente ao longo do desenvolvimento da cultura.

A coloração verde intensa observada no tratamento T2 pode estar relacionada à maior disponibilidade de nitrogênio proporcionada pelo *frass*. Segundo Nyanzira et al. (2023), esse resíduo apresenta concentrações relevantes de nitrogênio, fósforo e potássio, nutrientes essenciais ao metabolismo vegetal. O nitrogênio participa diretamente da síntese de clorofila, pigmento responsável pela coloração verde das folhas e pela absorção da energia luminosa

utilizada na fotossíntese (Evans, 1989). Assim, o escurecimento observado nas plantas do tratamento T2 pode indicar melhora do estado nutricional das plantas.

Resultados semelhantes foram relatados por Antoniadis et al. (2023), que verificaram aumento da absorção de nitrogênio e melhoria da eficiência fotossintética em espinafre cultivado com aplicação de *frass* de *T. molitor*. De forma semelhante, Houben et al. (2020), trabalhando com cevada (*Hordeum vulgare* L.), observaram aumento da biomassa e da absorção de N, P e K após a aplicação de *frass* de *T. molitor*, evidenciando o potencial desse resíduo como fonte de nutrientes para diferentes espécies vegetais.

Figura 20. Desenvolvimento das plantas de beldroega (*Portulaca oleracea*) durante o período experimental: tratamento controle (T1) apresentando melhor desempenho inicial (A); tratamentos controle (T1) e com *frass* (T2) apresentando bom desempenho (B); e tratamento com *frass* (T2) apresentando maior coloração verde (C).



Fonte: Autor (2025).

Figura 21. Comparação visual das plantas de beldroega (*Portulaca oleracea*) entre os tratamentos controle (T1) e *frass* (T2) (A), coloração foliar das plantas (B), desenvolvimento da parte aérea (C) e detalhe da coloração das folhas (D).



Fonte: Autor (2025).

A Figura 22 apresenta uma planta representativa do tratamento T2, especificamente a repetição T2R5, destacando tanto a parte aérea quanto o sistema radicular após a remoção do substrato. Visualmente, observa-se uma planta vigorosa, com elevada emissão foliar e

desenvolvimento radicular compatível com o crescimento vegetativo observado ao longo do experimento.

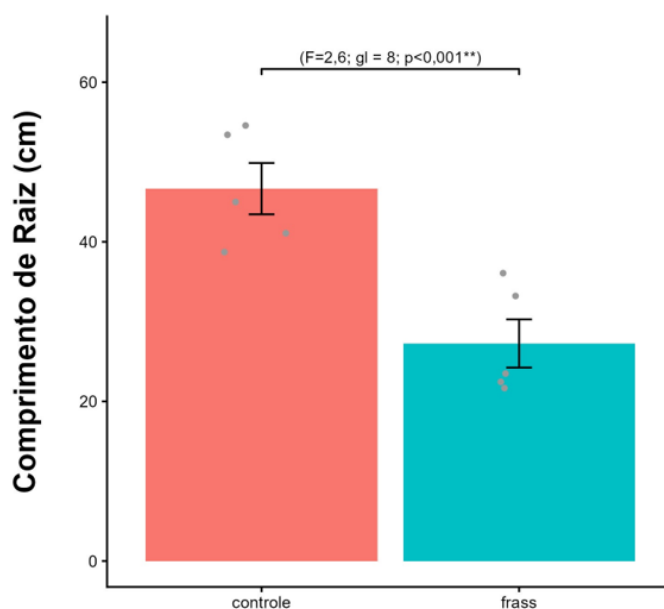
Figura 22. Vista da parte aérea da planta de beldroega (*Portulaca oleracea*) correspondente ao tratamento T2R5 no momento da colheita (A) e detalhe do sistema radicular do tratamento T2R5 após a remoção do substrato (B).



Fonte: Autor (2025).

Na Figura 23 observa-se que as plantas cultivadas no tratamento controle (T1) apresentaram maior comprimento radicular em comparação às plantas submetidas à aplicação de *frass* de *T. molitor* (T2).

