



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
CURSO BACHARELADO EM AGRONOMIA

**BENEFÍCIOS DA BORRA DE CAFÉ ESPECIAL NO SUBSTRATO NA
GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DA BERINJELA**

Amanda Caroline Silva Batista

Morrinhos – GO

Abril, 2025

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
CURSO BACHARELADO EM AGRONOMIA

**BENEFÍCIOS DA BORRA DE CAFÉ ESPECIAL NO SUBSTRATO NA
GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DA BERINJELA**

Amanda Caroline Silva Batista

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto Federal Goiano
– Campus Morrinhos, como requisito
parcial para a obtenção do Grau de
Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Vieira da
Silva

Morrinhos – GO

Abril, 2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

B333b Batista, Amanda Caroline Silva.

Benefícios da borra de café especial no substrato, na germinação e desenvolvimento inicial da Berinjela. / Amanda Caroline Silva Batista. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2025.

35 f. : il.

Orientador: Dr. Rodrigo Vieira da Silva.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Bacharelado em Agronomia, 2025.

1. *Solanum melongena* L. 2. Adubos e fertilizantes orgânicos. 3. Sustentabilidade agrícola. I. Silva, Rodrigo Vieira da. II. Instituto Federal Goiano. III. Título.

CDU 635.5

Fonte: Elaborado pela Bibliotecária-documentalista Morgana Guimarães, CRB1/2837

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente

AMANDA CAROLINE SILVA BATISTA
Data: 08/04/2025 19:38:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

Data

Assinatur



Documento assinado digitalmente

RODRIGO VIEIRA DA SILVA

Data: 10/04/2025 01:15:11-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

torais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 50/2025 - CCEG-MO/CEG-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos quatro dias do mês de abril do ano **2025**, no prédio da Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos reuniram-se as 14:00 h, a Banca de Avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). A mesma, composta pelo professor Dr. **Rodrigo Vieira da Silva**, a **prof. Drª Andreia Santos Cezario** e a **pesquisadora Ma. Gabriela Araujo Martins**, sob a presidência do primeiro, para avaliar o Trabalho de Conclusão de Curso do discente **Amanda Caroline Silva Batista** intitulado “**BENEFÍCIOS DA BORRA DE CAFÉ ESPECIAL NO SUBSTRATO NA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DA BERINJELA**”. Requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM AGRONOMIA. Ao iniciar os trabalhos, o presidente da Banca Avaliadora cedeu o tempo regulamentar para que a discente fizesse a apresentação do seu trabalho, a seguir ocorreu a arguição dos Membros da Banca de Avaliação. Na terceira etapa a banca avaliou o desempenho da estudante. Concluído essas etapas o trabalho foi considerado:

x Aprovado

Aprovado com ressalvas

NOTA

8,8

Reprovado

Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva

Orientador - IF Goiano, Campus Morrinhos, GO

Prof. Drª Andréia Santos Cezario

Membro - IF Goiano, Campus Morrinhos, GO

Pesquisadora. Ma. Gabriela Araujo Martins

Membro - IF Goiano, Campus Morrinhos, GO

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rodrigo Vieira da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 06/04/2025 23:01:11.
- **Gabriela Araujo Martins, 2022104330440008 - Discente**, em 07/04/2025 03:53:57.
- **Andreia Santos Cezario, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 08/04/2025 13:10:16.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 06/04/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 695638

Código de Autenticação: 3edfa866a1



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Morrinhos

Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000

(64) 3413-7900

AGRADECIMENTOS

A gratidão é um sentimento poderoso que nos leva a reconhecer aqueles que foram fundamentais em nossa jornada de crescimento e formação. Nesse caminho, alguns pilares se destacam: Deus, meus pais, amigos, meu orientador e ao meu namorado. Em primeiro lugar, quero expressar minha profunda gratidão a Deus.

É Ele que guia nossos passos, nos dá força nos momentos difíceis e ilumina nosso caminho. Sua orientação e proteção têm sido a âncora que me sustentou nos momentos de incerteza e desafio. Sou grato por Sua presença constante em minha vida e por Sua graça que me fortalece.

À minha família, meus pais em particular, minha mãe Ana Cristina da Silva Batista e ao meu pai Adilson José Batista dedico um agradecimento sincero. Eles foram os alicerces da minha jornada de aprendizado, oferecendo amor, suporte e orientação. Seu sacrifício e incentivo moldaram quem sou hoje. Suas palavras de sabedoria e exemplo de dedicação ao trabalho são um farol que ilumina meu caminho.

Meu namorado, meu companheiro e cúmplice, merece um agradecimento especial. Seu apoio inabalável, compreensão e encorajamento foram um impulso incrível em minha busca por conhecimento. Sua presença constante e seu amor tornaram os desafios mais suportáveis e as vitórias mais significativas.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão por toda a orientação prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva e apoio que você me proporcionou ao longo deste período. Estou imensamente grato por ter tido a oportunidade de aprender sob sua orientação.

Gratidão ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, bem como a todos os professores, técnicos administrativos e colaboradores terceirizados que desempenharam um papel importante na minha trajetória acadêmica.

A gratidão que sinto é imensurável, e prometo honrar o apoio que recebi, continuando a crescer, aprender e contribuir para um mundo melhor.

RESUMO

A berinjela é uma hortaliça de grande importância econômica no Brasil e o substrato representa um dos principais insumos. Assim, o presente estudo teve o objetivo de avaliar os efeitos da incorporação da borra de café especial no substrato sobre a germinação e o crescimento inicial da berinjela. O ensaio foi feito em casa de vegetação utilizando delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos, 0%, 5%, 10%, 20%, 40% e 50% de borra de café misturada ao substrato comercial carolina®. As bandejas, em número de 4 foram separadas colocadas 20 unidades para cada um, totalizando 80 sementes para cada tratamento. Aos 30 dias após o semeio avaliou-se as variáveis emergência, altura das plantas, número de folhas, comprimento das raízes, massa fresca e da parte aérea e do sistema radicular. Os resultados indicaram que concentrações moderadas de borra de café (5% a 10%) promoveram um incremento significativo na germinação e no desenvolvimento inicial das mudas de berinjela. O tratamento com 10% de borra de café apresentou os melhores desempenhos em altura (3,0 cm), número de folhas (3,0) e comprimento radicular (4,0 cm). A aplicação de 50% de borra de café no substrato resultou em redução significativa na emergência, na altura e no comprimento radicular. A concentração de 10% foi a mais eficiente para promover o desenvolvimento inicial das mudas, enquanto doses elevadas (acima de 40%) podem comprometer a germinação e o crescimento das plantas. Assim, o uso sustentável desse resíduo na agricultura pode contribuir para a redução do desperdício e para a melhoria da fertilidade do solo, desde que manejado de forma adequada.

Palavras-chave: Adubação orgânica, *Solanum melongena* L., substrato alternativo, sustentabilidade agrícola.

ABSTRACT

Eggplant is a vegetable of great economic importance in Brazil and the substrate represents one of the main inputs. Thus, the present study aimed to evaluate the effects of incorporating special coffee grounds into the substrate on germination and initial growth of eggplant. The experiment was conducted in a greenhouse using a completely randomized design with six treatments: 0%, 5%, 10%, 20%, 40% and 50% of coffee grounds mixed with commercial substrate carolina, where 4 trays were separated and 20 units were placed for each one, totaling 80 plants for each treatment. The variables emergence, plant height, number of leaves, root length, fresh and dry mass of the aerial part and root system were evaluated. The results indicated that moderate concentrations of coffee grounds (5% and 10%) promoted a significant increase in germination and initial development of eggplant seedlings. The treatment with 10% coffee grounds showed the best performances in height (3.0 cm), number of leaves (3.0) and root length (4.0 cm). The addition of coffee grounds in small proportions favored the availability of essential nutrients and the structuring of the substrate, providing better conditions for plant development. The application of 50% coffee grounds to the substrate resulted in a significant reduction in emergence, height and root length. The 10% concentration was the most efficient in promoting the initial development of seedlings, while high doses (above 40%) can compromise germination and plant growth. Therefore, the sustainable use of this residue in agriculture can contribute to reducing waste and improving soil fertility, as long as it is managed properly.

Keywords: Alternative substrate, *Solanum melongena* L., organic fertilization, agricultural sustainability.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1. Berinjela	9
2.2. Borra de café especial como substrato	9
2.3. Substratos	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivo específico.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Informações Gerais.....	15
3.2 Obtenção da borra de café especial	15
3.3 Cultivar de berinjela e Preparação do substrato	16
3.4 Delineamento experimental.....	17
3.5 Instalação do experimento.....	18
3.6 Avaliações das variáveis	19
3.7 Análise estatística	20
4. RESULTADOS e DISCUSSÕES	20
5. CONCLUSÃO.....	311
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	311

INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma espécie vegetal da família das solanáceas, que inclui outras hortaliças de grande importância socioeconômica, a exemplo do tomate, pimentão, batata inglesa e o jiló.

