



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E  
TECNOLOGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
TOCANTINS - *CAMPUS COLINAS DO TOCANTINS*

**LINDAMARES MARTINS COSTA**

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATE  
CEREJA**

COLINAS DO TOCANTINS - TO  
2026

**LINDAMARES MARTINS COSTA**

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
TOMATE CEREJA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso  
Superior Bacharelado Engenharia  
Agrônômica do Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia do  
Tocantins - *Campus* Colinas do Tocantins  
- TO, como exigência à obtenção do grau  
Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Dr. Sérgio Alves de Souza

COLINAS DO TOCANTINS - TO

2026

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins**

---

C838a Costa, Lindamares Martins  
Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate cereja  
/ Lindamares Martins Costa. – Colinas do Tocantins, TO, 2026.  
53 fol.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia  
Agrônoma) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do  
Tocantins - IFTO, Colinas do Tocantins, TO, 2026.

Orientador: Dr. Sérgio Alves de Souza.

1. Solanum lycopersicum L.. 2. Produção de mudas. 3. Substratos  
alternativos. I. Souza, Sérgio Alves de. II. Título.

**CDD 630**

---

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins  
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a).**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS  
CAMPUS COLINAS - TO  
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

**LINDAMARES MARTINS COSTA**

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATE  
CEREJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Superior Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - *campus* Colinas do Tocantins - TO, como exigência à obtenção do grau Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 19 de Junho de 2026

**BANCA AVALIADORA**

**Dr. Sérgio Alves de Souza**

IFTO - Campus Colinas do Tocantins - TO.

**MSc. Daniel Santana Colares**

IFTO - Campus Colinas do Tocantins - TO.

**Esp. Cristieley Maria de Sousa Alves de Oliveira**

EFA - Escola Família Zé de Deus.

Colinas do Tocantins - TO, 19 de Junho de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Sergio Alves de Souza, Servidor**, em 19/06/2026, às 12:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristieley Maria de Sousa Alves de Oliveira, Usuário Externo**, em 19/06/2026, às 12:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Santana Colares, Servidor**, em 19/06/2026, às 12:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3205975** e o código CRC **B8BFB9A3**.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS Campus Colinas do Tocantins Avenida Bernardo Sayão, Lote 29B, Chácara Raio de Sol, CEP 77.760-000, Colinas do Tocantins (TO) CNPJ: 10.742.006/0009-45 - Telefone:

Referência: Processo nº 23725.012122/2026-16

SEI nº 3205975

Dedico este trabalho à minha mãe, Rosilene, meu maior exemplo de força e amor incondicional. Aos meus amados irmãos, Lindomarcos, Thalya e Maryelle, pelo apoio e companheirismo.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, autor da vida, pela força nos momentos de cansaço, pela saúde e por iluminar meus passos ao longo de toda esta caminhada.

À minha querida mãe, Rosilene, pelo amor incondicional, orações e por ser meu maior exemplo de força e perseverança. Seu apoio infinito tornou a realização deste sonho possível. Esta vitória é sua.

Aos meus amados irmãos, Lindomarcos, Thalya e Maryelle, pelo companheirismo e por entenderem minhas ausências durante os estudos. O incentivo de vocês foi o combustível necessário para não desistir.

Aos meus melhores amigos Alexandre, Lethicia, Maria Fernanda, Matheus e Thayná, pelo privilégio da convivência, por serem meu refúgio nos momentos difíceis e por celebrarem comigo cada pequena vitória. Vocês são essenciais para mim.

Aos meus amigos que o IFTO me presenteou, em especial Vitória Eduarda, Marcelly, Warley, Ricardo, Chirley, Allyks, Beatriz e Niele. Obrigada por dividirem comigo a rotina e tornarem as longas jornadas de sala de aula e campo muito mais leves através do companheirismo.

Ao Instituto Federal do Tocantins (IFTO) – *Campus* Colinas do Tocantins, pela oportunidade de formação, abrindo as portas e oferecendo o suporte para que esta pesquisa fosse realizada.

Aos professores do curso de Engenharia Agrônômica, por compartilharem seus conhecimentos e transformarem minha visão sobre a ciência do campo.

Ao meu orientador, Sérgio Alves de Souza, pela paciência e dedicação ao longo deste processo. Agradeço por compartilhar seu conhecimento e por sua orientação essencial para tornar este trabalho realidade.

Aos membros da banca examinadora, Cristieley Maria de Sousa Alves de Oliveira e Daniel Santana Colares, por aceitarem avaliar este trabalho e pelas contribuições dedicadas a este momento tão importante.

A todos que, de perto ou de longe, torceram por mim e me ajudaram a encerrar este ciclo.

O meu muito obrigada!

"Não fui eu que lhe ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar."

Josué 1:9

## RESUMO

O tomate-cereja é uma hortaliça de grande importância econômica e alimentar, sendo a produção de mudas de qualidade uma etapa fundamental para o sucesso do cultivo. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes composições de substratos na produção de mudas de tomate-cereja. O experimento foi conduzido no viveiro de Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), *Campus* Colinas do Tocantins, no período de junho a julho de 2025. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por diferentes formulações de substratos à base de fibra de coco babaçu, casca arroz carbonizada, húmus de minhoca, fosfato natural e cama frango, além de três comerciais (Medeiros, Carolina Soil, Bioplant). Aos 30 dias após a semeadura foram avaliadas altura das plantas, número de folhas, diâmetro do caule, comprimento de raiz, massa fresca total e massa seca total. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Houve efeito significativo dos substratos para todas as características avaliadas. O substrato comercial Carolina Soil apresentou os maiores valores para altura de plantas, número de folhas, diâmetro do caule, comprimento de raiz, massa fresca total e massa seca total, demonstrando superioridade em relação aos demais tratamentos. Entre os substratos alternativos, o tratamento Substrato 3 (S3) apresentou melhor desempenho. Conclui-se que a composição do substrato influencia diretamente o desenvolvimento das mudas de tomate-cereja sendo o Carolina Soil o mais eficiente para produção nas condições deste estudo.

**Palavras-chave:** *Solanum lycopersicum* L. Produção de mudas. Substratos alternativos. Cama frango. Horticultura.

## ABSTRACT

Cherry tomato is a vegetable crop of great economic and nutritional importance, and the production of high-quality seedlings is a fundamental step for successful cultivation. In this context, the present study aimed to evaluate different substrate compositions for the production of cherry tomato seedlings. The experiment was conducted at the Vegetable Production Nursery of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins (IFTO), Colinas do Tocantins *Campus*, from June to July 2025. The experimental design was a randomized complete block design with six treatments and four replications. The treatments consisted of different substrate formulations based on babassu coconut fiber, carbonized rice husk, earthworm humus, natural phosphate, and poultry litter, as well as three commercial substrates (Medeiros, Carolina Soil, and Bioplant). Thirty days after sowing, plant height, number of leaves, stem diameter, root length, total fresh mass, and total dry mass were evaluated. Data were subjected to analysis of variance, and means were compared using Tukey's test at the 5% probability level. Significant effects of the substrates were observed for all evaluated characteristics. The commercial substrate Carolina Soil showed the highest values for plant height, number of leaves, stem diameter, root length, total fresh mass, and total dry mass, demonstrating superiority over the other treatments. Among the alternative substrates, Substrate 3 (S3) showed the best performance. It was concluded that substrate composition directly influences the development of cherry tomato seedlings, with Carolina Soil being the most efficient substrate for seedling production under the conditions of this study.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum* L. Seedling production. Alternative substrates. Poultry litter. Horticulture.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Características químicas e físicas dos substratos utilizados na produção de mudas de tomate cereja em Colinas do Tocantins - TO, 2025.....                                                                                                                                                                 | 33 |
| <b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas por planta (NFP), diâmetro do caule (DC), comprimento de raiz (CR), massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST), de mudas de tomate cereja, produzidas em diferentes substratos em Colinas do Tocantins - TO, 2025..... | 35 |
| <b>Tabela 3.</b> Valores médios de altura de plantas (AP), número de folhas por planta (NFP) e diâmetro do caule (DC) de mudas de tomate cereja, produzidas em diferentes substratos em Colinas do Tocantins, Tocantins, 2025. ....                                                                                         | 36 |
| <b>Tabela 4.</b> Valores médios de comprimento de raiz (CR), massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST), de mudas de tomate cereja, produzidas em diferentes substratos em Colinas do Tocantins, Tocantins, 2025. ....                                                                                               | 39 |

## SUMÁRIO

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                   | <b>11</b> |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>         | <b>14</b> |
| 2.1. A Cultura do Tomate .....               | 14        |
| 2.2. Produção de Mudas .....                 | 18        |
| 2.3. Substratos .....                        | 20        |
| 2.3.1. Cama de Frango .....                  | 20        |
| 2.3.2. Fibra do Coco Babaçu.....             | 23        |
| 2.3.3. Húmus.....                            | 25        |
| 2.3.4. Casca de Arroz Carbonizada .....      | 27        |
| 2.3.5. Fosfato Natural .....                 | 29        |
| <b>3. METODOLOGIA DETALHADA .....</b>        | <b>30</b> |
| 3.1. Localização do Experimento .....        | 30        |
| 3.2. Delineamento e área do experimento..... | 31        |
| 3.3. Preparação dos Substratos .....         | 31        |
| 3.4. Características Avaliadas .....         | 33        |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>       | <b>34</b> |
| <b>5. CONCLUSÃO .....</b>                    | <b>41</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                      | <b>43</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A horticultura exerce um papel relevante tanto do ponto de vista social quanto econômico para diversas comunidades. Dentro da horticultura as hortaliças se destacam como importantes fontes de nutrientes indispensáveis para uma alimentação saudável e equilibrada, em razão de seu elevado valor nutricional e da sua função essencial na oferta de alimentos para os ecossistemas (Chen *et al.*, 2023).

Em 2025, o setor hortigranjeiro brasileiro registrou um volume de produção de 4,9 milhões de toneladas (CONAB, 2026). Neste setor determinadas hortaliças se sobressaem devido à sua expressiva representatividade nas vendas realizadas nas Centrais de Abastecimento (Ceasas). Dentro dessa categoria, a batata ocupa a posição de principal produto, sendo responsável por cerca de metade do volume negociado, seguida pela cebola e pela cenoura. No que se refere às hortaliças tipo fruto, o tomate assume papel de destaque, com aproximadamente 45% do total comercializado nesse segmento (CONAB, 2023). Já entre as hortaliças folhosas, flor e haste, itens como alface, brócolis, couve-flor e repolho têm grande importância no abastecimento e no consumo em nível nacional (CONAB, 2024).

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças fruto mais populares e amplamente consumidas em todo o mundo (Quintana *et al.*, 2022). Para a FAOSTAT (2022), é a segunda hortaliça mais relevante em termos econômicos, atrás apenas da batata. No contexto nacional, é uma das hortaliças de maior destaque no agronegócio da região do Cerrado brasileiro, especialmente no estado de Goiás, que apresenta uma área cultivada aproximada de 60,5 mil hectares, sendo assim o estado com maior produção no Brasil (IBGE, 2024). No Tocantins não foram localizados dados oficiais consolidados sobre a produção de tomate no estado.

O cultivo do tomate é influenciado por diversos fatores que podem comprometer o desenvolvimento das plantas e a produtividade da cultura, entre eles as condições climáticas, a disponibilidade de água, a fertilidade do solo, a incidência de pragas e doenças e a qualidade nutricional do ambiente de cultivo (Jones, 2008). Além disso, por se tratar de uma cultura sensível às variações ambientais, o tomateiro exige manejo adequado desde as fases iniciais de desenvolvimento. Nesse contexto, a utilização de mudas de qualidade torna-se um fator fundamental para o

estabelecimento uniforme da lavoura, maior resistência das plantas e melhor desempenho produtivo (Schwarz *et al.*, 2010; EMBRAPA, 2016).

Dentro do processo de cultivo, uma das fases mais importantes é a produção de mudas (Silva Júnior *et al.*, 1995), visto que a qualidade das plantas no campo está diretamente ligada à qualidade das mudas utilizadas (Carmello, 1995). Essa etapa é estratégica para garantir maior segurança no processo produtivo e para reduzir os custos de implantação da lavoura, proporcionando assim, um retorno econômico mais vantajoso ao agricultor (Coêlho *et al.*, 2013).