Figura 23. Comprimento de raiz do tratamento controle (T1) e com aplicação de *frass* de *Tenebrio molitor* (T2).



Fonte: autor, 2026.

O crescimento radicular constitui um importante indicador da capacidade das plantas em explorar o substrato, uma vez que o sistema radicular é responsável pela absorção de água e nutrientes e pela interação com o ambiente edáfico. Dessa forma, características como

comprimento e desenvolvimento das raízes estão diretamente relacionadas à eficiência de aquisição de recursos e ao desempenho fisiológico das plantas. Além disso, sistemas radiculares bem desenvolvidos geralmente estão associados à maior tolerância a estresses ambientais e ao melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (Comas et al., 2013; Koevoets et al., 2016).

Os resultados observados neste estudo demonstram que a incorporação de *frass* reduziu o crescimento radicular da beldroega em comparação ao tratamento controle. Em contrapartida, ao final do ciclo experimental, as plantas submetidas ao tratamento com *frass* apresentaram maior desenvolvimento da parte aérea, evidenciando respostas distintas entre os compartimentos da planta. Resposta semelhante foi observado por Labella et al. (2024), que avaliaram os efeitos de extratos de *frass* de larvas de mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) sobre diferentes espécies herbáceas. Os autores verificaram que os extratos mais diluídos favoreceram o alongamento da parte aérea, enquanto o aumento da concentração reduziu o comprimento das raízes e dos brotos. No ensaio com cevada, os parâmetros radiculares mostraram-se mais sensíveis à aplicação dos extratos do que a massa da parte aérea, e as plantas tratadas apresentaram menor relação entre a massa radicular e a massa da parte aérea. Esses resultados demonstram que o *frass* pode afetar de maneira diferenciada o crescimento dos órgãos vegetais, restringindo o desenvolvimento radicular sem provocar redução proporcional da parte aérea.

Embora os efeitos do *frass* sobre o sistema radicular variem entre espécies e condições de cultivo, Poveda (2021) destaca que esse material possui potencial para estimular o crescimento vegetal por meio da disponibilização gradual de nutrientes e da ação de microrganismos benéficos. Entretanto, a magnitude dessa resposta depende de fatores como espécie vegetal, características do substrato e dose aplicada.

Nesse contexto, a proporção utilizada neste trabalho, correspondente a 25% de *frass* na composição do substrato, pode ter influenciado o desenvolvimento das raízes. Estudos recentes demonstram que a resposta das plantas ao *frass* é fortemente dependente da dose utilizada. Errico et al. (2025) verificaram que baixas concentrações de *frass* de *T. molitor* favoreceram o crescimento da alface, enquanto doses superiores a 5% aumentaram a condutividade elétrica do substrato e comprometeram o desenvolvimento vegetal.

Por outro lado, a presença de matéria orgânica proveniente do *frass* pode ter promovido melhorias nas características físicas e biológicas do substrato. Segundo Bettiol et al. (2023), resíduos orgânicos favorecem a atividade microbiológica, aumentam a retenção de água e

contribuem para a melhoria da estrutura do solo. Gondim et al. (2025) também destacam que esses materiais podem criar condições mais favoráveis ao crescimento vegetal.

Dessa forma, diferentes proporções do *frass* devem ser testados em trabalhos futuros, a fim de identificar se esse fator pode influenciar na resposta da planta utilizada e ainda se diferentes tipos de plantas exigem uma concentração específica do *frass* a qual deve promover maior crescimento inicial, desenvolvimento de raízes e de parte aérea das plantas.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que nas condições deste estudo, a aplicação de 25% de *frass* ao substrato não promoveu aumento estatisticamente significativo no peso da parte aérea das plantas. Embora as plantas tratadas com *frass* tenham apresentado desenvolvimento inicial mais lento, observou-se melhoria visual na coloração das folhas e incremento no crescimento da parte aérea ao longo do experimento. Por outro lado, o *frass* reduziu significativamente o comprimento radicular em comparação ao tratamento controle. Assim, recomenda-se a realização de novos estudos com diferentes doses de *frass*, para definir concentrações mais adequadas ao desenvolvimento equilibrado da parte aérea e do sistema radicular da beldroega.