Informações do último levantamento divulgado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) apontam que a produção mundial de berinjela e área plantada têm crescido de forma ascendente. No último ano abrangido pelo levantamento da FAO, a produção mundial da cultura foi de 52 milhões de toneladas em mais de 1,8 milhões de hectares. Dessa forma, a produtividade média da cultura a nível mundial é de 28,15 t/ha (Faostat, 2019). China e Índia são os principais produtores a nível mundial. .

O estado de Rio de Janeiro é o principal polo produtor (43%), seguida por Bahia com (20%) e São Paulo (15%) (PEREIRA, 2020). Vale salientar que a demanda por berinjela está em constante crescimento devido às propriedades medicinais dos frutos, como a capacidade de reduzir os níveis de colesterol e à sua riqueza em sais minerais e vitaminas (GONÇALVES et al., 2006).

No Brasil, o café é amplamente consumido, sendo a segunda bebida mais popular do país, atrás apenas da água. Esse hábito gera uma quantidade significativa de resíduos, especialmente a borra de café, subproduto resultante do preparo da bebida.

Entre novembro de 2023 e outubro de 2024, o consumo de café no país aumentou 1,1% em relação ao período anterior, totalizando 21,9 milhões de sacas. Esse volume representa 40,4% da safra nacional de 2024, estimada em 54,21 milhões de sacas pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (Associação Brasileira da Indústria do Café, 2025).

O consumo anual corresponde a aproximadamente 1,314 milhão de toneladas de café, o que resulta na geração de cerca de 854 mil toneladas de borra de café. A destinação adequada desse resíduo é fundamental para minimizar impactos ambientais e promover práticas sustentáveis na gestão de resíduos orgânicos.

A literatura específica sobre a utilização da borra de café proveniente de cafés especiais é limitada. Cafés especiais são caracterizados por grãos de alta qualidade, cultivados sob práticas agrícolas rigorosas que visam realçar atributos sensoriais superiores. No atual contexto dos consumidores de café, sua bebida é buscada por uma

experiência sensorial de alta qualidade; visando a valorização na cadeia de produção (MARTINEZ, 2014).

Contudo, a excelência do grão está ligada a uma série de elementos, como suas propriedades físicas, químicas e sensoriais, bem como os fatores genéticos e ambientais que influenciarão no resultado final da bebida (FREITAS, 2020). Essas práticas podem influenciar a composição química da borra resultante, potencialmente aumentando a concentração de nutrientes e compostos benéficos.

Assim, são necessárias pesquisas adicionais para confirmar essa hipótese e determinar os efeitos específicos da borra de café especial na agricultura.

É importante ressaltar que a aplicação de qualquer tipo de borra de café no solo deve ser precedida por processos como a compostagem, visando estabilizar a matéria orgânica e eliminar possíveis compostos fitotóxicos (MELO et al., 2019). Além disso, a dosagem e a forma de aplicação devem ser cuidadosamente controladas para evitar efeitos adversos no desenvolvimento das plantas.

A utilização de compostos orgânicos tem a capacidade de atender à demanda por adubação química ou substrato comercial. Entre essas opções de substratos alternativos, destaca-se a borra de café, um produto orgânico abundante frequentemente descartado no lixo doméstico.

Devido à sua riqueza em matéria orgânica, apresenta potencial para o cultivo de mudas de hortaliças (VIDAL et al., 2007; GARCIA et al., 2016). Outra opção promissora de substrato é a compostagem, que envolve a mistura e decomposição de diversos resíduos, resultando em um composto rico em matéria orgânica e diversos nutrientes (OLIVEIRA et al., 2004).

A borra de café especial possui um conteúdo nutricional superior em comparação com a borra de cafés comuns, devido à qualidade do grão utilizado. De acordo com a pesquisa de Lima et al. (2018).

Esses cuidados durante o cultivo e processamento do café resultam em uma borra mais rica em compostos bioativos, como os polifenóis, que conferem propriedades antioxidantes. Além disso, a borra de café especial contém uma maior concentração de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, como o nitrogênio e o fósforo, tornando-a uma opção atraente para uso agrícola (SOUZA et al., 2021).

A crescente demanda por café no Brasil e no exterior gera um aumento significativo de resíduos, exigindo soluções sustentáveis. A pesquisa propõe o reaproveitamento da borra de café especial em substratos agrícolas, visando a produção

de mudas. Essa abordagem busca reduzir impactos ambientais e fomentar práticas agrícolas mais sustentáveis. Identificar a proporção ideal da borra é essencial para sua aplicação eficiente.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Berinjela

A berinjela é uma hortaliça adaptada às condições climáticas tropicais e subtropicais. A nível mundial, a produção da berinjela excede 58 milhões de toneladas de uma área de aproximadamente 1,9 milhões de ha (FAOSTAT 2021). No mercado nacional, a preferência recai sobre a berinjela de formato mais alongado e tonalidade roxo-escuro. No entanto, em feiras e supermercados, é possível encontrar frutos variando em tamanhos, formas e cores distintas. Importante destacar a diversidade de tonalidades da berinjela, incluindo opções branca, roxa, quase preta, mescladas entre roxo e branco, rosas e verdes. Aquelas de coloração rosa ou púrpura são denominadas como tipo italiano, caracterizadas por uma menor quantidade de sementes e uma polpa mais adocicada (MAROUELLI et al., 2014).

Quanto à altura da planta, a berinjela é classificada como arbustiva, com potencial para alcançar aproximadamente de 1,0 a 1,8 m de altura, exibindo um caule semi-lenhoso e vertical. O sistema radicular da berinjela pode penetrar a uma profundidade superior a 1,0 m. É relevante notar que algumas variedades podem apresentar espinhos. As folhas da berinjela têm formas ovais ou oblongo-ovais, enquanto as flores possuem diâmetro de 3 a 5 cm (SILVA, 2019).

A berinjela prospera em condições climáticas mais quentes, com uma faixa de temperatura preferencial entre 25 a 35 °C e umidade relativa média de 80% (EMBRAPA, 2007). A colheita dos frutos da berinjela começa aproximadamente 100 dias após o plantio e estende-se ao longo de mais 3 meses (BILIBIO et al., 2010). Diante do exposto, fica evidente a relevância da composição do substrato na produção de mudas, especialmente quanto à utilização de resíduos orgânicos.

2.2. Borra de café especial como substrato

Durante a preparação do café, um subproduto conhecido como borra é gerado, a borra de café especial possui um conteúdo nutricional superior em comparação com a borra de cafés comuns, devido à qualidade do grão utilizado. De acordo com a pesquisa

de Lima et al. (2018), o café especial é cultivado em condições mais controladas e com técnicas de produção que visam preservar as características organolépticas do grão. Esses cuidados durante o cultivo e processamento do café resultam em uma borra mais rica em compostos bioativos, como os polifenóis, que conferem propriedades antioxidantes.

A borra de café especial contém uma maior concentração de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, como o nitrogênio e o fósforo, tornando-a uma opção atraente para uso agrícola (SOUZA et al., 2021).

Esse material apresenta altos teores de matéria orgânica, açúcares e compostos químicos variados, sendo frequentemente descartado de forma inadequada. Segundo Moral et al. (2005), a reutilização desse resíduo como fertilizante orgânico ou condicionador de solo pode melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis. Pesquisas indicam que sua aplicação em sistemas de cultivo, como na cafeicultura orgânica, pode aumentar a área foliar e o número de botões florais em cafeeiros, como demonstrado por Carvalho et al. (2013) e Gullo (2007).

A relação carbono/nitrogênio (C/N) é um parâmetro crucial na avaliação de materiais orgânicos utilizados como fertilizantes, influenciando diretamente a decomposição e a disponibilidade de nutrientes para as plantas. A borra de café, apresenta uma relação C/N que varia entre 15 e 20, sendo considerada adequada para a compostagem e utilização direta no solo (SILVA et al., 2020).

No cultivo da berinjela, a aplicação de materiais orgânicos com relação C/N equilibrada, pode promover benefícios significativos. Estudos indicam que a adição de borra de café ao solo melhora a estrutura física, aumenta a retenção de umidade e fornece nutrientes essenciais, favorecendo o desenvolvimento da planta (OLIVEIRA e SANTOS, 2019).

Entretanto, é fundamental monitorar as quantidades aplicadas, pois o excesso de matéria orgânica pode levar à imobilização temporária de nitrogênio, afetando negativamente o crescimento das plantas. Portanto, recomenda-se a realização de compostagem prévia ou a mistura com outros materiais para equilibrar a relação C/N antes da aplicação no cultivo de berinjela (FERREIRA et al., 2018).