Um fator determinante para o sucesso da produção de mudas é a escolha adequada do substrato, que tem como função fornecer as condições necessárias para o bom desenvolvimento das plantas. Segundo a Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013 o substrato é definido como um insumo utilizado como meio de crescimento (BRASIL, 2013), especialmente em sistemas de produção em bandejas. Ele desempenha papel similar ao do solo, oferecendo suporte físico, fornecimento de nutrientes e água, além de permitir a troca gasosa essencial entre raízes e ambiente (Liz *et al.*, 2008).

É imprescindível que o substrato proporcione condições ideais ao crescimento da muda, como suporte mecânico ao sistema radicular, boa retenção e disponibilidade de água e nutrientes, e adequada aeração, garantindo o suprimento de oxigênio e a liberação de CO<sub>2</sub> (Stewart, 2024)."

Diversos materiais orgânicos e minerais podem ser utilizados na composição de substratos destinados à produção de mudas. Entre os materiais mais utilizados destacam-se a cama de frango, reconhecida como importante fonte de matéria orgânica e nutrientes para substratos agrícolas (Ferreira *et al.*, 2013); o húmus de minhoca, amplamente utilizado devido à sua elevada estabilidade biológica e capacidade de melhorar a disponibilidade de nutrientes às plantas (Alberton, 1996); a fibra de coco babaçu, valorizada por sua elevada porosidade e capacidade de retenção de água (Carrijo; Liz; Makishima, 2002); a casca de arroz carbonizada, empregada para aumentar a aeração e a drenagem dos substratos (Santos *et al.*, 2020); e o fosfato natural, utilizado como fonte alternativa de fósforo de liberação gradual (Novais; Smyth; Nunes, 2007), os quais podem ser empregados de forma

isolada ou em combinações, visando melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato.

Entre os materiais utilizados na composição de substratos, destaca-se a cama de frango, uma mistura de resíduos agrícolas com excretas, restos de ração, penas, descamações de pele das aves e umidade gerada pelos dejetos e pela água dos bebedouros. Quando aplicada como adubo, essa mistura fornece quantidades relevantes de macro e micronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, zinco e molibdênio, essenciais ao crescimento das plantas, além de estimular a microbiota do solo e melhorar suas propriedades físicas (Augusto, 2021).

Segundo Kale e Meena (2022), os vermicompostos, ou húmus de minhoca, são caracterizados por alta concentração de matéria orgânica rica em nutrientes essenciais, promovendo efeitos benéficos na correção da acidez, melhoria da estrutura física e aumento da fertilidade do solo, atuando como condicionadores biológicos do solo.

A fibra de coco babaçu, extraída do mesocarpo da palmeira *Attalea speciosa*, é um material orgânico utilizado com frequência na formulação de substratos e na produção de mudas. Trata-se de um subproduto vegetal que se destaca por ser leve, renovável e biodegradável. Suas propriedades físicas favorecem a drenagem da água e permitem boa aeração e penetração das raízes, contribuindo para o desenvolvimento das plantas (Silva *et al.*, 2010).

Pesquisas indicam resultados positivos no uso de materiais orgânicos e alternativos para a formulação de substratos destinados à produção de mudas de hortaliças, com destaque para o tomateiro, uma vez que esses componentes favorecem as propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente de cultivo. Conforme Carrijo, Liz e Makishima (2002), a fibra de coco possui grande potencial como substrato agrícola, graças à sua boa capacidade de reter água e proporcionar adequada aeração às raízes. De modo semelhante, Kämpf (2005) aponta que a casca de arroz carbonizada melhora significativamente a porosidade e a drenagem dos substratos, o que beneficia o crescimento das mudas. Além disso, Aquino, Almeida e Silva (1992) enfatizam o papel do húmus de minhoca como fonte de matéria orgânica estabilizada e de nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal. Segundo Novais

*et al.* (2007), fontes alternativas de fósforo, como os fosfatos naturais, podem auxiliar na nutrição das plantas por meio da liberação gradual desse elemento no substrato. Adicionalmente, resíduos orgânicos como a cama de frango têm sido amplamente empregados em substratos devido à sua alta concentração de nutrientes e à capacidade de aprimorar as características físicas do meio de cultivo (Medeiros *et al.*, 2009).

Assim, a mistura de materiais como cama de frango, húmus de minhoca, fibra de coco, casca de arroz carbonizada e fosfato natural pode estimular o desenvolvimento inicial das mudas, assegurando melhor retenção de água, maior oferta de nutrientes e adequada aeração do sistema radicular. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo geral avaliar diferentes composições de substratos na produção de mudas de tomate-cereja. Especificamente, buscou-se avaliar a eficiência de diferentes substratos para a produção de mudas de tomate no estado do Tocantins, verificar o efeito da utilização da cama de frango como componente do substrato sobre o desenvolvimento das mudas e identificar a composição de substrato que proporciona o melhor desempenho para a produção de mudas de tomate-cereja.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. A Cultura do Tomate**

O tomateiro é uma espécie de origem sul-americana, cuja introdução e disseminação no território brasileiro aconteceram na década de 1940, com o surgimento do subgrupo Santa Cruz, inicialmente no estado do Rio de Janeiro (Ayenan *et al.*, 2019).

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) e suas espécies silvestres relacionadas pertencem à classe Eudicotiledônea, ordem Solanales, família Solanaceae e gênero *Solanum*. Trata-se de uma espécie herbácea de ciclo anual, que apresenta caule de formato cilíndrico, piloso e macio nas fases iniciais de desenvolvimento, tornando-se anguloso e fibroso à medida que a planta amadurece. As folhas são alternadas, compostas, com dimensões que variam de 11 a 32 cm de comprimento, inserindo-se nos nós do caule (Filgueira, 2008).

Segundo Casals *et al.* (2019) a cultura estudada apresenta um sistema radicular composto por raízes axiais vigorosas, predominantemente concentradas nos primeiros 50cm da superfície do solo. A raiz principal origina raízes laterais e adventícias densas, podendo alcançar até 1,5 m de profundidade.

O florescimento do tomateiro é geralmente composto por inflorescências com 5 a 12 flores, hermafroditas, actinomórficas e com corola de coloração amarela. A polinização é predominantemente autogâmica, embora seja também facilitada por agentes polinizadores, como insetos (Almeida, 2006).

O fruto é uma baga carnosa originada a partir do ovário, composta essencialmente pelo pericarpo, tecido placentário e sementes. O pericarpo é subdividido em três camadas: exocarpo, mesocarpo e endocarpo. Os frutos podem apresentar dois ou mais lóculos e seu peso varia, em média, entre 5 e 500 g (Soares;Junior, 2015).

O tomate destaca-se mundialmente como uma das hortaliças de maior importância econômica e alimentar, sendo amplamente cultivado e consumido em diversos países devido à sua versatilidade culinária e elevado valor nutricional. Rico em vitaminas A, C e do complexo B, além de minerais e compostos antioxidantes, como o licopeno, o tomate contribui significativamente para a alimentação humana e para a promoção da saúde (Quintana *et al.*, 2022).

É uma das hortaliças mais produzidas e consumidas no mundo, apresentando elevada importância econômica e alimentar. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a produção mundial de tomate ultrapassa 190 milhões de toneladas anuais, distribuídas em diversos continentes. A China destaca-se como a maior produtora mundial, responsável por aproximadamente 35% da produção global. Em seguida aparecem Índia, Turquia, Estados Unidos, Egito, Itália, México, Brasil, Espanha e Nigéria entre os principais produtores mundiais (FAO, 2024; Filgueira, 2013).

No comércio internacional, os maiores exportadores de tomate fresco são o México, a Holanda, o Marrocos, a Espanha e a França. O México lidera amplamente as exportações mundiais, principalmente devido ao abastecimento do mercado norte-americano. Entre os principais importadores mundiais de tomate destacam-se os

Estados Unidos, a Alemanha, a França, o Reino Unido e a Holanda, que juntos representam parcela significativa das compras internacionais de tomate fresco (Heuvelink, 2018; Jones, 2008; Naika *et al.*, 2005).

Em relação ao consumo, o tomate é amplamente utilizado tanto na forma in natura quanto processada, especialmente na produção de molhos, extratos, ketchup, polpas, sucos e conservas. Regiões com forte tradição culinária mediterrânea apresentam os maiores índices de consumo per capita. Países como Grécia, Portugal, Itália e Espanha figuram entre os maiores consumidores de tomate e derivados por habitante. Dados recentes indicam consumo superior a 100 kg por pessoa ao ano em alguns desses países (Klee; Giovannoni, 2011; Peralta; Spooner; Knapp, 2006).

Quando considerados os produtos industrializados derivados do tomate, a América do Norte destaca-se entre as regiões de maior consumo mundial. Esse cenário está relacionado à forte inserção de molhos, ketchup, extratos, sucos e outros derivados de tomate nos hábitos alimentares da população, o que contribui para a elevada demanda por tomate destinado ao processamento industrial (FAO, 2024; Dorais; Ehret; Papadopoulos, 2008).

Dessa forma, observa-se que a cultura do tomate possui relevância global não apenas pela elevada produção agrícola, mas também pela sua importância econômica e alimentar, destacando-se entre as hortaliças mais produzidas e consumidas mundialmente. Além de sua expressiva participação nos sistemas produtivos agrícolas, o tomate constitui importante matéria-prima para a indústria de processamento e está amplamente presente na alimentação humana em diferentes regiões do mundo (FAO, 2024; Heuvelink, 2018; Naika *et al.*, 2006).

No Brasil, a cultura possui grande importância no agronegócio, com destaque para os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, considerados importantes produtores nacionais (IBGE, 2023). Além do elevado volume produzido, esses estados apresentam alta produtividade devido ao uso de tecnologias de irrigação, manejo nutricional, cultivares melhoradas e sistemas intensivos de cultivo. Goiás destaca-se especialmente pela produção destinada ao processamento industrial, enquanto São Paulo e Minas Gerais possuem forte participação tanto no mercado de tomate de mesa quanto na indústria (GOIÁS, 2024; IBGE, 2024).

Em relação ao comércio exterior, o Brasil apresenta participação relativamente pequena nas exportações de tomate in natura, sendo o mercado interno o principal destino da produção nacional. Entretanto, o país participa do comércio internacional principalmente por meio de derivados industrializados, como extrato de tomate, polpa, molhos, ketchup, tomate pelado, tomate seco, sucos e concentrados. Em alguns períodos, também ocorre a importação de derivados para complementar o abastecimento interno, especialmente produtos processados provenientes da Argentina, Chile e Itália (Melo; Vilela, 2005; MAPA, 2024).

No estado do Tocantins, a cultura do tomate apresenta importância crescente, principalmente para o abastecimento regional e geração de renda para pequenos e médios produtores. Embora a produção estadual seja inferior à observada nos grandes polos nacionais, o cultivo vem expandindo-se em função das condições climáticas favoráveis, disponibilidade de áreas agrícolas e adoção de tecnologias de irrigação. Estudos conduzidos demonstram que o tomateiro apresenta bom desempenho agrônomo nas condições edafoclimáticas do estado, alcançando elevadas produtividades quando manejado adequadamente (EMBRAPA, 2008).

Quanto aos preços, o tomate apresenta elevada variação ao longo do ano em função das condições climáticas, oferta, custos de produção e demanda do mercado consumidor. Em períodos de menor oferta, os preços podem sofrer aumentos expressivos tanto no Tocantins quanto nas demais regiões brasileiras. Por essa razão, o tomate é frequentemente citado entre os produtos hortifrutigranjeiros com maior volatilidade de preços no mercado nacional (IBGE, 2024; CEPEA, 2024).

O consumo de tomate no Brasil é considerado significativo, tanto na forma fresca quanto industrializada. Estimativas indicam consumo médio de aproximadamente 4,2 kg de tomate por habitante ao ano apenas para consumo direto, além do consumo indireto por meio de derivados industrializados amplamente utilizados na alimentação da população brasileira (Filgueira, 2013; Silva; Giordano, 2000;).