7 REFERÊNCIAS

- ADDEO, N. F. et al. Mineral profile and heavy metals bioaccumulation in black soldier fly (*Hermetia illucens*, L.) larvae and *frass* across diverse organic substrates. **Italian Journal of Animal Science**, [S. I.], v. 23, n. 1, p. 179-188, 17 jan. 2024. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/1828051x.2024.2302845>
- ALMEIDA, M. R. **Resíduo de larvas da mosca soldado negra: uma alternativa nutricional para a cultura do gengibre**. 2024. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, Alegre, 2024.
- ANTONIADIS, V. et al. Insect *frass* as a novel organic soil fertilizer for the cultivation of spinach (*Spinacia oleracea*): effects on soil properties, plant physiological parameters, and nutrient status. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [S. I.], v. 23, n. 4, p. 5935-5944, 5 set. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s42729-023-01451-9>.
- ANYEGA, A. O. et al. Black soldier fly-composted organic fertilizer enhances growth, yield, and nutrient quality of three key vegetable crops in sub-saharan Africa. **Frontiers in Plant Science**, [S. I.], v. 12, p. 1-14, 2 jun. 2021. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2021.680312>.
- AOUDEH, E.; SAT, I. G.; BINICI, H. I. Chemical properties and antioxidant activity of different extracts from purslane (*Portulaca Oleracea* L.). **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi**, [S. I.], v. 21, n. 1, p. 81-93, 30 jan. 2024. Tekirdag Ziraat Fakultesi Dergisi. <http://dx.doi.org/10.33462/jotaf.1239088>.

ARCANJO, M. C. N. **Utilização de resíduos de frutos típicos do Brasil na produção e composição nutricional da larva de *Tenebrio molitor***. 2020. 72 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, 2020.

BESIGAMUKAMA, D.; SUBRAMANIAN, S.; TANGA C. M. Nutrient quality and maturity status of *frass* fertilizer from nine edible insects. **Scientific Reports**, [S. I.], v. 12, n. 1, p. 1-13, 3 mai. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-11336-z>.

BETTIOL, W. et al. Indução de supressividade do solo a doenças de plantas por meio da incorporação de matéria orgânica. In: BETTIOL, W. et al. (eds. téc.). **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. p. 753-788.

BÖHM, E. M.; CECATTO, A. P. Potencial antioxidante da beldroega (*Portulaca oleracea*). **Journal of Exact Sciences - JES**, v. 41, n. 3, p. 40-45, abr./jun. 2024.

BONATTO, L. D. **Propriedades físicas de sedas de lepidópteros neotropicais**. 2022. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2022.

CARVALHO, L. A. et al. Plantas alimentícias não convencionais e seus principais compostos bioativos. **Brazilian Journal of Development**, [S. I.], v. 9, n. 3, p. 11579-11591, 20 mar. 2023. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv9n3-174>.

CHAVEZ, M. Y.; UCHANSKI, M.; TOMBERLIN, J. K. Impacts of black soldier fly, *Hermetia illucens*, larval *frass* on lettuce and arugula production. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, [S. I.], v. 8, p. 1-14, 14 mai. 2024. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2024.1399932>

COMAS, L. H. et al. Root traits contributing to plant productivity under drought. **Frontiers in Plant Science**, [S. I.], v. 4, p. 1-16, 2013. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2013.00442>.

COTTON, R. T. **The meal worms**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1929. 41 p. (Technical Bulletin, n. 95).

DIGALAKI, N. et al. Mealworm *frass* as a sustainable organic fertilizer for greenhouse tomato cultivation. **Horticulturae**, [S. I.], v. 12, n. 3, p. 301, 4 mar. 2026. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae12030301>.

DOMOUSO, P. et al. Carbon and nitrogen mineralization of common organic amendments in olive grove soils. **Agriculture**, [S. I.], v. 14, n. 11, p. 1923, 29 out. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture14111923>.

ERRICO, S. et al. Evaluation of the effect of *Tenebrio molitor frass* on the growth parameters of canasta lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata) as a model plant. **Agriculture**, [S. I.], v. 15, n. 16, p. 1731-1750, 12 ago. 2025. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture15161731>.