A composição química da borra de café confere a ela propriedades que favorecem sua aplicação como adubo orgânico, uma vez que promove a retenção de umidade no solo, melhora a estrutura física e contribui para a disponibilidade de nutrientes às plantas (Ferreira & Oliveira, 2018).

Além disso, sua degradação no ambiente libera compostos fenólicos e ácidos orgânicos que podem afetar a microbiota do solo e influenciar no crescimento vegetal (Santos & Almeida, 2019).

A borra de café também pode ser utilizada como fonte de carbono na compostagem, favorecendo o equilíbrio da relação carbono/nitrogênio e acelerando a decomposição de resíduos orgânicos (COSTA et al., 2022). Entretanto, seu uso deve ser realizado com cautela, pois a aplicação excessiva pode levar à liberação de compostos fitotóxicos e afetar a germinação de sementes (MARTINS & SOUZA, 2020).

Dessa forma, a borra de café tem potencial para ser reaproveitada na agricultura sustentável, reduzindo o desperdício de resíduos e promovendo benefícios ao solo e às plantas. No entanto, pesquisas adicionais são necessárias para otimizar seu uso e evitar possíveis impactos negativos na produtividade agrícola (LIMA et al., 2021).

Entretanto, sua reutilização, especialmente na compostagem, oferece uma solução sustentável. Ao ser compostada, a borra contribui para a produção de fertilizantes ricos em nutrientes, além de equilibrar o pH do composto e acelerar o processo de decomposição. Essa prática reduz o desperdício e promove um ciclo sustentável de nutrientes no solo, prevenindo o acúmulo de resíduos orgânicos em aterros sanitários (SANTOS, 2020).

Apesar das vantagens associadas ao uso da borra de café, seu aproveitamento enfrenta desafios significativos, especialmente em escala industrial, onde frequentemente é tratada como resíduo sem valor. A logística de coleta e a viabilidade comercial da produção em larga escala são obstáculos que precisam ser superados para uma utilização mais ampla desse resíduo (SILVA, 2023).

Pesquisas sobre sua valorização pode ampliar seu uso em diferentes aplicações, como substrato para o cultivo de fungos ou matéria-prima para produtos sustentáveis, incluindo bioplásticos e cosméticos (HERMANN, 2020).

A borra de café é uma fonte importante de compostos bioativos, como polifenóis e antioxidantes, que podem ser de grande interesse para a indústria cosmética, agregando valor a um resíduo disponível em grandes quantidades (HERMANN, 2020). Essas estratégias ajudam a transformar um subproduto em um recurso valioso, promovendo a economia circular e reduzindo impactos ambientais relacionados ao descarte inadequado.

A borra de café tem sido amplamente estudada como um potencial insumo para a agricultura devido à sua rica composição nutricional e à possibilidade de reaproveitamento sustentável (SILVA et al., 2020). Esse resíduo orgânico contém

macronutrientes essenciais, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), além de micronutrientes, como cálcio (Ca), magnésio (Mg) e ferro (Fe), que desempenham funções fundamentais no desenvolvimento vegetal (RODRIGUES ALMEIDA, 2018).

O nitrogênio atua na síntese de aminoácidos e proteínas, promovendo o crescimento vegetativo e a formação de clorofila, essencial para a fotossíntese (FERREIRA et al., 2021). O fósforo, por sua vez, está envolvido na transferência de energia e na formação de ácidos nucleicos, contribuindo para o desenvolvimento radicular e a floração (LIMA & SOUZA, 2019). O potássio tem papel crucial na regulação osmótica e na ativação de enzimas, melhorando a tolerância das plantas a estresses ambientais (CARVALHO et al., 2022).

O cálcio favorece a divisão celular e a estabilidade estrutural das paredes celulares, enquanto o magnésio participa da síntese da clorofila e do metabolismo energético da planta (OLIVEIRA & SANTOS, 2017). O ferro, essencial na formação de enzimas e na respiração celular, garante um metabolismo eficiente e a produção adequada de energia (PEREIRA et al., 2020).

A borra de café melhora a fertilidade do solo e capacidade de retenção de umidade, além de fornecer nutrientes essenciais para o crescimento das plantas (MENDES et al., 2021). No entanto, seu uso deve ser manejado com cautela, pois altas concentrações podem levar a um desequilíbrio nutricional e à liberação de compostos fitotóxicos (GOMES & RIBEIRO, 2016).

A aplicação da borra de café como fertilizante apresenta grande potencial devido à sua abundância em matéria orgânica, assim como em macro e micronutrientes (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição orgânica e mineral da borra de café

Parâmetros	Concentração (%)
Matéria Orgânica	90,46
Carbono/Azoto (C/N)	22/1
Azoto	2,3
Fósforo	0,15
Potássio	0,35
Cálcio	0,08

Magnésio	0,13
Alumínio	0,03
Ferro	0,01

Fonte: Mussatto et al., 2011



Figura 1: Borra de café especial utilizada no experimento.

2.3. Substratos

O substrato desempenha um papel crucial na determinação da qualidade e vitalidade das mudas. É fundamental que o este proporcione condições ideais tanto do ponto de vista nutricional quanto hídrico durante as fases de germinação e desenvolvimento das mudas (SANTOS, 2016).

Para garantir uma boa sustentação das raízes é fundamental que o substrato ofereça a estrutura adequada para o desenvolvimento radicular das plantas. Além disso, a disponibilidade de nutrientes essenciais desempenha um papel vital no crescimento

saudável das mudas, sendo necessário que o substrato forneça esses elementos de maneira equilibrada e acessível às plantas (SILVA, 2019, apud LIMA, 2021).

Outro fator determinante a se observar em um substrato é a sua capacidade em facilitar a oxigenação, contribuindo para um ambiente propício ao desenvolvimento radicular e metabólico das mudas. A aeração adequada do substrato é essencial para evitar problemas como o encharcamento e garantir a absorção eficiente de oxigênio pelas raízes (ALMEIDA, 2018, apud SOUZA, 2020).

A escolha cuidadosa do substrato não apenas influencia diretamente a qualidade das mudas, mas também desempenha um papel estratégico no sucesso global do processo de germinação e desenvolvimento das plantas. A compreensão desses aspectos é crucial para garantir o êxito nos cultivos e o estabelecimento saudável das mudas no ambiente de plantio (COSTA 2017, apud PEREIRA, 2019).

Assim, o substrato exerce influência direta nas plantas, especialmente no comportamento germinativo, podendo apresentar características homogêneas ou não (DELARMELENA et al., 2014).

A berinjela, que tem raízes relativamente sensíveis a mudanças nas condições do solo, se beneficiou das características da borra de café, que proporcionou uma base nutritiva estável e propensa a melhorar a germinação das sementes e o crescimento inicial das mudas (SILVA et al., 2020).

Além disso, a borra de café especial, por sua composição rica em elementos como o potássio, pode atuar como um promotor do crescimento vegetativo das mudas de berinjela, resultando em plantas mais vigorosas e com maior resistência a doenças e pragas, como demonstrado por estudos de Souza et al. (2021). A presença de compostos bioativos na borra de café, como os polifenóis, também tem efeito positivo no controle de doenças fúngicas, oferecendo uma proteção natural para as mudas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial de mudas de berinjela com a utilização de borra de café especial como substratos.

2.2 Objetivo específico

Verificar a influência das diferentes concentrações de borra de café especial no desenvolvimento inicial de sementes de berinjela;

Determinar a melhor concentração de borra de café especial para o desenvolvimento de mudas de berinjela.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Informações Gerais

O experimento foi conduzido nos meses de outubro a novembro de 2023 em condições controladas de casa de vegetação do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, GO. A temperatura da casa de vegetação, foi monitorada a temperatura de 25 ± 2 °C.



Figura 2: Local do experimento: Casa de vegetação da Nematologia Agrícola do IF Goiano – Campus Morrinhos. Fonte: Google Earth.

3.2 Obtenção da borra de café especial

A borra de café utilizada nos experimentos foi obtida com a colaboração do professor orientador Rodrigo Vieira da Silva. Esse material foi derivado de cafés especiais provenientes da região do Sul de Minas Gerais, com pontuação superior a 84 pontos e torra média. A borra de café foi desidratada e armazenada por cerca de 6 meses. Antes

da utilização da borra de café especial realizou-se um processo de peneiramento para remover os aglomerados mais compactados, garantindo a homogeneidade do material para os tratamentos (Figura 3).