Na região Norte e no estado do Tocantins, o cultivo do tomate também apresenta importância econômica crescente, principalmente para o abastecimento do mercado local e geração de renda para pequenos e médios produtores. Dessa forma, a busca por tecnologias que favoreçam a produção de mudas de qualidade torna-se

essencial para garantir maior produtividade, redução de custos e sustentabilidade da atividade agrícola.

## **2.2. Produção de Mudanças**

A produção de mudas é uma das etapas mais importantes do sistema produtivo, uma vez que o desempenho final das plantas no campo está diretamente associado à qualidade das mudas utilizadas (Gomes; Souza, 2018).

Conforme destacado por Lima *et al.* (2003), o uso de mudas mal desenvolvidas pode prejudicar consideravelmente o crescimento da cultura, levando a plantios irregulares e atrasos no ciclo produtivo, ocasionando reduções significativas na produtividade (Martins *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2014). Por isso, é fundamental empregar mudas de alto padrão, assegurando maior uniformidade e eficiência produtiva no cultivo de hortaliças.

Para produzir mudas de tomate de qualidade, é necessário que estas apresentem crescimento uniforme, caule vigoroso, sistema radicular bem desenvolvido e adequado estado nutricional, características que contribuem para o sucesso do transplante e para o desempenho produtivo da cultura (Filgueira, 2008).

O ciclo de produção das mudas geralmente varia entre 25 e 35 dias após a semeadura, dependendo da cultivar, das condições ambientais e do manejo adotado. Além disso, fatores como temperatura, luminosidade, irrigação, nutrição e qualidade do substrato exercem influência direta sobre o desenvolvimento das mudas, sendo recomendada a utilização de substratos que apresentem adequadas propriedades físicas, químicas e biológicas para favorecer o crescimento inicial das plantas (Liz; Carrijo, 2008; Hayata *et al.*, 2023).

A obtenção de mudas de qualidade está diretamente ligada à utilização de substratos com características físicas, químicas e biológicas adequadas para o desenvolvimento das plantas (Pereira *et al.*, 2014). Esses substratos exercem um papel crucial na formação das mudas, devendo apresentar propriedades como boa capacidade de retenção hídrica, equilíbrio entre porosidade e aeração, disponibilidade adequada de nutrientes e água, alta capacidade de troca catiônica, compatibilidade

com o sistema radicular e condições sanitárias adequadas, com ausência de patógenos, plantas daninhas e contaminantes que possam comprometer o desenvolvimento das mudas (Ferreira *et al.*, 2016; Almeida *et al.*, 2017).

Segundo a legislação brasileira, o substrato para plantas é classificado como um insumo agrícola utilizado na produção vegetal, especialmente em sistemas de produção de mudas em recipientes e bandejas (BRASIL, 2013).

No Brasil, a produção, comercialização e utilização de substratos para plantas são regulamentadas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), por meio da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas.

A regulamentação dessa legislação foi estabelecida pelo Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, posteriormente atualizado pelo Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Complementarmente, a Instrução Normativa MAPA nº 61, de 8 de julho de 2020, estabelece as regras para definição, classificação, especificações, garantias, registro, embalagem, rotulagem e comercialização dos substratos para plantas, visando assegurar a qualidade, a eficiência agrônômica e a segurança fitossanitária dos produtos destinados à produção vegetal (BRASIL, 1980; BRASIL, 2004; BRASIL, 2020a; BRASIL, 2020b).

De acordo com Kämpf (2005), os substratos podem ser constituídos por materiais de origem mineral, vegetal ou orgânica, utilizados de forma isolada ou combinada, desde que apresentem características adequadas ao crescimento das plantas.

A elaboração de substratos eficientes demanda a combinação de diferentes materiais, sendo fundamental para a criação de um ambiente de cultivo ideal. Entre os materiais alternativos recentemente utilizados, destacam-se resíduos de origem vegetal e animal, que auxiliam na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do substrato (Ribeiro *et al.*, 2017).

Estudos desenvolvidos com hortaliças como alface, pepino, pimentão, melancia e tomate demonstram que a utilização de resíduos orgânicos, como esterco de aves, compostos orgânicos, húmus de minhoca e cama de frango compostada, promovem

melhorias na estrutura física dos substratos, aumentando a capacidade de retenção de água, a disponibilidade de nutrientes e a atividade microbiana benéfica ao desenvolvimento vegetal. Além disso, esses materiais contribuem para a redução da dependência de substratos comerciais e para o aproveitamento sustentável de resíduos agropecuários (EMBRAPA, 2020; Costa *et al.*, 2013).

Dessa forma, a literatura demonstra que a utilização de substratos formulados a partir da combinação de materiais orgânicos e resíduos agroindustriais constitui uma alternativa viável, sustentável e economicamente acessível para a produção de mudas de tomate e outras hortaliças, contribuindo para a melhoria da qualidade das plantas e para a sustentabilidade dos sistemas produtivos (EMBRAPA, 2020; Sampaio *et al.*, 2008; Ramos *et al.*, 2008).

## **2.3. Substratos**

### **2.3.1. Cama de Frango**

Os resíduos gerados pela criação intensiva de frangos são denominados cama de frango (Souza *et al.*, 2011). Esse material consiste em uma mistura de excretas aviárias, penas, material orgânico utilizado como cobertura do piso dos aviários e sobras de ração provenientes dos comedouros (Rocha, 1993).

A utilização da cama de frango na agricultura requer alguns cuidados, pois o material não deve ser utilizado fresco diretamente no cultivo, especialmente na produção de mudas, devido ao risco de elevada salinidade, presença de microrganismos patogênicos, sementes de plantas daninhas, fatores esses que podem comprometer o desenvolvimento das plantas (Fioreze *et al.*, 2020).

Dessa forma, recomenda-se que a cama de frango passe previamente por processos de compostagem, curtimento ou estabilização, reduzindo os riscos de contaminação e melhorando suas características agronômicas. Além disso, a utilização agrícola desse resíduo deve seguir normas ambientais e sanitárias estabelecidas pelos órgãos competentes, visando garantir segurança ao solo, às plantas e ao meio ambiente (CONAMA, 2006; MAPA, 2023).

O uso de esterco avícolas promove benefícios às plantas, como maior resistência a pragas e doenças (Barros *et al.*, 2015), melhoria nas propriedades físico-químicas do solo, estímulo à atividade microbiana e aumento do teor de matéria orgânica (Nascimento *et al.*, 2008).

A composição química da cama de frango pode variar de acordo com o tipo de material utilizado como cama nos aviários, a alimentação das aves, a idade do lote, o número de reutilizações do material e as condições de armazenamento e compostagem. Quando aplicada como adubo, essa mistura fornece quantidades relevantes de macro e micronutrientes, essenciais ao crescimento das plantas (Augusto, 2021; Menezes *et al.*, 2004; Kiehl, 2010). Esses nutrientes desempenham funções importantes no metabolismo dos vegetais, atuando diretamente na formação de tecidos vegetais, crescimento radicular, desenvolvimento foliar e vigor das mudas (Lima *et al.*, 2012; Martins *et al.*, 2013).

De acordo com valores médios encontrados na literatura para cama de frango compostada ou curtida, os teores de nutrientes podem variar entre 20 e 40 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio total, 15 a 30 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, 20 a 35 g kg<sup>-1</sup> de potássio, 15 a 40 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 3 a 8 g kg<sup>-1</sup> de magnésio e 2 a 5 g kg<sup>-1</sup> de enxofre. Além disso, o material apresenta elevados teores de matéria orgânica, geralmente variando entre 500 e 700 g kg<sup>-1</sup> (CQFS-RS/SC, 2016; Kiehl, 2010).

Além dos macronutrientes, a cama de frango também contém micronutrientes importantes para o crescimento vegetal, como cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe) e boro (B), os quais participam de processos metabólicos essenciais ao desenvolvimento das plantas. A elevada concentração desses nutrientes explica o amplo uso da cama de frango como fertilizante orgânico e componente de substratos destinados à produção de mudas hortícolas (Malavolta, 2006).

Do ponto de vista químico, a cama de frango apresenta pH geralmente próximo à neutralidade ou ligeiramente alcalino, além de elevada capacidade de retenção de nutrientes e matéria orgânica. Essas características favorecem a disponibilidade nutricional para as plantas (Kiehl, 2010; Costa *et al.*, 2009).

Estudos desenvolvidos com diferentes culturas olerícolas demonstram que a utilização da cama de frango na composição de substratos promove melhorias

significativas nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio de cultivo. Entre os principais benefícios observados destacam-se o aumento da capacidade de retenção de água, melhoria da aeração, da agregação das partículas, da porosidade, elevação da disponibilidade de nutrientes e estímulo à atividade microbiana do substrato, fatores que favorecem o crescimento inicial das plantas (Corrêa; Miele, 2011; Nascimento *et al.*, 2008; Gomes *et al.*, 2016).

Trabalhos realizados com tomateiro evidenciam resultados positivos da utilização da cama de frango na produção de mudas, principalmente quando associada a outros materiais orgânicos, como húmus, fibra de coco e casca de arroz carbonizada. Nessas condições, observa-se aumento da altura das plantas, maior diâmetro do caule, incremento da massa fresca e seca e melhor desenvolvimento das raízes, refletindo diretamente na qualidade das mudas produzidas. Resultados semelhantes também têm sido observados em culturas como alface, pimentão e pepino, demonstrando o potencial agrônômico desse resíduo na formulação de substratos alternativos (Gomes *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2014).

Quando comparada a outros resíduos orgânicos utilizados na agricultura, a cama de frango destaca-se pelos elevados teores de nutrientes e pela rápida mineralização da matéria orgânica, favorecendo a disponibilização de nutrientes em menor intervalo de tempo para as plantas (Castiglioni *et al.*, 2014).

Entretanto, a utilização inadequada desse material pode ocasionar problemas relacionados à elevada salinidade, fitotoxicidade e desequilíbrios nutricionais, especialmente quando empregado sem tratamento prévio (Castiglioni *et al.*, 2014; Caballero *et al.*, 2012). Além disso, a possível presença de microrganismos patogênicos reforça a necessidade de processos adequados de curtimento ou compostagem antes de sua utilização agrícola.

Dessa forma, a cama de frango constitui uma alternativa viável, sustentável e economicamente acessível para a composição de substratos destinados à produção de mudas de tomate cereja (Albino, 2016; Amaral, 2020; Montina; Mataruco, 2024). Além disso, a cama de frango apresenta baixo custo de aquisição, possibilitando a integração entre atividades pecuárias e agrícolas (Lima *et al.*, 2012; Martins *et al.*, 2013).

### 2.3.2. Fibras do Coco Babaçu

A fibra de coco babaçu é um material orgânico obtido do mesocarpo do fruto da palmeira babaçu (*Attalea speciosa*), amplamente empregado na produção de mudas e formulação de substratos agrícolas (Pacheco *et al.*, 2024).

Esse tipo de material é considerado um subproduto agroindustrial resultante do processamento do coco para diferentes finalidades econômicas, como extração de óleo, produção de carvão vegetal, biomassa e aproveitamento artesanal. Trata-se de um subproduto vegetal que se destaca por ser leve, renovável e biodegradável. Dessa forma, a utilização da fibra na agricultura representa uma alternativa sustentável para o reaproveitamento de resíduos vegetais que poderiam ser descartados no ambiente (Oliveira, 2004; Silva *et al.*, 2010).

Para o uso agrícola da fibra de coco babaçu, são necessárias etapas de processamento (trituração, peneiramento, lavagem e, opcionalmente, compostagem ou estabilização) que visam reduzir sais, eliminar impurezas, uniformizar partículas e melhorar porosidade, retenção de água e aeração, além de diminuir riscos microbiológicos e fitotóxicos (Mendonça, 2007). Contudo, deve-se atentar à possível alta relação C/N, excesso de potássio ou sódio, decomposição lenta e efeitos alelopáticos, que podem prejudicar a nutrição, germinação e desenvolvimento inicial das plantas. Recomenda-se, assim, o uso de material previamente tratado e estabilizado para garantir segurança agrônômica (Pereira *et al.*, 2016; Lima *et al.*, 2019).

De acordo com Mendonça (2007), o processamento da fibra envolve etapas de trituração mecânica e peneiramento, resultando em um material leve, com pH neutro e baixa condutividade elétrica. Essas características a tornam particularmente adequada para a formulação de substratos destinados à produção de mudas de hortaliças, frutíferas e plantas ornamentais (Castro *et al.*, 2009).

A fibra de coco babaçu apresenta características físicas que a tornam um componente promissor na formulação de substratos agrícolas, destacando-se pela baixa densidade, elevada porosidade, alta capacidade de retenção de água e adequada relação entre macro e microporos (Mendonça, 2007; Pereira *et al.*, 2016;

Lima *et al.*, 2022). Essas propriedades favorecem a drenagem, a aeração e a penetração das raízes, contribuindo para a manutenção da umidade, a oxigenação do sistema radicular e a redução da compactação do substrato (Silva *et al.*, 2010). Como consequência, a incorporação desse material em proporções adequadas melhora a estrutura física do substrato, otimiza a retenção de água e nutrientes e proporciona condições favoráveis para a germinação das sementes e o desenvolvimento uniforme das mudas e plantas (Lima *et al.*, 2019).

A composição química da fibra de coco babaçu pode variar em função da origem do material, estágio de maturação dos frutos, processamento e condições de armazenamento. Estudos realizados com resíduos derivados do babaçu relatam que esse material apresenta baixos teores de nitrogênio e fósforo e concentrações relativamente mais elevadas de potássio, cálcio e magnésio, além de elevado teor de matéria orgânica e compostos estruturais como celulose, hemicelulose e lignina (Carvalho; Rocha, 2019; Oliveira; Pereira *et al.*, 2016; Santos, 2020; Silva *et al.*, 2021).

Estudos relatam que a lignina pode representar entre 30 e 45% da composição do material, enquanto a celulose varia entre 20 e 40% (Costa *et al.*, 2020; Ferreira & Almeida, 2018). Chaves *et al.* (2023) demonstraram que a fibra de coco babaçu apresenta composição química média de 28,53% de lignina, 32,34% de hemicelulose e 37,97% de celulose. Zanine *et al.* (2023) confirmam que esses teores elevados de compostos lignocelulósicos conferem maior resistência à degradação microbiana, prolongando a vida útil do substrato.

Do ponto de vista agrônomo, os baixos teores de nitrogênio e fósforo normalmente exigem complementação nutricional quando a fibra de coco babaçu é utilizada como principal componente do substrato (Gomes *et al.*, 2003; Ribeiro *et al.*, 2020).

Diversos estudos têm demonstrado a eficiência da fibra de coco na composição de substratos destinados à produção de mudas, especialmente devido às suas características físicas favoráveis ao desenvolvimento radicular. Em trabalhos realizados com tomateiro, a utilização da fibra de coco associada a outros componentes orgânicos promoveu aumento da germinação, do desenvolvimento radicular, maior altura das plantas, incremento da massa seca e melhor uniformidade

das mudas, além de favorecer o equilíbrio hídrico e a aeração do substrato (Castro *et al.*, 2009; Lima *et al.*, 2019).

Resultados semelhantes foram observados em outras culturas olerícolas, como alface, pepino, pimentão e melancia, nas quais a fibra de coco proporcionou melhorias no crescimento inicial das plantas e maior desenvolvimento do sistema radicular quando comparada a substratos convencionais. (Mendonça, 2007; Pereira *et al.*, 2016).

Dessa forma, a fibra de coco babaçu apresenta potencial para utilização na formulação de substratos agrícolas, especialmente quando associada a fontes orgânicas de nutrientes, como compostos orgânicos, húmus de minhoca e cama de frango compostada (Alves *et al.*, 2023; Pereira & Lima, 2022), proporcionando melhores condições físicas, químicas e biológicas para o desenvolvimento das mudas.

Além dos benefícios agronômicos, a utilização da fibra de coco babaçu na composição de substratos representa uma alternativa sustentável para o aproveitamento de resíduos agroindustriais, reduzindo impactos ambientais e agregando valor a subprodutos da cadeia produtiva do babaçu. Dessa forma, o material apresenta potencial promissor para utilização na produção de mudas de tomate cereja e em outras culturas agrícolas de interesse econômico.

### 2.3.3. Húmus

O húmus de minhoca é um composto orgânico produzido pela digestão de resíduos vegetais e animais no trato digestivo das minhocas. Nesse processo, os detritos são transformados por ação enzimática e microbiana em um fertilizante natural, caracterizado por sua textura fina, estrutura granular e ausência de odor (Martins *et al.*, 2021; Costa, 2010).

No Brasil, a utilização de húmus e compostos orgânicos destinados à produção vegetal deve atender às normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que regulamenta a produção, comercialização e controle de qualidade de fertilizantes orgânicos e substratos agrícolas (BRASIL, 2013). Essas regulamentações visam garantir a segurança agronômica, sanitária e ambiental dos produtos utilizados na agricultura.

Antes da utilização agrícola, o húmus deve apresentar adequado processo de estabilização da matéria orgânica, ausência de odores fortes, baixa presença de contaminantes e condições sanitárias adequadas, reduzindo riscos de fitotoxicidade e contaminação por microrganismos patogênicos (Castilhos *et al.*, 2008).

Entre os principais cuidados relacionados ao uso do húmus destacam-se a utilização de material bem curtido, armazenamento em ambiente protegido da umidade excessiva e a aplicação em proporções adequadas na composição dos substratos, evitando excesso de retenção hídrica ou desequilíbrios nutricionais.

Quando manejado corretamente, o húmus apresenta elevada eficiência agrônômica, contribuindo para melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato e favorecendo o crescimento das mudas (Nogueira *et al.*, 2014).

Esse produto é amplamente utilizado na agricultura orgânica e na produção de mudas, sendo aplicado diretamente no solo em sua forma sólida (Silveira *et al.*, 2008).

Rico em matéria orgânica, o húmus atua como um condicionador natural do solo, promovendo a neutralização do pH, o aumento da disponibilidade de nutrientes e o fortalecimento das plantas contra patógenos (Nogueira *et al.*, 2014).

Em hortaliças, diversos estudos relatam efeitos positivos da utilização do húmus de minhoca no crescimento e desenvolvimento das mudas, incluindo aumento da altura das plantas, da massa seca e do desenvolvimento radicular em espécies como tomateiro, alface e pimentão (Trani *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2014).

Húmus de minhoca apresenta composição química variável em função dos resíduos utilizados na vermicompostagem, porém, geralmente possui elevados teores de matéria orgânica estabilizada e nutrientes essenciais às plantas (Cadian; Martins; Cardoso, 2015).

De modo geral, apresenta pH próximo da neutralidade (entre 6,5 e 7,5), além de concentrações médias de nitrogênio variando de 10 a 25 g kg<sup>-1</sup>, fósforo de 2 a 8 g kg<sup>-1</sup>, potássio de 5 a 15 g kg<sup>-1</sup>, além de cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes como ferro, zinco, manganês e cobre, que contribuem para o desenvolvimento vegetal

e para a melhoria das propriedades químicas e biológicas do substrato (Aquino *et al.*, 1992; Kiehl, 2010; Trani *et al.*, 2013).

#### 2.3.4. Casca de Arroz Carbonizada

A casca de arroz é um resíduo agrícola obtido durante o processo de beneficiamento dos grãos de arroz, sendo removida na etapa de descascamento. Esse material corresponde à camada externa que envolve o grão e é produzido em grande quantidade pelas indústrias orizícolas. Em seu estado natural (*in natura*), a casca de arroz apresenta elevada resistência à decomposição devido ao alto teor de lignina e sílica em sua composição, características que dificultam sua degradação no ambiente e limitam seu uso direto como substrato agrícola (Carvalho *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2016).

A casca de arroz carbonizada é obtida através da pirólise, um processo térmico controlado que ocorre em altas temperaturas com quantidade limitada de oxigênio (Silva *et al.*, 2010).

Para que esse material seja adequado ao uso como substrato no cultivo de plantas, é essencial que passe pela carbonização (Medina *et al.*, 2009).

A utilização da casca de arroz sem o processo de carbonização pode apresentar algumas limitações para o cultivo de plantas, principalmente devido à lenta decomposição do material, elevada relação carbono/nitrogênio (C/N) e possível imobilização de nutrientes no substrato, fatores que podem comprometer o desenvolvimento inicial das mudas. O processo de carbonização promove modificações físicas e químicas importantes no material, reduzindo o volume, aumentando a estabilidade, melhorando a aeração e favorecendo a drenagem do substrato, tornando-o mais adequado para utilização agrícola (Medina *et al.*, 2009; Souza *et al.*, 2018).

Esse processo de transformação da casca de arroz e sua posterior aplicação na agricultura despontam como uma alternativa sustentável e eficiente, contribuindo para o desenvolvimento vegetal e apresentando benefícios tanto ambientais quanto

agronômicos (Souza *et al.*, 2018). Em seu estado natural, a decomposição da casca é lenta, podendo levar até cinco anos para se completar (Carvalho *et al.*, 2015).

Do ponto de vista químico, a versão carbonizada da casca de arroz apresenta cerca de 11% de cinzas, compostas majoritariamente por dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), que representa de 80% a 90% do total. Também estão presentes óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) em cerca de 5%, pentóxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) em 4%, óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) entre 1% e 2%, além de pequenas concentrações de ferro (Pereira *et al.*, 2016). Em termos de matéria orgânica, destacam-se os teores de celulose (43,5%), hemicelulose (22%) e lignina (17,2%). Esses valores, no entanto, podem variar conforme as condições ambientais, como clima, solo e localização da produção agrícola (Ribeiro *et al.*, 2019).

O uso da casca carbonizada como componente de substratos vegetais tem se expandido, seja isoladamente ou combinada com outros materiais, graças às suas propriedades físicas favoráveis. Entre elas estão a baixa retenção de água, excelente capacidade de drenagem, boa aeração radicular, alta resistência à decomposição, estabilidade estrutural, baixa densidade e pH próximo da neutralidade (Santos *et al.*, 2017). Além disso, sua leveza auxilia na eliminação do excesso de água, promovendo o crescimento saudável das raízes (Gomes *et al.*, 2014).

Além dos ganhos agronômicos, o material também se destaca economicamente, por seu baixo custo logístico, devido ao peso reduzido, e por transformar um resíduo agrícola antes considerado problemático em um insumo com valor agregado (Costa *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2021). A inclusão da casca de arroz carbonizada em misturas com outros componentes melhora significativamente as propriedades físicas dos substratos agrícolas (Schmitz *et al.*, 2002).

Estudos demonstram que a casca de arroz carbonizada, quando utilizada na composição de substratos, promove efeitos positivos no crescimento e na qualidade de mudas de diversas culturas. Em hortaliças, melhora aeração, drenagem e desenvolvimento radicular. Especificamente em mudas de tomateiro, o material contribui para maior uniformidade de crescimento, incremento da massa seca e melhor estrutura física do substrato, favorecendo o estabelecimento inicial das plantas (Oliveira *et al.*, 2021).

Efeitos semelhantes foram observados em alface, pimentão, pepino e espécies florestais, confirmando o potencial da casca de arroz carbonizada como componente alternativo na formulação de substratos agrícolas (Santos *et al.*, 2017; Gomes *et al.*, 2014). Além dos benefícios agronômicos, seu uso representa uma alternativa sustentável para o aproveitamento de resíduos agroindustriais, reduzindo impactos ambientais e agregando valor a subprodutos agrícolas.

#### 2.3.5. Fosfato Natural

Os fosfatos naturais são obtidos a partir do beneficiamento de rochas sedimentares formadas pela deposição marinha ao longo de milhões de anos. Essas rochas apresentam elevada porosidade e reatividade química, características que favorecem sua aplicação agrícola (Chien *et al.*, 2011). O processo de obtenção envolve etapas como moagem, em alguns casos, ativação térmica ou química para aumentar sua eficiência agronômica (Zapata; Roy, 2004).

Conforme estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2023), para ser classificado como fosfato natural, o material deve conter no mínimo 9% de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) solúvel em ácido cítrico a 2%, com pelo menos 80% das partículas passando por peneira de 0,15 mm. Essa regulamentação visa garantir a qualidade e eficiência agronômica do insumo (BRASIL, 2023).

A aplicação de fosfatos naturais reativos representa uma alternativa sustentável como fonte de fósforo (P), liberando o nutriente de forma gradual (Rajan *et al.*, 1996). Estudos demonstram que, além de fornecer P, esses materiais podem melhorar a atividade microbiana e a colonização por fungos micorrízicos (Smith; Read, 2008).

Em experimentos com mudas de espécies arbóreas nativas, Siqueira *et al.* (2002) observaram que a aplicação de fosfato natural aumentou em 30% a colonização radicular por micorrizas em comparação com fontes solúveis. Já em cultivos de frutíferas, como a goiabeira, recomenda-se doses entre 4 e 6 kg m<sup>-3</sup> de substrato para otimizar o desenvolvimento radicular (Cavalcante *et al.*, 2007).

Diversos estudos têm demonstrado os benefícios da utilização do fosfato natural no desenvolvimento vegetal, especialmente em sistemas de produção de mudas e cultivos conduzidos em solos com baixa disponibilidade de fósforo. Em mudas de espécies hortícolas e florestais, a aplicação de fosfato natural tem proporcionado incremento no crescimento radicular, maior absorção de nutrientes e aumento da biomassa vegetal, devido à liberação gradual de fósforo no substrato (Siqueira *et al.*, 2002).

Pesquisas apontam que o uso de fontes naturais de fósforo pode favorecer o desenvolvimento inicial das plantas, promovendo maior vigor das mudas e melhoria da atividade microbiológica do substrato (Filgueira, 2013). Além disso, quando comparado a fertilizantes fosfatados altamente solúveis, o fosfato natural apresenta como vantagem grande efeito residual no solo, contribuindo para sistemas agrícolas mais sustentáveis (Rajan *et al.*, 1996; Smith & Read, 2008). Dessa forma, a utilização do fosfato natural na composição de substratos representa uma alternativa promissora para a produção de mudas de tomate cereja, principalmente em sistemas que buscam reduzir custos e aumentar a eficiência agrônômica dos insumos utilizados.

### **3. METODOLOGIA DETALHADA**

#### **3.1. Localização do Experimento**

O experimento do presente trabalho foi realizado no viveiro de Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), *Campus* Colinas do Tocantins, situado na latitude 8°05'24" S, longitude 48°28'33" O, com altitude de 221 metros, no município de Colinas do Tocantins, estado do Tocantins.

O experimento foi executado no período de 11 de junho de 2025 a 12 de julho de 2025.

A classificação climática da área é Aw, de acordo com o sistema de Köppen, caracterizando um clima tropical com verão chuvoso e inverno seco (ALVARES *et al.*, 2013). A chuva cai entre 1.300 e 1.900 mm por ano (ALVARES *et al.*, 2013).

### **3.2. Delineamento e área do experimento**

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos e quatro repetições.

Os tratamentos foram compostos por seis diferentes substratos, sendo três substratos comerciais e três substratos formulados a partir de casca de arroz carbonizada, fibra do coco babaçu, fosfato natural, húmus de minhoca e cama de frango. Foram avaliados os seguintes substratos: Substrato 1 (fosfato natural + fibra do coco babaçu + casca de arroz + húmus + esterco de aves, na proporção de 1:1:1:1:1, em peso), Substrato 2 (fosfato natural + fibra do coco babaçu + casca de arroz + húmus + esterco de aves, na proporção de 1:1:1:1:2, em peso), Substrato 3 (fosfato natural + fibra do coco babaçu + casca de arroz + húmus + esterco de aves, na proporção de 1:1:1:1:3, em peso), Substrato 4 (Substrato comercial Medeiros), Substrato 5 (Substrato comercial Carolina Soil) e Substrato 6 (Substrato comercial Bioplant).

A cultura escolhida foi o tomate tipo cereja. Para subsidiar essa escolha, foi realizada uma pesquisa observacional nos principais estabelecimentos comerciais da cidade, na qual se verificou a frequente oferta desse produto e sua elevada disponibilidade para comercialização. Essa preferência está relacionada às características físico-químicas e sensoriais dos frutos, como o sabor adocicado, a baixa acidez, a coloração vermelha intensa, a firmeza, a boa conservação pós-colheita e a versatilidade de consumo, atributos que agregam valor ao produto e favorecem sua aceitação pelos consumidores.

### **3.3. Preparação dos Substratos**

A casca de arroz carbonizada, a cama de frango e o húmus de minhoca foram adquiridos no comércio local. A Fibra de coco babaçu foi adquirida na Tobasa Bioindustrial da cidade de Tocantinópolis - TO

A cama de frango e o húmus foram previamente passados em uma peneira com malha de 5,0 mm para poder ficar homogêneo. A fibra de coco babaçu foi passada pelo triturador/picador forrageiro TRF 300 Super, na peneira 0,8 mm. A formulação dos substratos foi realizada com base na proporção em peso, em que cada

componente foi previamente pesado e, em seguida, homogeneamente misturado para obter as diferentes combinações.

As bandejas plásticas de 128 células utilizadas apresentam dimensões de 53,5 × 27 × 5 cm, volume total de 2,88 L, e são compostas por células de geometria cônica truncada, com diâmetro superior de 3 cm, diâmetro inferior de 0,8 cm e volume unitário de 22 mL.

Cada unidade experimental foi composta por 40 células, sendo as 18 células centrais consideradas como área útil. Foram semeadas 3 sementes por célula. A emergência das plântulas ocorreu aos cinco dias após a semeadura, e o desbaste foi realizado sete dias após a emergência, mantendo-se uma única planta por célula.

A irrigação foi realizada manualmente na parte da manhã e da tarde, com tempo de aplicação de 2 minutos por turno (totalizando 4 minutos diários por bandeja), de modo a manter a capacidade de campo do substrato. O sistema foi operado utilizando um pulverizador pressurizado calibrado com vazão constante de 0,32 L min<sup>-1</sup> (320 mL min<sup>-1</sup>). A lâmina de irrigação foi dimensionada através do método direto de coleta volumétrica cronometrada. Dividindo-se o volume diário total aplicado pela área útil da bandeja (0,144 m<sup>2</sup>), obteve-se uma lâmina bruta média de irrigação de 8,88 mm por dia.

Foram coletadas amostras dos seis substratos e, antes da instalação do experimento, foram enviadas ao Laboratório para que fossem analisadas quanto à sua composição química e física.

Foram analisados os teores totais de cádmio (Cd), cromo (Cr) e chumbo (Pb), bem como a umidade, a capacidade de troca catiônica (CTC), a densidade de umidade, a condutividade elétrica (CE) e o pH. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da caracterização.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas dos substratos utilizados na produção de mudas de tomate cereja em Colinas do Tocantins - TO, 2025.

| Substrato | Cd Total (mg kg <sup>-1</sup> ) | Cr Total (mg kg <sup>-1</sup> ) | Pb Total (mg kg <sup>-1</sup> ) | Umidade (%) | CTC (mmolc kg <sup>-1</sup> ) | Densidade Úmida (kg m <sup>-3</sup> ) | CE (mS cm <sup>-1</sup> ) | pH (1:5) |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|----------|
| T1        | < 1,00                          | 34,00                           | 10,00                           | 8,70        | 310,00                        | 712,00                                | 0,11                      | 7,00     |
| T2        | 3,00                            | 30,00                           | 15,00                           | 8,50        | 340,00                        | 732,00                                | 0,13                      | 7,20     |
| T3        | < 1,00                          | 22,00                           | 13,00                           | 8,70        | 370,00                        | 581,00                                | 0,13                      | 7,00     |
| T4        | 4,00                            | 40,00                           | 18,00                           | 8,50        | 700,00                        | 431,00                                | 0,07                      | 7,10     |
| T5        | 2,00                            | 36,00                           | 21,00                           | 8,90        | 740,00                        | 185,00                                | 0,15                      | 7,20     |
| T6        | < 1,00                          | 18,00                           | 20,00                           | 8,70        | 640,00                        | 505,00                                | 0,18                      | 7,30     |

S1: Substrato 1 (casca de arroz carbonizada + húmus de minhoca + fosfato natural + fibra de coco babaçu + cama de frango na proporção 1:1:1:1:1); S2: Substrato 2 (1:1:1:1:2); S3: Substrato 3 (1:1:1:1:3); S4: Substrato 4 Medeiros; S5: Substrato 5 Carolina Soil; S6: Substrato 6 Bioplant.

Foram feitas inspeções regulares nas mudas durante a condução do experimento, a fim de monitorar a presença de insetos-praga e doenças.

A observação não indicou uma presença significativa de organismos que tornasse necessária a implementação de medidas de controle fitossanitário, de modo que não houve a necessidade de aplicar inseticidas, fungicidas ou qualquer outro tipo de produto para o controle de pragas e doenças

### 3.4. Características Avaliadas

A coleta de dados foi realizada após 30 dias da data da semeadura, sendo utilizadas as 8 plantas centrais de cada tratamento como área útil para análise das seguintes variáveis:

- Número de folhas por planta (NFP): Foi determinado por contagem direta das folhas completamente desenvolvidas de cada planta da área útil.
- Altura de planta (AP): Foi mensurada com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, medindo-se do colo da planta até o ápice.
- Comprimento da raiz (CR): Foi avaliado por meio da medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da muda e a extremidade da raiz mais longa.

d) Diâmetro do caule (DC): Foi mensurado medido da altura do colo de cada planta da área útil utilizando um paquímetro digital, com precisão em milímetros.

e) Massa Fresca Total (MFT): Para se obter a massa fresca foram coletadas todas as plantas da área útil e foram pesadas para determinar a massa fresca.

f) Massa Seca Total (MST): Após pesagem da massa fresca elas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 65°C por 72 horas para secagem e depois foram pesadas para obtenção da massa seca.

Após a coleta de todas as características, as mesmas foram submetidas à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com os resultados alcançados, foi possível verificar como diferentes substratos influenciam o desenvolvimento inicial de mudas de tomate cereja. A primeira parte traz as propriedades químicas e físicas dos substratos, enquanto a segunda discute os impactos dos tratamentos nas variáveis de crescimento das mudas.

Na tabela 1, os substratos demonstraram variações em suas propriedades químicas e físicas. Os níveis de pH variaram entre 7,0 e 7,3, apontando para materiais cuja reação está próxima da neutralidade. A capacidade de troca catiônica (CTC) mostrou uma grande diversidade entre as amostras, com os valores mais elevados encontrados nos substratos T5 (740 mmolc kg<sup>-1</sup>) e T4 (700 mmolc kg<sup>-1</sup>), sugerindo um maior potencial para retenção e oferta de nutrientes às plantas.

Quanto à densidade úmida, os substratos exibiram valores que variam de 185 a 732 kg m<sup>-3</sup>, ressaltando as diferenças na estrutura física e na porosidade dos materiais utilizados. A condutividade elétrica oscilou entre 0,07 e 0,18 mS cm<sup>-1</sup>, situando-se em níveis considerados apropriados para a produção de mudas, sem sinais de problemas relacionados à salinidade. Essas características evidenciam que

os substratos analisados possuem propriedades variadas, as quais podem afetar diretamente o crescimento e a qualidade das mudas de tomate cereja.

Na Tabela 2 é apresentado o resumo da análise de variância para as características avaliadas em mudas de tomate cereja produzidas em diferentes substratos.

A análise de variância demonstrou efeito significativo dos substratos sobre todas as características avaliadas das mudas de tomate cereja pelo teste F a 1% de probabilidade (Tabela 2). Esses resultados evidenciam que a composição dos substratos influenciou diretamente o desenvolvimento das mudas, demonstrando a importância da escolha adequada do meio de cultivo para obtenção de mudas de qualidade.