ERIKSSON, T. et al. The yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) genome: a resource for the emerging insects as food and feed industry. **Journal of Insects as Food and Feed**, [S. I.], v. 6, n. 5, p. 445-455, 26 out. 2020. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.3920/jiff2019.0057>.

EVANS, J. R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. **Oecologia**, [S. I.], v. 78, n. 1, p. 9-19, jan. 1989. <https://doi.org/10.1007/BF00377192>

FELLOWS, P. F. P. et al. Insects in the human food chain: global status and opportunities. **Food Chain**, [S. I.], v. 4, n. 2, p. 103-118, 1 jun. 2014. Practical Action Publishing. <http://dx.doi.org/10.3362/2046-1887.2014.011>.

FERRARI, R. C. et al. Exploring C4-CAM plasticity within the *Portulaca oleracea* complex. **Scientific Reports**, [S. I.], v. 10, n. 1, p. 1-15, 28 ago. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-71012-y>.

FOUGHAR, M.; ARROBAS, M.; RODRIGUES, M. A. Mealworm larvae *frass* exhibits a plant biostimulant effect on lettuce, boosting productivity beyond just nutrient release or improved soil properties. **Horticulturae**, [S. I.], v. 10, n. 7, p. 711, 4 jul. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae10070711>.

FRAENKEL, G. et al. The nutrition of the mealworm, *Tenebrio molitor* L. (Tenebrionidae, Coleoptera). **Physiological Zoology**, v.23, p.92-108, 1950.

FREITAS, C. B. de et al. Utilização do *frass* na agricultura: benefícios e limitações. In: **Zootecnia: desafios e tendências da ciência e tecnologia**. v. 3. Ponta Grossa: Atena Editora, 2023. cap. 4, p. 22-29.

FUERTES-MENDIZÁBAL, T. et al. Mealworm *frass* as a potential organic fertilizer in synergy with PGP-based biostimulant for lettuce plants. **Agronomy**, [S. I.], v. 13, n. 5, p. 1258, 28 abr. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy13051258>.

GONDIM L. J. P. E. et al. Yellow mealworm *frass* (*Tenebrio molitor*) as a biofertilizer for tomato plants. **Scientia Agricola**, [S. I.], v. 82, p. 1-10, 2025. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2024-0198>.

GUO, J. et al. Reduction and reuse of forestry and agricultural bio-waste through innovative green utilization approaches: a review. **Forests**, [S. I.], v. 15, n. 8, p. 1372, 6 ago. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/f15081372>

HÉNAULT-ETHIER, L. et al. Opportunities and challenges in upcycling agri-food byproducts to generate insect manure (*frass*): a literature review. **Waste Management**, [S. I.], v. 176, p. 169-191, mar. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2023.12.033>.

HILL, D. S. Pests of stored foodstuffs and their control. **Dordrecht: Kluwer Academic Publishers**, 2003.

Houben, D. et al. Potential use of mealworm *frass* as a fertilizer: impact on crop growth and soil properties. **Scientific Reports**, [S. I.], v. 10, n. 1, p. 1-9, 13 mar. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-61765-x>.

KIM, T. K. et al. Edible insects as a protein source: a review of public perception, processing technology, and research trends. **Food Science of Animal Resources**, [S. I.], v. 39, n. 4, p. 521-540, ago. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2019.e53>.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, 5 (S1), p. 63-65. mai. 2007.

KOEVOETS, I. T. et al. Roots withstanding their environment: exploiting root system architecture responses to abiotic stress to improve crop tolerance. **Frontiers in Plant Science**, [S. I.], v. 07, p. 1-19, 31 ago. 2016. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.01335>.

KOTSOU, K. et al. Innovative applications of *Tenebrio molitor* Larvae in food product development: a comprehensive review. **Foods**, [S. I.], v. 12, n. 23, p. 1-19, 22 nov. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/foods12234223>.

KRUGER, J. A. **Criação de Tenebrio molitor como fonte suplementar na dieta de peixes ornamentais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2019.