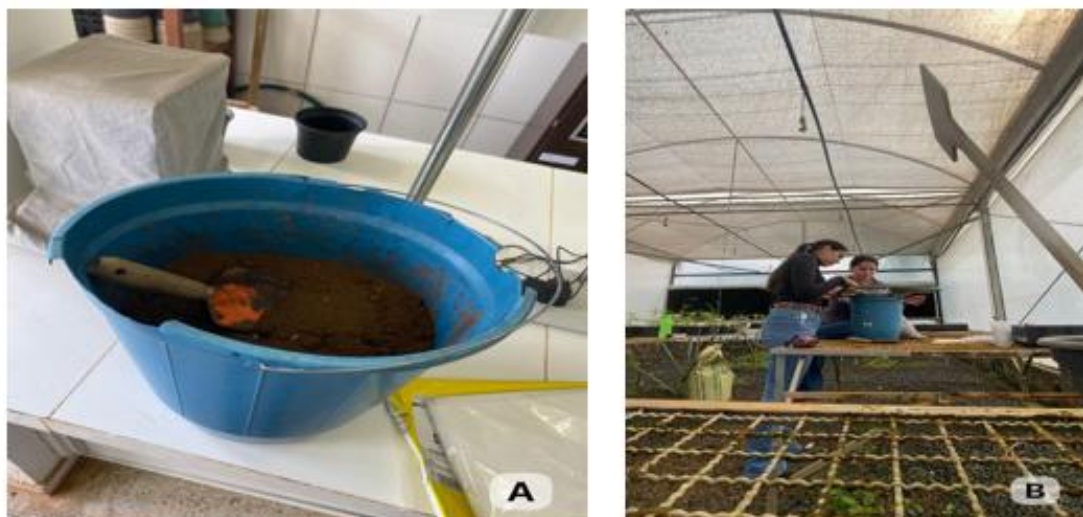


Figura 3: A: Borra de café especial com as impurezas; B: Peneirando a borra de café.

3.3 Cultivar de berinjela e Preparação do substrato

Foram utilizadas sementes de berinjela preta cumprida da cultivar Isla Super. Inicialmente realizou-se a semeadura em bandejas plásticas contendo 200 células. Foi utilizado substrato juntamente com borra de café. A borra de café foi inicialmente peneirada para remover impurezas e uniformizar a textura. Após esse processo, a borra foi misturada ao substrato de forma homogênea. Em seguida, essa mistura foi depositada em bandejas, variando as concentrações de borra de café utilizadas em cada uma. As doses de borra de café foram pesadas e separadas, utilizando-se várias quantidades diferentes para obter diferentes concentrações. Após peneirar, cada quantidade de borra de café foi cuidadosamente medida e misturada ao substrato. As misturas foram então distribuídas em bandejas específicas, assegurando a variação nas concentrações de borra de café em cada bandeja.

O substrato constituiu-se da combinação do produto comercial Carolina® (turfa shagnum, vermiculita, casca de arroz carbonizada, resíduos orgânicos, NPK, calcário e hidrofibra).



Figura 4: A: Substrato comercial Carolina®; B: embalagem de semente de berinjela; C: Bandejas de polietileno.

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos, com quatro repetições, e cada repetição foi composta por 20 sementes, totalizando 80 sementes por tratamento. Que representaram diferentes concentrações de borra de café: 0%, 5%, 10%, 20%, 40% e 50%. Esses tratamentos foram combinados com o substrato comercial Carolina®, e foram realizados em quatro repetições, cada uma composta por 20 sementes.

A proporção relativa entre o substrato e a borra de café em cada tratamento está detalhada na Tabela 3. Esta tabela fornece uma visão clara e objetiva dos componentes avaliados, facilitando a compreensão da estrutura do experimento.

Tabela 3: Tratamentos considerando as diferentes concentrações de substrato comercial e borra de café especial empregadas no experimento.

Tratamento	Concentração de Borra de Café	Concentração de Substrato Carolina®
T1	0% - 0g	100%
T2	5% - 25g	95%
T3	10% - 50g	90%
T4	20% - 100g	80%

T5	40% - 200g	60%
T6	50% - 250g	50%

3.5 Instalação do experimento

Para a execução do experimento foram realizados os cálculos específicos para determinar a proporção adequada de borra de café especial em cada tratamento, considerando as proporções ideais do substrato. O experimento foi realizado em bandejas de polietileno com 200 células, cada uma com capacidade de 18 cm³, destinadas à produção de mudas. A semeadura foi realizada no mesmo dia, garantindo uniformidade na distribuição dos insumos entre os tratamentos e possibilitando uma análise confiável dos efeitos em cada unidade experimental (Figura 5).

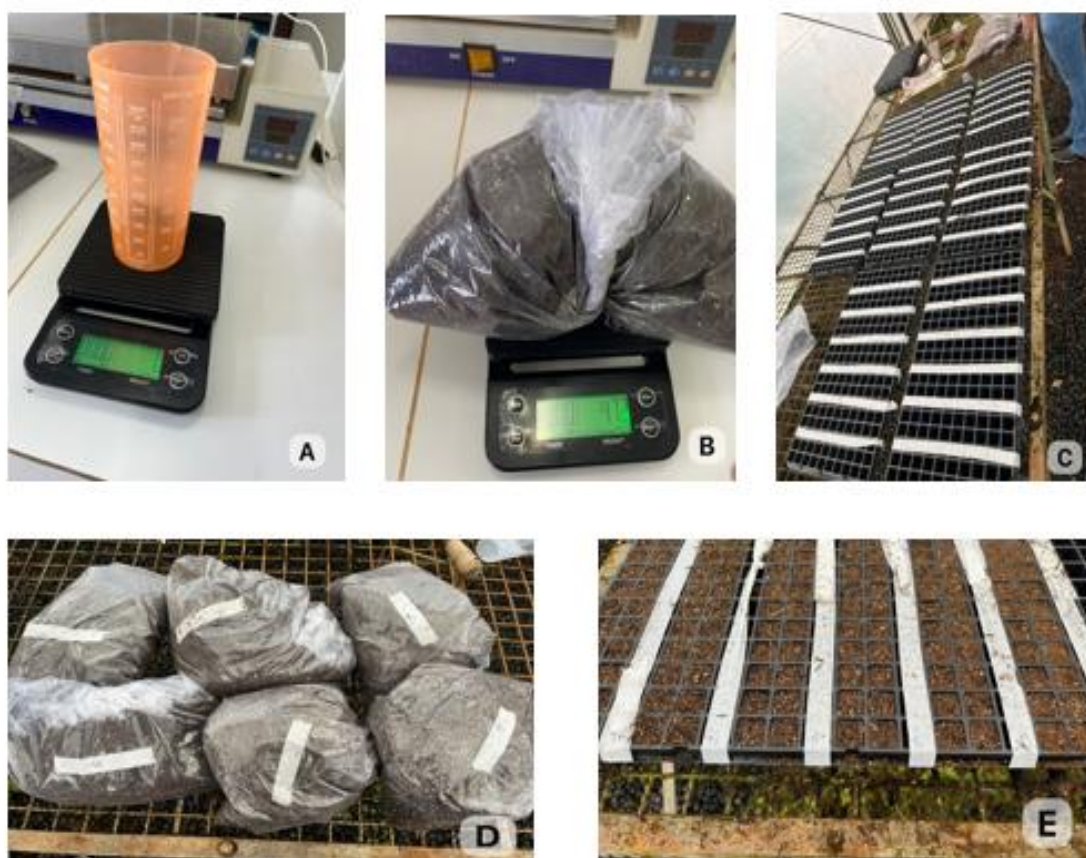


Figura 5: Fases do processo de instalação do experimento. A: Copo medidor utilizado para facilitar a quantificação da borra de café; B: Balança de precisão; C: Bandejas devidamente preparadas para a montagem do experimento; D: Mistura de borra de café com substrato comercial Carolina®; E: Bandejas contendo o substrato já semeado.

3.6 Avaliações das variáveis

Durante o período experimental foi realizado um monitoramento visual diário do processo. As análises da emergência de plântulas de berinjela ocorreram aos 10, 20 e 30 dias após a semeadura (DAS), em intervalos de 10 dias, com o propósito de registrar a quantidade de plantas emergidas ao longo do estudo. Esse procedimento permitiu observar a taxa de germinação e emergência em resposta às diferentes proporções de borra de café aplicadas.

As avaliações das variáveis experimentais foram realizadas aos 35 dias após a semeadura, considerando as seguintes variáveis: massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) e das raízes (MFR), número de folhas (NFP), comprimento das raízes (CR) e altura da planta (ALT). As raízes foram lavadas em água corrente para remover resíduos de substrato e borra de café. Posteriormente, as plantas foram cortadas, separando as raízes da parte aérea, e envolvidas em papel toalha para eliminar o excesso de umidade.