Resultados semelhantes foram observados por Lima *et al.* (2003), que verificaram influência significativa dos substratos sobre o desenvolvimento inicial de mudas de tomate.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas por planta (NFP), diâmetro do caule (DC), comprimento de raiz (CR), massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST), de mudas de tomate cereja, produzidas em diferentes substratos em Colinas do Tocantins - TO, 2025.

| Fontes de Variação | GL | Quadrado Médio |        |        |         |        |        |
|--------------------|----|----------------|--------|--------|---------|--------|--------|
|                    |    | AP             | NFP    | DC     | CR      | MFT    | MST    |
| Substratos         | 5  | 89,05**        | 1,17** | 1,24** | 12,59** | 0,92** | 0,01** |
| Blocos             | 3  | 0,84           | 0,2    | 0,1    | 1,83    | 0,01   | 0,002  |
| Resíduo            | 15 | 1,51           | 0,09   | 0,02   | 0,66    | 0,003  | 0,0001 |
| Média              |    | 8,05           | 3,67   | 1,66   | 8,76    | 0,39   | 0,04   |
| CV (%)             |    | 15,29          | 8,37   | 9,51   | 9,3     | 14,85  | 24,31  |

NS Não significativo; \*\* Significativo a 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ); \* Significativo a 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste F.

Segundo Ferreira *et al.* (2016), as características físicas e químicas do substrato influenciam diretamente a retenção de água, a disponibilidade de nutrientes e a aeração do sistema radicular, fatores essenciais para o crescimento das mudas. Dessa forma, a resposta significativa observada para todas as variáveis pode estar relacionada às diferenças na composição e na capacidade de fornecimento de nutrientes entre os tratamentos avaliados.

Os coeficientes de variação variaram de 8,37% para número de folhas a 24,31% para massa seca total (Tabela 2), indicando precisão experimental considerada adequada para estudos com produção de mudas, segundo critérios adotados em experimentos agrônômicos (Pimentel-Gomes, 2009).

Os valores médios de altura de plantas variaram de 5,32 cm a 17,60 cm entre os substratos avaliados (Tabela 3). O maior valor foi observado no substrato 5 (17,60 cm), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. O menor valor foi registrado no Substrato 4, com média de 5,32 cm.

**Tabela 3.** Valores médios de altura de plantas (AP), número de folhas por planta (NFP) e diâmetro do caule (DC) de mudas de tomate cereja, produzidas em diferentes substratos em Colinas do Tocantins, Tocantins, 2025.

| Substratos              | AP (cm) | NFP (un) | DC (mm) |
|-------------------------|---------|----------|---------|
| <b>Substrato 1 (S1)</b> | 5,62 b  | 3,54 b   | 1,39 c  |
| <b>Substrato 2 (S2)</b> | 6,20 b  | 3,66 b   | 1,51 bc |
| <b>Substrato 3 (S3)</b> | 6,62 b  | 3,87 ab  | 1,76 b  |
| <b>Substrato 4 (S4)</b> | 5,32 b  | 2,77 c   | 0,95 d  |
| <b>Substrato 5 (S5)</b> | 17,60 a | 4,43 a   | 2,63 a  |
| <b>Substrato 6 (S6)</b> | 6,95 b  | 3,79 ab  | 1,72 bc |

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas linhas para cada característica avaliada, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Observa-se que as mudas produzidas no Substrato 5 apresentaram crescimento expressivamente superior, alcançando altura aproximadamente três vezes maior que a observada no Substrato 4. Esse resultado sugere que o substrato comercial Carolina Soil proporcionou condições favoráveis ao crescimento vegetal.

Segundo Filgueira (2008), mudas de tomate destinadas ao transplântio geralmente apresentam entre 15 e 25 cm de altura, sendo consideradas aptas para o plantio definitivo. Dessa forma, apenas o Substrato 5 proporcionou mudas dentro da faixa considerada ideal aos 30 dias após a semeadura.

Os menores valores observados nos substratos alternativos podem estar relacionados à lenta mineralização dos nutrientes provenientes da cama de frango, do húmus e do fosfato natural, reduzindo a disponibilidade imediata de nutrientes durante

a fase inicial de desenvolvimento. Além disso, a proporção de materiais estruturantes, como fibra de coco babaçu e casca de arroz carbonizada, pode ter contribuído para uma menor densidade nutricional do substrato.

De acordo com Kiehl (2010), a liberação de nutrientes de resíduos orgânicos é um processo gradual que depende da ação de microrganismos e das condições ambientais. Assim, uma porção dos nutrientes contidos nesses compostos pode não ter se tornado disponível em quantidade adequada nas primeiras três semanas após o plantio.

Resultados semelhantes foram observados por Martins *et al.* (2008), que verificaram maior crescimento de mudas de tomate em substratos comerciais quando comparados a formulações alternativas. Souza *et al.* (2014) também relataram superioridade de substratos comerciais devido ao equilíbrio físico-químico previamente ajustado pelos fabricantes.

Do ponto de vista prático, a altura de plantas está diretamente relacionada ao vigor das mudas e à capacidade de estabelecimento após o transplantio.

A estatura das mudas é um critério comum para avaliar sua qualidade, pois reflete o desenvolvimento inicial das plantas. Contudo, essa métrica não deve ser considerada isoladamente.

É fundamental examiná-la em conjunto com outros indicadores, como a espessura do caule, a quantidade de folhas e a massa total, visto que uma planta mais alta não garante necessariamente mais robustez. Na pesquisa realizada, o expressivo aumento na altura das plantas no Substrato 5 coincidiu com incrementos significativos nos outros parâmetros medidos, sugerindo um crescimento harmônico das mudas.

O número de folhas apresentou médias entre 2,77 e 4,43 folhas por planta (Tabela 3). Os maiores valores foram observados no substrato 5 que apresentou 4,43 folhas por planta, e nos substratos 6 (3,78 folhas) e o substrato 3 (3,87 folhas), não diferindo estatisticamente entre si. O menor valor de número de folhas ocorreu no substrato 4 (2,77 folhas).

O fato de os Substratos 5, 6 e 3 apresentarem a maior emissão de folhas sugere um desenvolvimento vegetativo superior. Visto que as folhas são os órgãos

essenciais para a fotossíntese nas plantas, um número maior delas pode resultar em uma melhor captação de luz e em uma produção aumentada de fotoassimilados, o que, por sua vez, auxilia no crescimento das mudas (Taiz e Zeiger, 2017).

Os valores encontrados estão próximos da faixa normalmente observada para mudas de tomate produzidas em bandejas durante os primeiros 30 dias de cultivo. Segundo Santos (1996), mudas de qualidade geralmente apresentam entre quatro e seis folhas definitivas no momento do transplântio.

As descobertas apresentadas estão alinhadas com as de Lima *et al.* (2003), que igualmente verificaram um impacto notável dos materiais de base na quantidade de folhas de plantas jovens de tomate. Da mesma forma, Gomes e Souza (2018) destacam que o número de folhas é um importante indicador de vigor e qualidade de mudas hortícolas.

Existe forte relação entre número de folhas e altura das plantas, uma vez que os tratamentos que promoveram maior crescimento em altura também apresentaram maior emissão foliar.

O diâmetro do caule variou entre 0,95 mm e 2,63 mm (Tabela 3). O maior valor foi obtido no substrato 5 (2,63 mm), enquanto o menor ocorreu no substrato 4 (0,95 mm). O desempenho destacado do Substrato 5 sugere que essa opção criou um ambiente propício para o desenvolvimento das plântulas.

O diâmetro do caule é considerado uma característica muito importante na avaliação da qualidade de mudas, pois está diretamente relacionado à resistência mecânica da planta e à sua capacidade de sobrevivência após o transplântio.

Segundo Campanharo *et al.* (2006), mudas com maior diâmetro de caule apresentam maior vigor e tolerância ao estresse após o transplante. Dessa forma, o resultado obtido no substrato 5 indica produção de mudas com melhor qualidade agrônômica. Resultados semelhantes foram relatados por Souza *et al.* (2014), que observaram incremento no diâmetro do caule em substratos com maior disponibilidade nutricional.

O comprimento de raiz apresentou médias variando entre 6,71 cm e 11,84 cm (Tabela 4). O maior valor foi registrado no Substrato 5, enquanto o menor foi observado no Substrato 4.

**Tabela 4.** Valores médios de comprimento de raiz (CR), massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST), de mudas de tomate cereja, produzidas em diferentes substratos em Colinas do Tocantins, Tocantins, 2025.

| Substratos              | CR (cm) | MFT (g) | MST (g) |
|-------------------------|---------|---------|---------|
| <b>Substrato 1 (S1)</b> | 7,76 bc | 0,14 c  | 0,01 b  |
| <b>Substrato 2 (S2)</b> | 8,15 bc | 0,20 bc | 0,01 b  |
| <b>Substrato 3 (S3)</b> | 8,54 bc | 0,28 b  | 0,02 b  |
| <b>Substrato 4 (S4)</b> | 6,71 c  | 0,07 c  | 0,01 b  |
| <b>Substrato 5 (S5)</b> | 11,84 a | 1,36 a  | 0,14 a  |
| <b>Substrato 6 (S6)</b> | 9,56 b  | 0,28 b  | 0,02 b  |

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas linhas para cada característica avaliada, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

O Substrato 5, com seu maior desenvolvimento de raízes, mostra que esse tratamento criou condições ideais para o crescimento radicular. Um sistema radicular mais desenvolvido tende a aumentar o volume de substrato explorado pela planta, favorecendo a absorção de água e nutrientes e contribuindo para o crescimento vegetal.

O sistema radicular desempenha papel fundamental no estabelecimento inicial da cultura, sendo responsável pela sustentação da planta e pela absorção dos recursos necessários ao crescimento.

Resultados parecidos foram vistos por Castro *et al.* (2009), que também notaram diferenças no crescimento das raízes por causa dos substratos usados.

O maior comprimento radicular observado no Substrato 5 se correlacionou com os maiores índices de altura das plantas e diâmetro do caule, além de ter uma das médias mais elevadas para o número de folhas, indicando um desenvolvimento mais robusto das mudas cultivadas nesse tratamento.

A massa fresca total variou de 0,07 g a 1,36 g por planta (Tabela 4). O maior valor foi obtido no Substrato 5, diferindo significativamente dos demais tratamentos.

O acúmulo de massa fresca reflete diretamente o crescimento e desenvolvimento das mudas. O elevado valor observado no Substrato 5 demonstra que esse tratamento proporcionou melhores condições para produção de biomassa vegetal.

Os substratos que apresentaram os menores valores em relação aos demais podem ter uma menor disponibilidade inicial de nutrientes para as mudas no período em que foram avaliadas.

Segundo Martins *et al.* (2008), mudas cultivadas em substratos comerciais produziram mais massa fresca do que em formulações alternativas. No presente trabalho, constatou-se um resultado similar para o Substrato 5 (Carolina Soil), o qual gerou uma produção de massa fresca maior do que os outros tratamentos analisados.

Além disso, o valor de massa fresca total obtido no Substrato 5 ( $1,36 \text{ g planta}^{-1}$ ) foi superior ao relatado por Rodrigues *et al.* (2010), que observaram massa fresca da parte aérea de 0,7 g em mudas de tomate aos 33 dias após a semeadura.

Embora os autores tenham avaliado apenas a parte aérea das plantas, os resultados indicam que as mudas produzidas no presente estudo apresentaram elevado acúmulo de biomassa, evidenciando o potencial do substrato Carolina Soil para a produção de mudas vigorosas.

A massa seca total apresentou variação entre 0,01 g e 0,14 g (Tabela 4). O maior valor foi registrado no Substrato 5, enquanto os demais tratamentos apresentaram valores significativamente inferiores.

A massa seca é considerada um dos indicadores mais importantes da qualidade de mudas, pois representa efetivamente a quantidade de matéria orgânica acumulada pela planta, sem influência do teor de água.

De acordo com Gomes e Paiva (2013), a massa seca é vista como um dos principais sinais da qualidade das mudas, pois mostra a quantidade real de matéria orgânica que a planta juntou durante seu crescimento.

Resultados parecidos foram vistos por Gomes *et al.* (2016), que também notaram diferenças na produção de biomassa das mudas por causa dos substratos usados.

A melhor qualidade do Substrato 5 em comparação com os outros tratamentos está em linha com o que Gomes *et al.* (2016) encontraram, já que eles viram uma influência importante do substrato sobre o acúmulo de biomassa nas mudas. Gomes *et al.* (2016) relataram resultados semelhantes, pois também observaram diferenças na produção de biomassa das mudas em função dos substratos utilizados.

De forma geral, os resultados demonstram que o Substrato 5 (Carolina Soil) proporcionou o melhor desempenho para todas as características avaliadas, produzindo mudas mais vigorosas, com maior crescimento da parte aérea e do sistema radicular.

Os substratos alternativos apresentaram desenvolvimento intermediário, destacando-se o Substrato 3 como a melhor formulação alternativa. Já o Substrato 4 apresentou os menores valores para a maioria das características, indicando menor potencial para produção de mudas de tomate cereja nas condições deste estudo.

Esses resultados evidenciam a importância da escolha do substrato para obtenção de mudas de alta qualidade e maior potencial produtivo após o transplântio.

## **5. CONCLUSÃO**

A composição do substrato exerceu efeito significativo sobre o desenvolvimento das mudas de tomate-cereja, influenciando todas as características avaliadas, como altura de plantas, número de folhas, diâmetro do caule, comprimento de raiz, massa fresca total e massa seca total.

Entre os tratamentos avaliados, o substrato comercial Carolina Soil destacou-se por proporcionar os maiores valores para todas as variáveis analisadas, promovendo melhor crescimento da parte aérea e do sistema radicular, além de maior acúmulo de biomassa.

Os substratos alternativos compostos por fibra de coco babaçu, casca de arroz carbonizada, húmus de minhoca, fosfato natural e cama de frango mostraram resultados medianos na produção de mudas de tomate cereja.

Recomenda-se a realização de novos estudos visando diferentes proporções dos componentes dos substratos alternativos e avaliações complementares de suas características físicas e químicas, buscando aumentar sua eficiência agrônômica e viabilidade econômica para utilização na produção de mudas no estado do Tocantins.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, C. L. F. *et al.* Estresse salino e uso de fontes orgânicas na taxa de viabilidade política e produção de cultivares de tomateiro tipo cereja. *Revista Agropecuária*, v. 3, n. 1, p. 36-51, 2020.

ALBERTON, J. V. A influência do húmus de minhoca na produção de mudas de hortaliças. Curitiba: UFPR, 1996.

ALBINO, Vanessa Stainbach. Uso de porta-enxertos e níveis de adubação orgânica em tomateiro tipo cereja, sob ambiente protegido, cultivado em sistema orgânico. 2016. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/21105>. Acesso em: 31 maio 2026.

ALMEIDA, D. Manual de culturas hortícolas. Lisboa: Editorial Presença, 2006.

ALMEIDA, E. F. Polinização em tomateiro: aspectos biológicos e aplicados. Viçosa: UFV, 2006.

ALMEIDA, J. P. N. *et al.* Substratos alternativos para produção de mudas de hortaliças: uma revisão. *Horticultura Brasileira*, v. 35, n. 2, p. 160-171, 2017.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 25 jan. 2025.

ALVES, R. N. Arcanjo *et al.* Potencial de utilização da fibra de coco babaçu associada a fontes orgânicas na formulação de substratos agrícolas para produção de mudas. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 13, n. 1, p. 84-93, 2023. Disponível em: <https://portal.ifto.edu.br>. Acesso em: 10 jun. 2026.

ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N.; CARDOSO, S. J. T. Iniciação à minhocultura: criação em cativeiro e vermicompostagem. Santa Maria: UFSM, 1996. 96 p. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br>. Acesso em: 10 jun. 2026.

AQUINO, A. M. de; ALMEIDA, D. L. de; SILVA, V. F. da. Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1992.

AUGUSTO, G. A. Torrezan. Atributos físicos do solo em ensaio de longa duração com níveis de calagem e cama de aviário. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021. Disponível em: <https://www.utfpr.edu.br>. Acesso em: 10 jun. 2026.

AYENAN, M. A. T. *et al.* Accelerating Breeding for Heat Tolerance in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.): An Integrated Approach. *Agronomy*, v. 9, 2019.

AYENAN, M. A. T. *et al.* Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in Brazil: history, diversity, and production. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 66, n. 8, p. 1639-1656, 2019.

BARROS, A. C. *et al.* Efeito da cama de frango no controle de nematoides e no desenvolvimento de plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 2, p. 567-575, 2015.

BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Altera o Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 2020.

BRASIL. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Institui o substrato vegetal como insumo para a agricultura e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 10 dez. 2013.

BRASIL. Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 1980.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 25, de 23 de junho de 2023. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 2020.

CABALLERO, Cassia Brocca; MENDES, Pablo Machado; CASTIGLIONI, Lucas Lourenço; ANTUNES, Luciano de Araújo; AITA, Celso. Estudo da estabilização de camas de frangos através de bioindicadores vegetais. In: *MOSTRA DA PRODUÇÃO UNIVERSITÁRIA DA FURG*, 11., 2012, Rio Grande. Anais [...]. Rio Grande: FURG, 2012. Disponível em: <https://propep.furg.br/anaismpu/cd2012/cic/199.pdf>. Acesso em: 31 maio 2026.

CAMPANHARO, M. *et al.* Substratos para cultivo de mudas de hortaliças: aspectos físicos e químicos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 3, p. 356-361, 2006.

CANDIAN, J. S.; MARTINS, B. N. M.; CARDOSO, A. I. I. Doses de composto orgânico no desenvolvimento inicial de couve-flor e nas características químicas do solo. *Cultivando o Saber, Cascavel*, v. 8, n. 4, p. 334-343, 2015. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br>. Acesso em: 8 jun. 2026.

CARMELLO, M. L. A importância das mudas de qualidade no cultivo de hortaliças. 1995.

CARMELLO, Q. A. C. Nutrição e adubação de mudas hortícolas. In: MINAMI, K. (org.). *Produção de mudas de alta qualidade em horticultura*. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. p. 27-37.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S. de; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2002. 20 p. (Comunicado Técnico, 52).

- CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S. de; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 4, p. 533–535, 2002.
- CARVALHO, M. T. M. *et al.* Decomposição da casca de arroz em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 5, p. 493-498, 2015.
- CARVALHO, R. S. de S. C. Estudo da viabilidade da utilização da fibra de coco babaçu em formulações de tijolo solo-cimento. 2019. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Teresina, 2019.
- CASALS, J. *et al.* Cherry and fresh market tomatoes: Differences in chemical, morphological, and sensory traits and their implications for consumer acceptance. *Agronomy*, v. 9, 2019.
- CASALS, J. *et al.* The root system architecture in tomato: a review. *Scientia Horticulturae*, v. 246, p. 543-552, 2019.
- CASTIGLIONI, L. L. *et al.* Determinação da fitotoxicidade e teores de nutrientes de camas de aves criadas em lotes consecutivos. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 35., 2015, Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. Disponível em: [http://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2014/EN\\_01879.pdf](http://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2014/EN_01879.pdf). Acesso em: 31 maio 2026.
- CASTRO, A. C. R. *et al.* Uso da fibra de coco babaçu como substrato para produção de mudas de hortaliças. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 2, p. 45-50, 2009.
- CASTRO, A. M. C.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F. Uso de fibra de coco na produção de mudas de hortaliças. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 4, n. 2, p. 89-95, 2009.
- CAVALCANTE, L. F. *et al.* Fosfato natural no crescimento de goiabeiras. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 29, n. 2, p. 321-326, 2007.
- CHAVES, Y. S. *et al.* Evaluation of the density, mechanical, thermal and chemical properties of babassu fibers (*Attalea speciosa*) for potential composite reinforcement. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 23, p. 2089-2100, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.01.168>. Acesso em: 10 jun. 2026.
- CHEN, X. *et al.* Importância das hortaliças na alimentação humana e sustentabilidade dos sistemas agroalimentares. *Journal of Agri-Food Sustainability*, v. 15, n. 3, p. 245-256, 2023.
- CHIEN, S. H. *et al.* Reactivity of phosphate rocks: a review. *Soil Science Society of America Journal*, v. 75, n. 3, p. 934-943, 2011.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Boletim Hortigranjeiro: dezembro de 2023. Brasília, DF: Conab, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/conab>. Acesso em: 31 maio 2026.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Boletim Hortigranjeiro: dezembro de 2024. Brasília, DF: Conab, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/conab>. Acesso em: 31 maio 2026.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Boletim Hortigranjeiro: janeiro de 2026. Brasília, DF: Conab, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/conab>. Acesso em: 31 maio 2026.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de hortaliças - 2023. Companhia Nacional de Abastecimento, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/assistencia/pesquisa/estimativas-da-safra-de-hortalicas>. Acesso em: 14 de abril de 2025.

CORRÊA, J. C.; MIELE, M. A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. Disponível em: Embrapa - A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. Acesso em: 31 maio 2026.

COSTA, C. A. *et al.* Aproveitamento de resíduos orgânicos na agricultura sustentável. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 5, n. 1, p. 45-53, 2010.

COSTA, E. M. S. Vermicompostagem: produção e uso agrícola do húmus de minhoca. Jaboticabal: FUNEP, 2010.

COSTA, R. F. *et al.* Viabilidade econômica da casca de arroz carbonizada na agricultura. Revista de Economia Agrícola, v. 67, n. 1, p. 55-64, 2020.

COÊLHO, R. S. *et al.* Estratégias para a redução dos custos de implantação na produção de hortaliças. Revista de Economia e Agronegócio, v. 11, n. 2, p. 189-201, 2013. Disponível em: <[https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/19429/1/pab13\\_maio\\_95.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/19429/1/pab13_maio_95.pdf)>. Acesso em: 07 jun. 2026.

DORAIS, M.; EHRET, D. L.; PAPADOPOULOS, A. P. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. Phytochemistry Reviews, v. 7, n. 2, p. 231-250, 2008.

EMBRAPA HORTALIÇAS. Produção de mudas de hortaliças. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas>. Acesso em: 10 jun. 2026.

FAOSTAT. Estatísticas agrícolas mundiais: produção de hortaliças - 2022. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 13 de abril de 2025.

FERNANDES, I. O.; CARLOS, L. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* Mart. produzidas em diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio. Disponível em:

[https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcdursos/uploads/anexos\\_5/2020-07-24-06-32-102019-11-20-11-23-0802-%20lgor.pdf](https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcdursos/uploads/anexos_5/2020-07-24-06-32-102019-11-20-11-23-0802-%20lgor.pdf). Acesso em: 10 jun. 2026.

FERREIRA, D. F.; SILVA, F. A. M.; OLIVEIRA, F. L. Utilização de resíduos orgânicos na composição de substratos para produção de mudas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 8, n. 2, p. 190–198, 2013.

FERREIRA, R. L. F. *et al.* Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de hortaliças. *Revista Ceres*, v. 63, n. 2, p. 173-179, 2016.

FILGUEIRA, F. A. R. Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). FAOSTAT: Crops and Livestock Products. Rome: FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat>. Acesso em: 31 maio 2026.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). FAOSTAT: Crops and Livestock Products. Rome: FAO, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/>. Acesso em: 10 jun. 2026.

GOMES, J. B. V. *et al.* Casca de arroz carbonizada como substrato para mudas de eucalipto. *Scientia Forestalis*, v. 42, n. 102, p. 245-253, 2014.

GOMES, J. M. *et al.* Caracterização de substratos utilizados na produção de mudas. *Revista Árvore*, v. 27, n. 5, p. 471-480, 2003.

GOMES, J. M. *et al.* Propriedades físico-químicas da fibra de coco babaçu e sua utilização em substratos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 33, n. 1, p. 23-29, 2003.

GOMES, L. A. S.; SOUZA, R. J. Qualidade de mudas e seu impacto na produtividade de hortaliças. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2018.

GOMES, R. F. *et al.* Cama de frango como substrato para produção de mudas de alface. *Horticultura Brasileira*, v. 34, n. 1, p. 112-118, 2016.

HAYATA, M. *et al.* Volume de células de bandejas, substrato e número de sementes na produção de mudas do tomateiro: como melhorar a produção da muda do tomateiro? In: *Tecnologia e inovação na agricultura: aplicação, produtividade e sustentabilidade em pesquisa*. São Paulo: Editora Científica Digital, 2023. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br>. Acesso em: 10 jun. 2026.

HEUVELINK, E. (ed.). *Tomatoes*. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, 2018. DOI: 10.1079/9781780641935.0000. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org>. Acesso em: 10 jun. 2026.

IBGE. Censo agropecuário 2023: áreas cultivadas e produção agrícola no Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados climáticos de Colinas do Tocantins – TO. Brasília, DF: INMET, 2025. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 08 fev. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Municipal 2024. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 31 maio 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 10 jun. 2026.

JONES, J. B. Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. 399 p.

KALE, R. D.; MEENA, V. K. Vermicompost and soil fertility: a comprehensive review of nutrient dynamics and soil health. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 22, n. 3, p. 1458-1475, 2022.

KIEHL, E. J. Novo fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Degaspari, 2010.

KLEE, H. J.; GIOVANNONI, J. J. Genetics and control of tomato fruit ripening and quality attributes. *Annual Review of Genetics*, v. 45, p. 41-59, 2011. DOI: 10.1146/annurev-genet-110410-132507. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22060040/>. Acesso em: 10 jun. 2026.

KÄMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agropecuária, 2005.

KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde. Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

LIMA, J. S. S. *et al.* Produção de mudas de tomate em diferentes substratos. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 4, p. 728-732, 2003.

LIMA, R. L. S. *et al.* Desenvolvimento de mudas de tomateiro em substratos alternativos contendo fibra de coco. *Horticultura Brasileira*, v. 37, n. 3, p. 315-322, 2019.

LIMA, R. L. S. *et al.* Utilização de cama de frango na agricultura: benefícios e limitações. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 2, n. 1, p. 45-53, 2012.

LIMA, R. S. *et al.* Fibra de coco babaçu como componente de substratos para produção de mudas de tomate. *Horticultura Brasileira*, v. 37, n. 2, p. 189-195, 2019.

LIZ, R. S. de; CARRIJO, O. A. Substratos para produção de mudas e cultivo de hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 83 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/781301>. Acesso em: 01 jun. 2026.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p. Disponível na UFLA.

MARTINS, C. M. *et al.* Qualidade de mudas de tomateiro em função de diferentes substratos. *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, n. 4, p. 588-594, 2008.

MARTINS, G. C. *et al.* Uso de cama de frango como fertilizante orgânico: efeitos na produtividade e qualidade do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, n. 8, p. 1025-1032, 2013.

MARTINS, G. N. *et al.* Qualidade do húmus de minhoca em diferentes sistemas de compostagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 45, e0210123, 2021.

MEDEIROS, S. A. S. *et al.* Utilização de cama de frango na composição de substratos para produção de mudas de alface. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 2, 2009.

MEDINA, R. C. *et al.* Processo de carbonização da casca de arroz e suas aplicações. *Energia na Agricultura*, v. 24, n. 2, p. 78-89, 2009.

MELO, P. C. T. de; VILELA, N. J. O mercado do tomate. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. 5 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 28). Disponível em: [embrapa.br](http://embrapa.br). Acesso em: 10 jun. 2026.

MENDES, Pablo Machado. Avaliação da estabilização de camas usadas na avicultura através de bioindicadores vegetais. 2011. Disponível em: <https://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/123456789/1292>. Acesso em: 31 maio 2026.

MENDONÇA, V. *et al.* Características físicas e químicas da fibra de coco como substrato agrícola. *Caatinga*, v. 20, n. 1, p. 12-19, 2007.

MENDONÇA, V. Processamento e utilização da fibra de coco babaçu na agricultura. São Luís: EDUFMA, 2007. 120 p.

MENEZES, J. F. S. *et al.* Composição química da cama de frango em diferentes quantidades de reutilizações. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 8, n. 2-3, p. 299-304, 2004. Disponível em: [scielo.br](http://scielo.br). Acesso em: 10 jun. 2026.

MONTINA, Neiriele Bruschi; MATARUCO, Henrique. Diferentes doses de cama de frango na produção e potencialização da produtividade do tomate cereja. *Revista Puxirum*, Paranaíba, v. 5, n. 2, p. 45-56, jun. 2024.

NAIKA, S. *et al.* Cultivation of tomato: production, processing and marketing. 4. ed. Wageningen: Agromisa Foundation and CTA, 2005.

NASCIMENTO, A. F. *et al.* Adubação orgânica com cama de frango e seus efeitos na microbiota do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 3, p. 1231-1238, 2008.

NASIR, M. *et al.* Cultivo de tomate: práticas de manejo e produção em larga escala. *International Journal of Agricultural Production*, v. 7, n. 2, p. 112-125, 2015.

NOGUEIRA, A. R. *et al.* Efeito do húmus de minhoca no crescimento de mudas de alface. *Horticultura Brasileira*, v. 32, n. 3, p. 312-318, 2014.

NOVAIS, R. F. *et al.* (ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F. *et al.* *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471–550.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* Casca de arroz carbonizada na produção de mudas de tomate. *Revista Ceres*, v. 68, n. 1, p. 45-52, 2021.

OLIVEIRA, M. E. S. O babaçu (*Attalea speciosa*) no Brasil: distribuição e usos. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 26 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 184). Disponível em: [embrapa.br](http://embrapa.br). Acesso em: 10 fev. 2026

OLIVEIRA, F. de; PEREIRA, F. de O. Microencapsulação do extrato hidrossolúvel da torta de amêndoas de coco babaçu. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 41, n. 4, p. 1205-1214, 2016.

PACHECO, M. M. *et al.* Reaproveitamento de resíduos lignocelulósicos da palmeira babaçu (*Attalea speciosa*) na composição de substratos alternativos para a horticultura. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 47, n. 2, p. 142-151, 2024.

PERALTA, I. E.; SPOONER, D. M.; KNAPP, S. (ed.). *Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (Solanum sect. Lycopersicoides, sect. Juglandifolia, sect. Lycopersicon; Solanaceae)*. Ann Arbor: American Society of Plant Taxonomists, 2006.

PEREIRA, D. C. *et al.* Propriedades físicas e químicas de substratos orgânicos utilizados na agricultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 4, p. 385-391, 2016.

PEREIRA, M. R. R. *et al.* Substratos para produção de mudas de hortaliças: uma revisão. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 9, n. 2, p. 45-56, 2014.

PEREIRA, P. G. *et al.* Utilização de fibras do coco babaçu na composição de substrato para emergência e produção de mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl. 2018. Disponível em: <https://www.even3.com.br>. Acesso em: 10 jun. 2026.

PEREIRA, R. S. *et al.* Composição química da casca de arroz carbonizada. *Química Nova*, v. 39, n. 5, p. 623-628, 2016.

PEREIRA, W. E. *et al.* Caracterização físico-química da fibra de coco babaçu para uso como substrato. *Revista Caatinga*, v. 29, n. 3, p. 654-661, 2016.

PREFEITURA DE COLINAS DO TOCANTINS. Caracterização climática do município. 2024. Disponível em: <https://www.colinas.to.gov.br>. Acesso em: 10 maio 2025.

PREFEITURA DE COLINAS DO TOCANTINS. Diário Oficial de 18 de abril de 2024, 2024. Disponível em: <https://diario.colinas.to.gov.br/storage/diarios/2024/04/diario1562-01-signed.pdf>. Acesso em: 28 de janeiro de 2025.

QUINTANA, S. E. *et al.* Tomato: a global perspective on its role in human nutrition and health. *Food Research International*, v. 162, p. 112-125, 2022.

RAJAN, S. S. S. *et al.* Phosphate rocks for direct application to soils. *Advances in Agronomy*, v. 57, p. 77-159, 1996.

REFLORA. *Attalea speciosa* (Mart. ex Spreng.) – Babaçu. 2023. Disponível em: <https://reflora.jbrj.gov.br>. Acesso em: 10 de abril de 2025.

RIBEIRO, A. C. *et al.* Resíduos agroindustriais como substratos para produção de mudas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 5, p. 342-349, 2017.

RIBEIRO, L. O. Substratos orgânicos para produção de mudas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 162 p.

RIBEIRO, L. P. *et al.* Características físicas da casca de arroz carbonizada para uso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 43, 2019.

ROCHA, G. L. Manejo e utilização de cama de frango na agricultura. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. 18 p. (IAC. Boletim Técnico, 142).

RODRIGUES, E. T. *et al.* Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos e recipientes em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 4, p. 483-488, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em: 05 fev. 2026.

SANTOS, F. A.; CASTRO, A. M. C.; FERREIRA, E. A. Caracterização física de substratos contendo casca de arroz carbonizada para produção de mudas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 43, n. 1, p. 85–94, 2020.

SANTOS, H. G. *et al.* Casca de arroz carbonizada em substratos para produção de mudas. *Ciência Rural*, v. 47, n. 8, 2017.

SANTOS, H. S. Produção de mudas de qualidade em hortaliças. Brasília, DF: Embrapa, 1996. 35 p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 42).

SANTOS, R. J. N. dos *et al.* Propagação por estaquia de *Polyscias guilfoylei* em substrato a base de caule decomposto de babaçu e casca de arroz carbonizada. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, p. e635997889, 2020.

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 10 jun. 2026.

SCHMITZ, J. A. K. *et al.* Casca de arroz carbonizada como condicionador de solo. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 8, n. 3, p. 223-227, 2002.

SCHWARZ, D., ROUPHAEL, Y., COLLA, G., & VENEMA, J. H. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses. *Scientia Horticulturae*, 2010.

SILVA JÚNIOR, J. *et al.* Importância da produção de mudas na agricultura comercial de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 13, n. 1, p. 45-56, 1995.

SILVA, A. *et al.* A fibra de coco babaçu como substrato na produção de mudas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 5, n. 3, p. 142-153, 2010.

SILVA, C. A. *et al.* Pirólise da casca de arroz: aspectos técnicos e ambientais. *Engenharia Agrícola*, v. 30, n. 4, p. 724-733, 2010.

SILVA, I. A. da *et al.* Utilização de substratos alternativos e substâncias húmicas para produção de mudas de gergelim. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 2, p. 35-45, 2021.

SILVEIRA, P. M. *et al.* Minhocultura e produção de húmus. Brasília, DF: Embrapa, 2008. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 161). Disponível em: [embrapa.br](http://embrapa.br). Acesso em: 05 fev. 2026.

SIQUEIRA, J. O. *et al.* Fosfato natural e micorrizas em espécies arbóreas nativas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 6, p. 849-855, 2002.

SMITH, S. E.; READ, D. J. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd ed. London: Academic Press, 2008. 800 p.

SOARES, B. L.; JUNIOR, A. R. *Morfologia e fisiologia do fruto do tomateiro*. Jaboticabal: FCAV, 2015.

SOARES, M.; JUNIOR, S. *Qualidade de frutos de cultivares de tomate para processamento*. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SOUZA, J. L. *et al.* Efeito de substratos no crescimento inicial do tomateiro. *Horticultura Brasileira*, v. 32, n. 3, p. 345-350, 2014.

SOUZA, M. F. *et al.* Uso sustentável da casca de arroz carbonizada na agricultura. *Revista Agro@mbiente*, v. 12, n. 2, p. 145-154, 2018.

SOUZA, R. F. *et al.* Cama de frango: características e uso na agricultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 5, p. 1138-1146, 2011.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil*. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2019.

STAJCIC, S. *et al.* Tomate: aspectos econômicos e agrônômicos da cultura. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 53, n. 2, p. 301-314, 2015.

STEWART, R. D. Gold standards for substrate physico-chemical characterization. *Acta Horticulturae*, n. 1389, p. 189-198, 2024. DOI: 10.17660/ActaHortic.2024.1389.23. Disponível em: [https://www.actahort.org/books/1389/1389\\_23.htm](https://www.actahort.org/books/1389/1389_23.htm). Acesso em: 1 abr. 2026.

ZAPATA, F.; ROY, R. N. Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. Rome: FAO, 2004.