LABELLA, R. et al. Germination behavior and geographical information system-based phenotyping of root hairs to evaluate the effects of different sources of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval *frass* on herbaceous crops. **Plants**, [S. I.], v. 13, n. 2, p. 1-21, 14 jan. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/plants13020230>.

LI, Y. et al. Nutritional values, bioactive compounds and health benefits of purslane (*Portulaca oleracea* L.): a comprehensive review. **Food Science and Human Wellness**, [S. I.], v. 13, n. 5, p. 2480-2501, set. 2024. Tsinghua University Press. <http://dx.doi.org/10.26599/fshw.2022.9250203>.

LIBERALESSO, A. M.; OLIVEIRA, L. Plantas alimentícias não convencionais (PANC): uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 22, p. 122-136, 2020. http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/20_02_016.

MADAU, F. A. et al. Insect farming for feed and food production from a circular business model perspective. **Sustainability**, [S. I.], v. 12, n. 13, p. 5418, 4 jul. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su12135418>.

MADEIRA, N. R.; KINUPP, V. F. *Portulaca oleracea* (beldroega). In: CORADIN, L. et al. (org.). **Plantas para o futuro: Região Norte**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2018. cap. 5, p. 456-463.

- MATOS, F. M. D.; CASTRO, R. J. S. D. Insetos comestíveis como potenciais fontes de proteínas para obtenção de peptídeos bioativos. **Brazilian Journal of Food Technology**, [S. I.], v. 24, p. 1-13, 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.04420>.
- MIYANISHI, K.; CAVERS, P. B. The biology of Canadian weeds. 40. *Portulaca oleracea* L. Canadian **Journal of Plant Science**, v. 60, n. 3, p. 95-963, 1980.
- NASCIMENTO, A. F. D. et al. Insetos: alimento sustentável para nutrição animal. In: SILVA, A. L. C. et al. (org.). **Sustentabilidade no agronegócio**. Guarujá: Editora Científica Digital, 2021. p. 159-201.
- NYANZIRA, A. et al. Analysis of *frass* excreted by *Tenebrio molitor* for use as fertilizer. **Entomology and Applied Science Letters**, [S. I.], v. 10, n. 1, p. 29-37, 2023. Polaris. <http://dx.doi.org/10.51847/xbw1oofqxn>.
- OLIVEIRA, W. A. S. et al. Técnicas de manejo de resíduos orgânicos. In: SOUZA, T. (coord.). **Manejo agroecológico de resíduos orgânicos**. 1. ed. Bananeiras: Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agroecologia, 2025. cap. 2, p. 17-35.
- POVEDA, J. Insect *frass* in the development of sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, [S. I.], v. 41, n. 1, p. 1-10, 7 jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-020-00656-x>.
- PRAEG, N.; KLAMMSTEINER, T. Primary study on *frass* fertilizers from mass-reared insects: species variation, heat treatment effects, and implications for soil application at laboratory scale. **Journal of Environmental Management**, [S. I.], v. 356, p. 1-11, abr. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120622>.
- SÁ, T. S. D. **Beldroega (*Portulaca oleracea* L.): potenciais como recurso genético para alimentação**. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2020.
- SAFITRI, R. A. et al. Exploring potential uses of insect *frass* for agricultural production considering its nutrients, and chemical and microbiological safety. **Journal of Insects as Food and Feed**, [S. I.], v. 11, n. 17, p. 167-190, 27 nov. 2024. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1163/23524588-00001224>.
- SIDDIQUI, S. A. et al. Unravelling the potential of insects for medicinal purposes - A comprehensive review. **Heliyon**, [S. I.], v. 9, n. 5, p. 1-17, maio 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15938>.
- SRIVASTAVA, R.; SRIVASTAVA, V.; SINGH, A. Multipurpose benefits of an underexplored species purslane (*Portulaca oleracea* L.): a critical review. **Environmental Management**, [S. I.], v. 72, n. 2, p. 309-320, 15 mar. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-021-01456-z>.
- SU, H. et al. Black soldier fly larvae as a novel protein feed resource promoting circular economy in agriculture. **Insects**, [S. I.], v. 16, n. 8, p. 830, 10 ago. 2025. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/insects16080830>.