Para determinar a massa seca das raízes e da parte aérea das plantas, as mesmas foram acondicionadas em envelopes de papel e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, mantida a 70 °C, por um período de 48 horas. As medições da massa de matéria fresca da raiz (MFR), bem como da massa de matéria fresca da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA), foram realizadas utilizando uma balança analítica com precisão de três casas decimais.

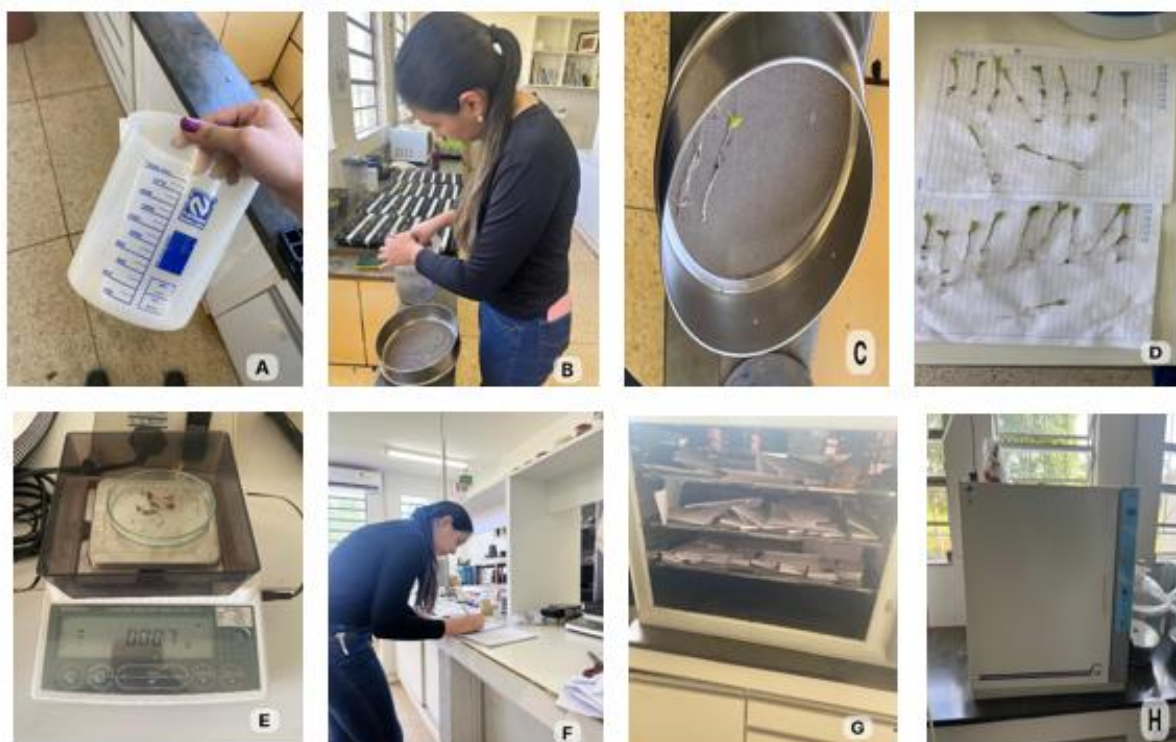


Figura 7: A: Recipiente de Becker usado para retirar o substrato das plantas; B: Ilustração do processo de remoção do substrato; C: Plantas com as raízes completamente limpas de substrato; D: Plantas organizadas para a medição do comprimento das raízes e secagem antes da pesagem; E: Balança analítica com precisão de três casas decimais; F: Registro dos dados referentes ao peso da parte aérea e das raízes; G: Envelopes utilizados para acondicionar as amostras na estufa de circulação forçada; H: Estufa de circulação forçada da marca Odontobras.

3.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise das variâncias e análise de regressão. As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2018).

4. RESULTADOS e DISCUSSÕES

Por meio da análise dos dados das variáveis vegetativas das plantas de berinjela cultivadas com diferentes concentrações de borra de café especial foi verificada diferença significativa ($P \geq 0,05$).

Em relação a variável emergência de plantas, o T1 (0%) apresentou, em média, uma emergência de 13,75 plantas de um total de 20 sementes. Em contrapartida, o tratamento T3 (10%) teve desempenho superior, com médias de emergência de 15,75

plantas, respectivamente. Esses resultados indicam que a adição de borra de café em baixas concentrações favoreceu a emergência das plântulas de berinjela.

No entanto, à medida que a concentração de borra de café aumentou, observou-se uma redução na emergência. Estudo realizado por (SILVA et al. 2018) demonstraram que substratos com concentrações moderadas de borra de café comum (geralmente em torno de 10-20%) melhoraram a emergência das plântulas devido à boa disponibilidade de nutrientes e à estrutura do substrato. O efeito positivo observado no T3 (10%) está alinhado com esses resultados, sugerindo que a borra de café especial, de maneira semelhante a borra de café comum, em baixas concentrações pode agir como um estimulante para a emergência das plântulas, possivelmente devido à melhoria na aeração e retenção de água do substrato, além da liberação gradual de nutrientes, o trabalho de (PEIXOTO, 2017) corrobora para esta avaliação, onde o trabalho dele utilizando borra de café tradicional, também obteve melhores resultados no tratamento T2 com 5% de borra de café tradicional, onde obteve resultados de plantas mais vigorosas.

Por outro lado, o tratamento T6 com 50% de borra de café, apresentou uma emergência média de apenas 4,25. Esses resultados sugerem que concentrações elevadas de borra de café podem exercer um impacto negativo na germinação. A diferença percentual do tratamento controle (T1) para o tratamento (T3) foi de 14,54%, indicando que a adição de borra de café em baixas concentrações pode promover um aumento significativo na emergência das plântulas. Em contrapartida, a diferença entre o T1 (controle) e o T6 (50%), que apresentou desempenho inferior, com uma média de 69,09%, evidencia o impacto prejudicial de concentrações elevadas na germinação e no desenvolvimento inicial da berinjela. Dessa forma, os resultados indicam que a adição de borra de café em baixas concentrações pode trazer benefícios para a germinação e a emergência das plântulas de berinjela, sendo o tratamento T3 (10%) os mais indicados para essa finalidade.

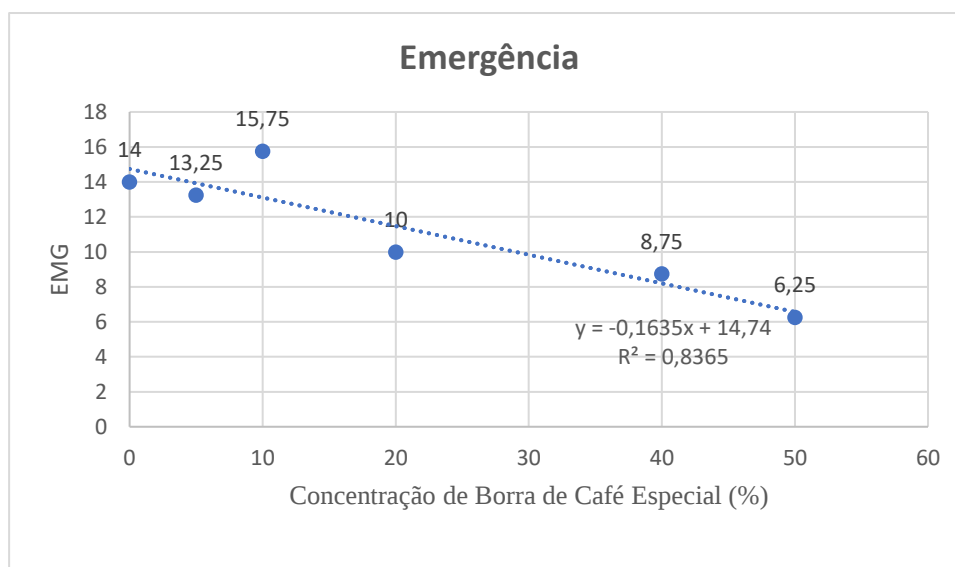


Figura 8: Emergência de plântulas de berinjela em função da variação na proporção de borra de café especial incorporada ao substrato comercial, em bandejas de polietileno contendo 200 células, com capacidade individual de 18 ml (cm³), utilizadas na produção de mudas.



Figura 9: A: Análise da emergência de plântulas aos 10 dias após a semeadura (DAS); B: Análise da emergência de plântulas aos 20 DAS; C: Análise da emergência de plântulas aos 30 DAS.

Em relação à altura de plantas o tratamento controle (0%), resultou em uma altura média de 2,5 cm por planta (Figura 10). Por outro lado, os tratamentos com 5% (T2) e 10% (T3) de borra de café especial, apresentaram os melhores resultados para a altura de plantas, alcançando médias de 2,8 cm e 3 cm, respectivamente. Esses dados indicam que a adubação moderada com borra de café pode favorecer o crescimento das plantas, possivelmente devido à liberação gradual de nutrientes essenciais e à melhoria nas propriedades físico-químicas do substrato.

A diferença percentual entre o tratamento controle (T1) e o melhor tratamento (T3) é de 20%, evidenciando o impacto positivo da borra de café na altura das plantas.

O tratamento T6, que utilizou a borra de café especial na concentração de 50% proporcionou um desempenho inferior em relação aos demais para a variável altura de plantas, com as plantas apresentando uma altura média de apenas 1,5 cm. Esse resultado sugere que concentrações elevadas de borra de café podem gerar efeitos negativos no crescimento das plantas, possivelmente devido ao excesso de compostos fitotóxicos ou à alteração da estrutura do solo, como a compactação ou o desequilíbrio de nutrientes essenciais. Notavelmente, a diferença percentual entre o tratamento controle (T1) e o tratamento mais prejudicial (T6) foi de 40%, ressaltando os efeitos adversos de uma alta concentração de borra de café na cultura da berinjela.

Em estudo realizado por (MAY et al. 2011), ao avaliar extratos de casca de café comum na germinação e crescimento de pepino, os autores observaram que baixas concentrações do extrato estimularam o desenvolvimento das plantas, enquanto altas concentrações inibiram o crescimento, atribuídas ao potencial alelopático da casca de café. Além disso, o uso de composto orgânico contendo maior concentração de borra de café na adubação do milho acarretou em desempenho inferior no desenvolvimento e produtividade das plantas, sugerindo que altas concentrações de borra de café podem ser prejudiciais ao crescimento vegetal (SOUZA, 2021).

Os dados gerados neste trabalho, em relação ao uso da borra de café especial no substrato para a produção de mudas de berinjela reforçam a importância de identificar concentrações ótimas de borra de café para uso como insumo agrícola, garantindo o aproveitamento sustentável desse resíduo, sem prejudicar o desenvolvimento do vegetal.

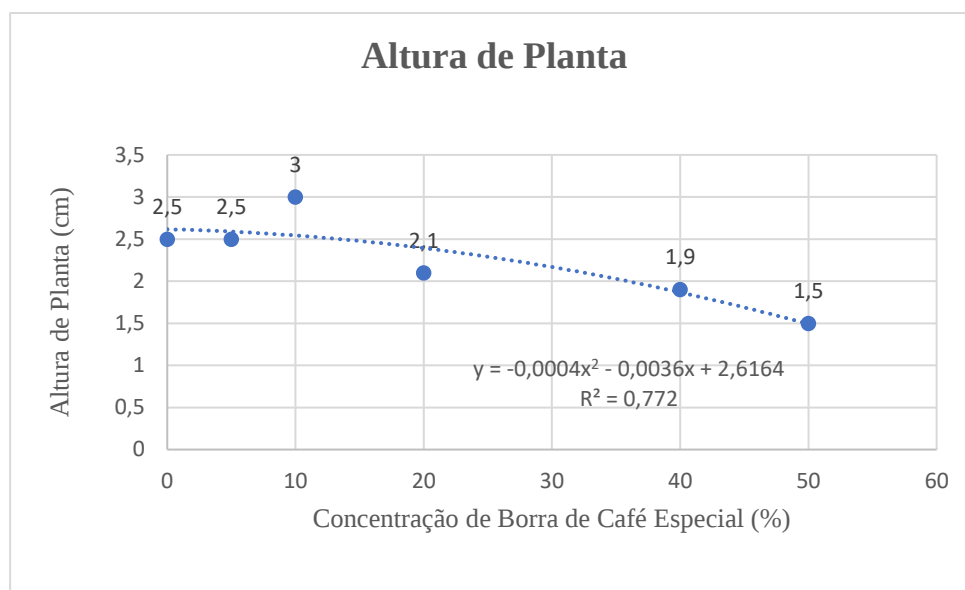


Figura 10: Valores das Médias de altura de plântulas de berinjela conforme a proporção de borra de café misturada ao substrato comercial em bandejas de polietileno com 200 células, cada uma com capacidade de 18 cm³, utilizadas na produção de mudas.

Em relação (figura 11), variável número de folha por planta, os resultados obtidos neste estudo indicam que o tratamento controle, sem a adição da borra de café especial (0%), resultou em uma altura média de 2,5 cm por planta de berinjela. Por outro lado, o T2 com 5% e T3 10% apresentaram os melhores resultados para a altura das plantas, com médias de 2,9 cm e 3 cm, respectivamente. Esses dados sugerem que a adubação moderada com borra de café favorece o crescimento das plantas, possivelmente devido à liberação gradual de nutrientes essenciais e à melhoria nas propriedades físico-químicas do substrato. A diferença percentual entre o tratamento controle (T1) e o tratamento mais eficaz (T3) é de 20%, evidenciando o impacto positivo da borra de café na altura das plantas.

Em contrapartida, o T6 com 50% de borra de café especial teve um desempenho inferior, com a altura média de 1,5 cm. Notavelmente, a diferença entre o tratamento controle (T1) e o T6, o mais prejudicial foi de 40%, ressaltando os efeitos adversos devido a alta concentração de borra de café.

Nesse sentido, (ASSUNÇÃO E ANDRADE, 2024) ressaltam que concentrações elevadas de borra de café podem exercer efeitos inibitórios no crescimento vegetal, indicando a necessidade de determinar concentrações ótimas para seu uso agrícola sem comprometer o desenvolvimento das plantas.

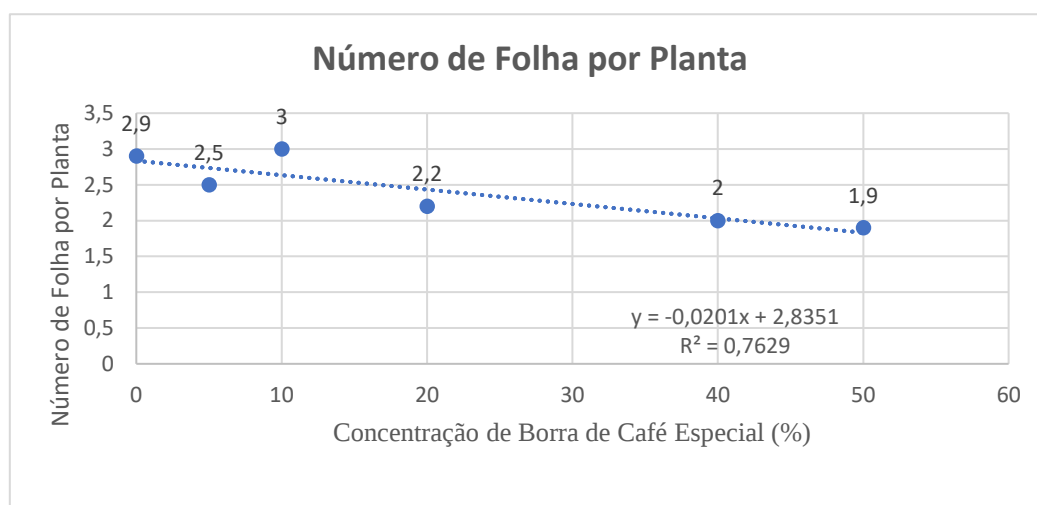


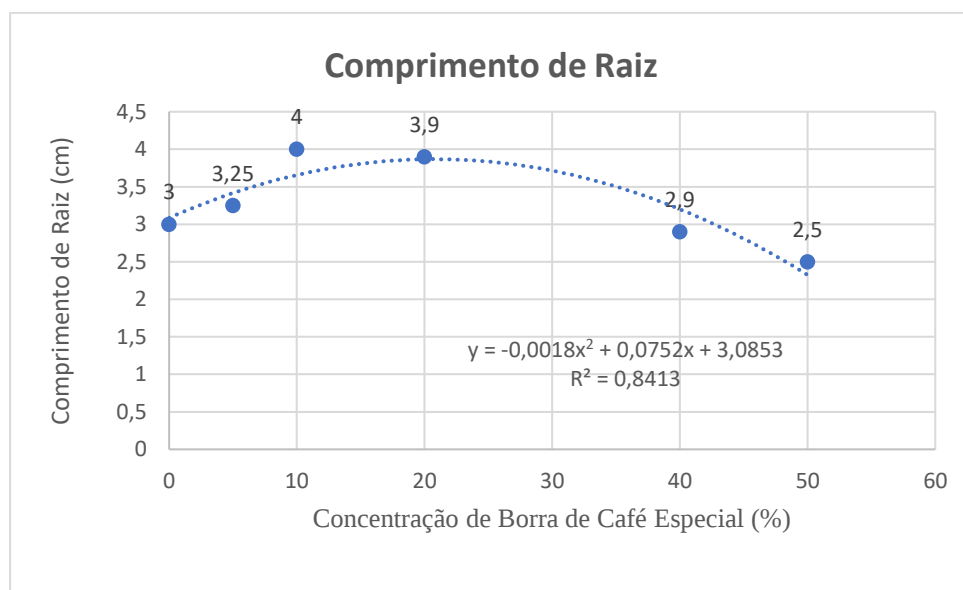
Figura 11: Quantidade de folhas por planta de berinjela em função da proporção de borra de café adicionada ao substrato comercial, utilizando bandejas de polietileno com 200 células, cada uma com capacidade de 18 ml (ou cm³), destinadas à produção de mudas.



Figura 12: Representação do número de folhas por planta com emergência de plântulas de 30 DAS.

Em relação ao comprimento da raiz das plantas, houve variações significativas entre os tratamentos analisados (Figura 13). O T1 (0%), apresentou um crescimento radicular médio de 3 cm. Enquanto que pra comprimento de raiz os melhores resultados foram T3 (4cm) e T4 (3,9), o T2 foi de (3,25cm). O T3, com a adição de 10% de borra de café ao substrato, proporcionou o maior desenvolvimento radicular, atingindo uma média de 4 cm de comprimento de raiz. A diferença percentual entre o tratamento controle (T1) e o melhor tratamento (T3) foi de 14,54%, demonstrando um aumento expressivo no desenvolvimento radicular das plantas.

Todavia, o T6, (50%), apresentou o menor crescimento radicular, com uma média de apenas 2,5 cm. A diferença percentual entre o T1 e o T6 foi de 33,33%, evidenciando o impacto negativo das altas concentrações de borra de café na cultura da berinjela. Essa redução, provavelmente pode estar associada a possíveis efeitos fitotóxicos da borra de café em altas concentrações, como a presença de compostos alelopáticos, que podem interferir negativamente na absorção de nutrientes e no desenvolvimento das raízes. A borra de café contém compostos fenólicos, incluindo ácidos clorogênicos e cafeína, que possuem propriedades alelopáticas. Estudos indicam que esses compostos podem inibir a germinação e o crescimento de diversas espécies vegetais (PEREIRA et al., 2002). No entanto, a concentração e a forma de aplicação desses compostos determinam seu efeito, podendo ser benéficos ou prejudiciais às plantas (PEREIRA et al., 2019).



A utilização inovadora da borra de café especial como substrato na cultura da berinjela surge como uma contribuição relevante para a agricultura sustentável. Na Tabela 4 estão discriminados a análise química da borra de café comum realizado por (PEIXOTO, 2017) e café especial realizada no presente trabalho. Essa tendência reflete a expansão do mercado e a necessidade de desenvolver soluções que aproveitem os resíduos gerados pelas cafeterias gourmet, minimizando o descarte e potencializando o uso desses resíduos no setor agrícola.

Essas propriedades tornam o resíduo particularmente vantajoso para o cultivo da berinjela, uma cultura que requer nutrição balanceada e é sensível às condições do substrato. Além de beneficiar a produtividade, o reaproveitamento dessa matéria orgânica reduz o impacto ambiental ao evitar o descarte inadequado e incorporar práticas de manejo sustentável nos processos agrícolas.

Tabela 4: Análise química da borra de café especial em comparação com a borra de café tradicional		
Nutrientes	Café Especial (%)	Café Comum (%)
P	0,3	0,96
N	2,26	1,62
K	0,5	0,53
Ca	0,21	0,08
Mg	0,18	0,13
S	0,11	0,05
Cu	0,002	0,4
Fe	0,002	0,01
Mn	0,003	0,02
Zn	0,002	0,01
B	0,001	-
pH	5,8	-
Umidade	31,4	-
Mat. Mineral	1,4	-
C. Elétrica (ms/cm)	0,9	-

Tabela 4: A borra de café especial foi analisada em laboratório pela empresa SoloCria, em conformidade com os protocolos estabelecidos nos Capítulos 1, 2, 3 e 4 do Método MAPA (2017).

A borra de café especial possui uma composição nutricional mais rica, tornando-se potencialmente mais eficiente como insumo agrícola. A borra de café especial contém 2,26% de nitrogênio, enquanto a borra de café convencional apresenta 1,62% desse nutriente. O nitrogênio é crucial para o desenvolvimento vegetativo, promovendo maior crescimento foliar e vigor dos caules, características fundamentais para a produtividade da cultura da berinjela (OLIVEIRA et al., 2009).

Em relação ao cálcio, a borra de café especial contém 0,21%, enquanto a borra de café convencional apresenta 0,08%. O cálcio participa ativamente da estruturação das paredes celulares e auxilia na mitigação de distúrbios fisiológicos, como a necrose apical (RODRIGUES e SOUZA, 2013).

A borra de café especial contém 0,50% de potássio, enquanto a borra convencional apresenta 0,53%. Embora a quantidade de potássio seja semelhante nas duas borras analisadas, o potássio contribui significativamente para a resistência das plantas, tornando-as mais tolerantes a estresses abióticos, como baixas temperaturas e déficit hídrico (SANTOS et al., 2014).

Neste contexto, a escolha entre diferentes tipos de borra de café como fertilizante deve levar em conta não apenas a concentração de nutrientes, mas também as necessidades específicas da cultura para assegurar um manejo sustentável e eficiente.

A incorporação de borra de café especial ao substrato, na proporção de 5%, favoreceu o desenvolvimento das plantas de berinjela. Resultados semelhantes foram obtidos por (FERREIRA, 2012), cujo estudo demonstrou que a aplicação de borra de café fresca em doses baixas (2,5% ou 5%) promoveu maior crescimento das plantas de alface (*Lactuca sativa* L.), evidenciado pelo incremento em biomassa e conteúdo de pigmentos fotossintéticos. A metodologia adotada no presente estudo seguiu um protocolo semelhante, utilizando a borra de café como substrato agrícola.

Estudos similares conduzidos por (FERREIRA, 2012) com alface corroboram esses achados, indicando que concentrações moderadas de borra de café (2,5%, 5% e 10%) foram as mais eficazes para o crescimento da parte aérea. Os resultados obtidos para a variável altura das plantas (ALT) indicam que a borra de café, em diferentes concentrações, influencia significativamente o crescimento e a produção de biomassa fresca da berinjela. De maneira geral, verificou-se que a adição da borra favoreceu o

crescimento em altura e a produção foliar. Em concentrações mais baixas (5% e 10%), a borra de café especial promoveu um aumento significativo na biomassa foliar, enquanto doses mais elevadas, como 60%, apresentaram um efeito prejudicial, comprometendo o desenvolvimento das plantas.

Vale ressaltar que a borra de café contém compostos fenólicos e cafeína, os quais, quando acumulados em excesso, podem exercer efeitos inibitórios no crescimento vegetal, interferindo em processos metabólicos essenciais. O acúmulo desses compostos pode resultar em um ambiente menos favorável ao desenvolvimento radicular e da parte aérea, prejudicando a absorção de água e nutrientes (ZHANG et al., 2001). Dessa forma, recomenda-se evitar a aplicação de borra de café em concentrações elevadas para minimizar possíveis efeitos adversos, garantindo uma utilização eficiente e benéfica ao desenvolvimento da cultura.

A adição de matéria orgânica ao solo tem demonstrado impactos positivos na produtividade agrícola, desde que utilizada em quantidades adequadas (COSTA, 2010). Entretanto, doses excessivas podem comprometer o desenvolvimento das plantas e causar desequilíbrios nutricionais. Além disso, a borra de café *in natura* apresenta atividade microbiológica intensa durante seu processo de decomposição, podendo gerar compostos bioativos que afetam negativamente o crescimento radicular (COSTA, 2010).

A mineralização da matéria orgânica é um processo biogeoquímico fundamental no ciclo dos nutrientes, no qual microrganismos do solo decompõem compostos orgânicos complexos, transformando-os em formas inorgânicas assimiláveis pelas plantas. A borra de café, rica em compostos orgânicos como carboidratos, proteínas e lignina, possui inicialmente uma alta concentração de nutrientes essenciais, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). No entanto, a liberação desses nutrientes não ocorre de maneira imediata, pois depende da atividade microbiana e das condições ambientais.

Durante a mineralização, os microrganismos do solo utilizam a matéria orgânica da borra de café como fonte de energia, promovendo a degradação de seus componentes. Esse processo ocorre em duas fases principais: a decomposição inicial, na qual compostos solúveis e de fácil degradação são rapidamente convertidos em formas disponíveis de nutrientes, e a decomposição tardia, caracterizada pela degradação de compostos mais recalcitrantes, como lignina e polifenóis. Esses compostos podem dificultar a liberação de nutrientes, retardando sua disponibilização para as plantas (OLIVEIRA, 2012).

Além disso, o alto teor de carbono presente na borra de café pode gerar um desequilíbrio na relação carbono/nitrogênio (C/N), promovendo a imobilização temporária do nitrogênio, uma vez que os microrganismos necessitam desse elemento para decompor a matéria orgânica (INÁCIO; MILLER, 2009). Assim, em vez de disponibilizar nutrientes de forma imediata, a borra de café pode inicialmente reduzir a disponibilidade de nitrogênio no solo, afetando o crescimento das plantas. Somente após a completa mineralização, os nutrientes são liberados de forma acessível, explicando por que a borra de café, apesar de rica em nutrientes, pode não apresentar de imediato benefícios nutricionais diretos para as plantas.

A adição de borra de café em concentrações moderadas, entre 5% e 10%, tem demonstrado potencial para promover o crescimento de plantas como a berinjela. Entretanto, concentrações mais elevadas, acima de 40% podem prejudicar seu desenvolvimento. Conforme ressaltado por Vasconcelos (2019),

O presente estudo destaca-se na proposição de uma abordagem inovadora e ecologicamente responsável para o cultivo da berinjela, com o potencial de promover maior sustentabilidade no setor agrícola. Nesse contexto, é importante ressaltar que os resultados apresentados com o uso da borra de café especial, evidenciam sua eficácia como substrato no cultivo da berinjela. Os resultados obtidos demonstram não apenas o potencial desse resíduo como uma alternativa sustentável, mas a sua capacidade de favorecer o desenvolvimento saudável da cultura, contribuindo para o aprimoramento das práticas agrícolas e para a diversificação dos insumos na produção de hortaliças.

Portanto, a borra de café especial surge como uma alternativa viável para pequenos produtores, constituindo um fertilizante de baixo custo e acessível. Essa prática pode ser particularmente vantajosa para agricultores familiares, oferecendo uma solução sustentável e economicamente viável para o manejo das culturas. Além disso, o reaproveitamento da borra de café como fertilizante representa uma estratégia ambientalmente responsável, pois permite a utilização de um resíduo orgânico que, de outra forma, seria descartado, contribuindo assim para a sustentabilidade na agricultura.

A borra de café especial demonstrou efeitos positivos no crescimento das mudas de berinjela, assemelhando-se ao desempenho de substratos comerciais. Concentrações moderadas estimularam a germinação, enquanto doses superiores a 40% resultaram na redução da taxa germinativa.

5. CONCLUSÃO

A adição de borra de café especial em baixas concentrações apresentaram os melhores resultados na germinação e desenvolvimento da berinjela.

Indica-se a incorporação de até 10 % de borra de café especial no substrato para a produção de mudas de berinjela.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEF, K. Soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press, 1995. p. 214-219.
- BARBOSA, A. P.; LIMA, R. T.; COSTA, J. M. Influência do ferro no metabolismo vegetal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 43, n. 2, p. 112-126, 2019.
- BILIBIO, C. et al. Produção de mudas de berinjela em diferentes substratos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 112-119, 2010.
- CARVALHO, A. et al. Resíduos agroindustriais como fonte de nutrientes para o cafeeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 37, p. 1-10, 2013.
- CIPRIANI, G. et al. Uso de resíduos orgânicos como fonte de nutrientes na agricultura. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 40, n. 2, p. 192-199, 2016.
- COSTA, C. A. Compostagem e aproveitamento de resíduos orgânicos na agricultura. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 5, n. 2, p. 45-58, 2010.
- COSTA, F. A.; ALMEIDA, P. R.; SANTOS, C. F. O papel do fósforo na nutrição e desenvolvimento das plantas. *Agronomia & Sustentabilidade*, v. 17, n. 3, p. 88-101, 2022.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema de produção de hortaliças*. Brasília, 2007.
- FARIA, A. et al. Compostagem e seus benefícios no cultivo de mudas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 1, p. 1-6, 2016.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um guia para suas funções estatísticas. Lavras: UFLA, 2011.
- FERREIRA, L. H.; OLIVEIRA, M. R. Nitrogênio e sua importância na produtividade das culturas agrícolas. *Ciência Agrícola Brasileira*, v. 35, n. 4, p. 223-237, 2018.
- FERREIRA, T. C.; SILVA, M. F. Uso de resíduos agroindustriais na produção de substratos orgânicos. *Ciência Rural*, v. 41, n. 6, p. 1045-1052, 2012.
- GARCIA, S. R. et al. Avaliação da matéria orgânica no solo com uso de compostagem. *Ciência do Solo*, Viçosa, v. 40, p. 134-145, 2016.

- GOMES, V. C.; SILVA, J. P.; RIBEIRO, L. S. Micronutrientes na nutrição de plantas: ferro, magnésio e zinco. *Revista de Nutrição Vegetal*, v. 29, n. 1, p. 56-74, 2017.
- GONÇALVES, J. et al. Berinjela: aspectos produtivos e nutricionais. *Revista de Nutrição Vegetal*, Piracicaba, v. 12, p. 98-104, 2006.
- GULLO, E. Uso de adubação orgânica na produção de mudas de café. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Pelotas, v. 5, n. 3, p. 15-22, 2007.
- KIEHL, E. J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2010.
- LIMA, T. R.; SOUZA, G. A. O papel do potássio na fisiologia e resistência das plantas ao estresse hídrico. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 28, n. 5, p. 133-148, 2021.
- MANTOVANI, E. et al. Comportamento da berinjela sob diferentes sistemas de cultivo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 37, p. 80-85, 2019.
- MARQUELLI, W. A. et al. Produção de berinjela com diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 120-126, 2014.
- MARTINS, C. A.; SOUZA, R. N. A influência do potássio no metabolismo vegetal. *Jornal de Ciências Agrárias*, v. 19, n. 2, p. 65-79, 2020.
- MARTINS, J. P. et al. Efeito da aplicação de borra de café no solo sobre a germinação e crescimento de plântulas. *Revista de Agricultura Sustentável*, v. 12, n. 3, p. 33-40, 2017.
- MUSSATTO, S. I. et al. Aproveitamento da borra de café como adubo orgânico. *Química Nova*, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 714-718, 2011.
- NASCIMENTO, H. P.; SOUZA, F. A.; LIMA, M. O impacto da adição de resíduos orgânicos no solo: vantagens e desafios. *Pesquisa Agronômica Brasileira*, v. 40, n. 1, p. 54-69, 2021.
- OLIVEIRA, M. et al. Compostagem de resíduos orgânicos: técnica e aplicações. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, p. 14-22, 2004.
- PEREIRA, E. S.; GONÇALVES, M. L.; CARVALHO, P. R. O papel dos micronutrientes na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas. *Revista de Botânica Aplicada*, v. 32, n. 4, p. 202-217, 2020.
- PEREIRA, J. M. Análise da produção de berinjela no Brasil. *Revista de Economia Agrícola*, Brasília, v. 38, p. 30-45, 2020.
- RODRIGUES, F. A.; SILVA, H. M.; MENDES, D. F. Adubação orgânica com borra de café e seus efeitos na nutrição vegetal. *Revista de Agricultura Sustentável*, v. 25, n. 3, p. 98-113, 2021.

- RODRIGUES, L. C.; SOUZA, A. C. Influência do substrato no desenvolvimento de mudas de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v. 31, p. 52-60, 2013.
- SANTOS, F. O.; MENDONÇA, E. A. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na produção de substratos orgânicos. *Ciência Agrária*, v. 42, n. 5, p. 98-105, 2014.
- SANTOS, G. Substratos comerciais e desenvolvimento de mudas. *Revista Brasileira de Horticultura*, Piracicaba, v. 24, p. 30-40, 2016.
- SANTOS, J. C.; ALMEIDA, T. R. O fósforo na adubação e produtividade agrícola. *Ciência do Solo e Nutrição Vegetal*, v. 30, n. 2, p. 178-192, 2019.
- SEVERINO, S. M. et al. Alelopatia em sistemas agrícolas: avanços e desafios. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Pelotas, v. 1, p. 98-112, 2004.
- TORRES, J. et al. Avaliação de substratos alternativos na germinação de sementes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 36, p. 10-17, 2012.
- VIDAL, M. et al. Uso de compostagem na produção de mudas de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 25, p. 290-296, 2007.
- WANGEN, L. E. et al. Potencial alelopático da borra de café. *Revista de Ecologia e Recursos Naturais*, Florianópolis, v. 35, n. 2, p. 89-97, 2015.
- ZHANG, X.; ERVIN, E. H. Impact of organic amendments on plant growth and soil properties. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 33, n. 6, p. 757-765, 2001.