SUJII, E. R. et al. Controle de artrópodes-praga com insetos predadores. In: FONTES, E. M G.; VALADARES-INGLIS, M. C. (org.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 113-137. ISBN 978-65-86056-01-3.

TEIBO, J. O. et al. Bioactive compounds and pharmacological properties of *Portulaca oleracea*. **Scientific African**, [S. I.], p. 1-41, mar. 2026. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sciaf.2026.e03311>.

TULER, A. C. et al. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, [S. I.], v. 70, p. 1-12, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201970077>.

UDDIN, M. D. K. et al. Purslane Weed (*Portulaca oleracea*): a prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes. **The Scientific World Journal**, [S. I.], v. 2014, p. 1-6, 2014. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/951019>.

VERARDI, A. et al. *Tenebrio molitor* Frass: a cutting-edge biofertilizer for sustainable agriculture and advanced adsorbent precursor for environmental remediation. **Agronomy**, [S. I.], v. 15, n. 3, p. 758, 20 mar. 2025. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy15030758>.

VOMMARO, M. L. et al. Anatomical changes of *Tenebrio molitor* and *Tribolium castaneum* during complete metamorphosis. **Cell and Tissue Research**, [S. I.], v. 396, n. 1, p. 19-40, 27 fev. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00441-024-03877-8>.

WATSON, C.; PREIBING, T.; WICHERN, F. Plant nitrogen uptake from insect *frass* is affected by the nitrification rate as revealed by urease and nitrification inhibitors. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, [S. I.], v. 5, p. 1-14, 27 out. 2021. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2021.721840>.

ZUNZUNEGUI, I. et al. Analysis of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) *frass* as a resource for a sustainable agriculture in the current context of insect farming industry growth. **Journal of Cleaner Production**, [S. I.], v. 460, p. 142608, jul. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142608>.



Universidade Federal
de São João del-Rei

ANEXO A

Termo de autorização para publicação no Repositório Institucional da UFSJ

Eu, Tatiane Aparecida Da Silva Teixeira, RG MG-21.842.492, Org. Exp. Polícia Civil do Estado de Minas Gerais, CPF 1147284466, e-mail: tatianeteixeira452@aluno.ufsj.edu.br, telefone (31) 996743033, na qualidade de titular dos direitos de autor que recaem sobre minha produção: (x) trabalho de conclusão de curso () dissertação de mestrado () tese de doutorado (outro). Título: Estudo preliminar do uso do resíduo de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) no cultivo da beldroega (*Portulaca oleracea* L.) defendida em: 03/07/2026 no programa de (x) Graduação () Pós-Graduação em , com fundamento nas disposições sobre direitos autorais (Lei nº 9.610 de 19 de fevereiro de 1998), autorizo a Universidade Federal de São João del-Rei a disponibilizar gratuitamente a obra citada, sem ressarcimento de direitos autorais, para fins de leitura e impressão, a título de divulgação da produção científica gerada pela universidade, a partir desta data. Autorizo a liberação:

(x) Total () Parcial (serão disponibilizados apenas resumo, palavras-chave, e os dados: autor, título, membros da banca examinadora, data de defesa, entre outros).

Motivo: _____.

Obs.:

- No caso de liberação parcial, a dissertação/tese impressa não poderá ser consultada no acervo.
- Estou ciente que, em caso de liberação parcial, o documento será mantido nesta opção durante 1 (um) ano a partir da data de autorização da publicação. Para ampliação deste prazo, devo manifestar-me junto a Dibib/UFSJ. Para liberação antes do prazo estipulado, formalizarei a autorização. Se não houver manifestação, o texto completo da dissertação/tese será liberado em sua totalidade e a versão impressa será disponibilizada para consulta.
- O conteúdo disponibilizado é de minha inteira responsabilidade.

Sete Lagoas, MG, 3 de Julho de 2026.



Documento assinado digitalmente
TATIANE APARECIDA DA SILVA TEIXEIRA
Data: 16/07/2026 10:13:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor