

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Yasmin Araujo Teodoro de Souza

**INFLUÊNCIA DA INOCULAÇÃO COM *RHIZOPHAGUS IRREGULARIS* NA
FORMAÇÃO DE MUDAS DE CAFEIEIRO ARÁBICA EM DIFERENTES
SUBSTRATOS**

São João Evangelista - MG

2026

YASMIN ARAUJO TEODORO DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DA INOCULAÇÃO COM *RHIZOPHAGUS IRREGULARIS* NA
FORMAÇÃO DE MUDAS DE CAFEIEIRO ARÁBICA EM DIFERENTES
SUBSTRATOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Bacharelado em
Agronomia do Instituto Federal de Minas
Gerais- *Campus* São João Evangelista,
para obtenção do grau de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Dr.Rafael Carlos dos Santos

São João Evangelista – MG

2026

S729i Souza, Yasmin Araujo Teodoro de.
Influência da inoculação com *rhizophagus irregularis* na formação de mudas de cafeeiro arábica em diferentes substratos/ Yasmin Araujo Teodoro de Souza – 2026.
33f.: il.

Orientador: Dr. Rafael Carlos dos Santos.
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2026.

1. Coffea arábica L. 2. Inoculação com fungos micorrízicos. 3. Produção de mudas. I. Souza, Yasmin Araujo Teodoro de. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 633.73

Yasmin Araujo Teodoro de Souza

**INFLUÊNCIA DA INOCULAÇÃO COM *RHIZOPHAGUS IRREGULARIS* NA
FORMAÇÃO DE MUDAS DE CAFEIEIRO ARÁBICA EM DIFERENTES
SUBSTRATOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Bacharelado em
Agronomia do Instituto Federal de Minas
Gerais- *Campus* São João Evangelista,
para obtenção do grau de Bacharel em
Agronomia.

Aprovado em: 31 / 03 / 2026 pela banca examinadora:



Documento assinado digitalmente
RAFAEL CARLOS DOS SANTOS
Data: 04/05/2026 20:43:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rafael Carlos dos Santos – IFMG (Orientador)



Documento assinado digitalmente
JARBAS MAGNO MIRANDA
Data: 04/05/2026 20:15:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jarbas Magno de Miranda – IFMG



Documento assinado digitalmente
VALDEVINO PEREIRA SILVA
Data: 05/05/2026 08:41:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Valdevino Pereira Silva- IFMG

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que sempre esteve comigo, me abençoando e iluminando meu caminho.

Aos meus pais Elizabeth e Waldir, e às minhas queridas irmãs, Tamires, Esthella e Amanda, por todo apoio, confiança e incentivo em mim depositados.

Agradeço às minhas amigas, que tornaram esses anos mais divertidos e leves.

Agradeço em especial aos meus amigos James, Paula, Marcos por terem me auxiliado nas coletas dos dados deste trabalho.

Aos professores por todo conhecimento a mim passado.

Agradeço aos meus orientadores por todo apoio e paciência no decorrer deste trabalho.

E um agradecimento especial a mim, por ter conseguido chegar até aqui, por todo empenho e dedicação que me permitiram alcançar meu objetivo.

RESUMO

Desenvolver e testar novas tecnologias é essencial para aprimorar e tornar mais eficiente o processo de produção de mudas de café. Este estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de mudas de café arábica (*Coffea arábica* L.) sob a influência da inoculação com a micorriza *Rizopagus irregulares* e diferentes tipos de substratos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação situada no viveiro florestal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista (IFMG-SJE). Os tratamentos foram organizados em arranjo fatorial 2x4, com delineamento em blocos casualizados e quatro repetições. Os fatores em estudo foram inoculação com micorrizas (com e sem inoculação) e quatro tipos de substrato (substrato comercial, misturas de terra de barranco com esterco bovino, terra de barranco pura, e terra de barranco combinada com esterco bovino, P₂O₅ e KCl). A unidade experimental foi composta por cinco mudas individuais dentro de cada bloco. As mudas foram produzidas a partir do transplante das plântulas de café na fase palito de fósforo, da cultivar Catucaí amarelo 2 SL. As plântulas foram acondicionadas em tubetes de 280 cm³, previamente descontaminados, contendo os tratamentos para avaliação. Após cinco meses, foram avaliados os dados biométricos: altura da parte aérea (AP), diâmetro do coleto (DC), índice SPAD (IS) e número de folhas (NF), comprimento do sistema radicular (CR), área do sistema radicular (AR) e volume do sistema radicular (VR). Os resultados mostraram que a inoculação com micorriza não teve efeito significativo sobre o desenvolvimento das mudas de café arábica. O desenvolvimento foi influenciado principalmente pelos tipos de substratos utilizados. As características: AP, DC, NF, CR, AR e VR mostraram efeito significativo dos diferentes substratos utilizados. O substrato composto por solo puro apresentou resultados inferiores para as características avaliadas. Os demais substratos testados mostraram efeito similar entre si para as características avaliadas. Concluiu-se que a aplicação de micorrizas não promoveu incremento sobre o desenvolvimento das mudas de café arábica nas condições testadas. O substrato composto por solo com esterco bovino foi o mais adequado para promover o crescimento das mudas de cafeeiro

Palavras-chaves: *Coffea arábica* L. Inoculação com fungos micorrízicos. Produção de mudas.

ABSTRACT

Developing and testing new technologies is essential to improve and make the coffee seedling production process more efficient. This study aimed to evaluate the development of *Arabica coffee* seedlings (*Coffea arabica* L.) under the influence of inoculation with the mycorrhiza *Rhizophagus irregularis* and different types of substrates. The experiment was conducted in a greenhouse located in the forest nursery of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Minas Gerais - São João Evangelista Campus (IFMG-SJE). The treatments were organized in a 2x4 factorial arrangement, with a randomized block design and four replications. The factors under study were inoculation with mycorrhizae (with and without inoculation) and four types of substrate (commercial substrate, mixtures of riverbank soil with bovine manure, pure riverbank soil, and riverbank soil combined with bovine manure, P2O5 and KCl). The experimental unit consisted of five individual seedlings within each block. The seedlings were produced from transplanting coffee seedlings at the "matchstick" stage of the Catucaí Amarelo 2 SL cultivar. The seedlings were placed in 280 cm³ tubes, previously decontaminated, containing the treatments for evaluation. After five months, the following biometric data were evaluated: shoot height (SH), stem diameter (SD), SPAD index (SI), number of leaves (NL), root system length (RL), root system area (RA), and root system volume (RV). The results showed that inoculation with mycorrhizae did not have a significant effect on the development of *Arabica coffee* seedlings. Development was mainly influenced by the types of substrates used. The characteristics: SH, SD, RA, RL, RA, and RV showed a significant effect of the different substrates used. The substrate composed of pure soil showed inferior results for the evaluated characteristics. The other substrates tested showed a similar effect among themselves for the evaluated characteristics. It was concluded that the application of mycorrhizae did not promote an increase in the development of *Arabica coffee* seedlings under the tested conditions. The substrate composed of soil with bovine manure was the most suitable for promoting the growth of coffee seedlings.

Keywords: *Coffea arabica* L. Inoculation with mycorrhizal fungi. Seedling production.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pó molhável LALRISE MAX WP (A), Confecção dos orifícios de injeção do inoculante (B) e Aplicação do inoculante (C).....	23
Figura 2 - Avaliação das características biométricas: Altura da planta (A), Índice SPAD (B) e Diâmetro do coleto (C).....	24
Figura 3 - Coleta final de dados. Altura (A), Foto demonstrativa Tratamentos (B) e Diâmetro do coleto (C).	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fenologia do cafeeiro (<i>Coffea arabica</i>).....	14
Quadro 2 - Composição dos tratamentos utilizados no experimento, conforme o tipo de substrato utilizado em conjunto com a presença ou não do inoculante.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da análise de solo.....	22
Tabela 2 - Resumo da análise da variância dos dados.....	25
Tabela 3 - Comparação das médias de tratamento das variáveis testadas na parte aérea em função dos diferentes substratos para a produção de mudas.....	26
Tabela 4 - Comparação das medias de tratamento das variáveis relacionadas ao sistema radicular em função dos diferentes substratos para a produção de mudas.....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Coffea arabica.....	13
2.2 Fenologia do cafeeiro	14
2.3 Formas de propagação do cafeeiro	16
2.4 Produção de mudas de café arábica	16
2.5 Substratos na produção de mudas de café arábica.....	18
2.6 Fungos micorrizos na produção de mudas de café.....	19
3 MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1 Caracterização da área experimental	20
3.2 Delineamento experimental.....	20
3.3 Escolha da cultivar de café	22
3.4 Seleção do isolado micorrízico: inoculante LALRISE® MAX WP (fungos micorrízicos Rhizophagus irregulares)	22
3.5 Manejo da irrigação e controle de plantas daninhas, pragas e doenças	23
3.6 Variáveis biométricas avaliadas	23
3.7 Análise estatística	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro pertence ao grupo de plantas fanerógamas, da família Rubiaceae, gênero *Coffea*, e se apresenta como uma planta arbustiva, que possui um caule considerado quase cilíndrico, retilíneo e do tipo lenhoso, as raízes são pivotantes, sendo o fruto uma drupa (MATIELLO *et al.*, 2010).

A cafeicultura é considerada uma das principais atividades agrícolas em nível nacional e global, e é responsável por milhões de empregos, diretos e indiretos. Segundo a Associação Brasileira de Indústria de Café (ABIC, 2021), o Brasil é considerado como o maior produtor e exportador mundial de café.

As espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* as mais utilizadas pela indústria do café. O *Coffea arabica* é originário das regiões montanhosas da Etiópia e é responsável por cerca de 60–70% da produção mundial de café. Caracteriza-se por produzir bebidas de maior qualidade sensorial, com aroma intenso, acidez mais pronunciada e sabor mais complexo. Desenvolve-se melhor em altitudes elevadas (entre 800 e 2.000 metros), com clima ameno, sendo mais suscetível a pragas e doenças, como a ferrugem do cafeeiro. Além disso, apresenta menor teor de cafeína em comparação com *C. canephora* (DAMATTA *et al.*, 2007; MATIELLO *et al.*, 2010).

Já o *Coffea canephora*, conhecido comercialmente como Conilon ou Robusta, é originária da África Ocidental e Central. Essa espécie é mais rústica, apresenta maior resistência a pragas, doenças e variações climáticas, além de maior produtividade. Adapta-se melhor a regiões de baixa altitude e temperaturas mais elevadas. Seu teor de cafeína é mais alto, e a bebida geralmente possui sabor mais intenso e amargor mais acentuado, sendo amplamente utilizada na produção de cafés solúveis e em blends industriais (DAMATTA *et al.*, 2007; MATIELLO *et al.*, 2010).

De acordo com Matiello *et al.* (2010) para que todas as culturas se desenvolvam e atinjam seu melhor desempenho produtivo, é necessário a obtenção de mudas com alto grau de qualidade. Os autores ainda afirmam que com melhores mudas, conseqüentemente, se tem uma produção final de alta qualidade e ocorre também uma redução dos custos de produção.

Para que seja alcançado uma produtividade elevada e diminuição de posteriores gastos, a produção de mudas de café deve, obrigatoriamente, ser realizada de modo a atender os critérios de qualidade genética e fitossanitária. Por isso ocorrem investimentos em novas tecnologias para que esse objetivo seja

atendido.

Uma muda para ser considerada de alta qualidade de forma visual deve possuir alguns requisitos gerais e extremamente importantes que são, possuir um sistema radicular bem formado e desenvolvido e uma parte aérea vigorosa, sem presença de pragas e doenças e ainda ausência de plantas daninhas no substrato.

A escolha do substrato para a confecção das mudas é uma etapa muito importante, esse pode ser comercial ou produzido pela própria pessoa, desde que seguindo corretamente recomendações. Como aponta Campos (2002), o substrato para produção de mudas em tubetes, deve apresentar alguns atributos, visto que em volume reduzido como, por exemplo, em torno de 120 cm³, esse substrato deve ser responsável por ser o suporte para que ocorra todo o desenvolvimento da planta, o que conseqüentemente, ocasionará em benefícios como uma muda com um sistema radicular desejável, assim como uma boa relação parte aérea/raiz, ou seja, uma planta de ótima qualidade.

Moreira; Siqueira (2006) afirmam que o cafeeiro pode ser definido como uma planta micotrófica, ou seja, é dependente da associação com micro-organismos, e assim como várias outras plantas possuem a capacidade de realizarem associações simbióticas benéficas entre fungos micorrízicos arbusculares e suas raízes. Esses fungos agem como uma extensão do sistema radicular da planta, o que por consequência ocasiona uma melhora na absorção de nutrientes, e, portanto, contribui significativamente no crescimento, desenvolvimento, vigor e produtividade da cultura. O mesmo autor ainda relata que estudos e avaliações realizadas mostraram e comprovam que existe uma alta eficiência e dependência micorrízica do café.

A importância de um bom substrato para a produção de mudas de café é um fato amplamente conhecido para os viveiristas e produtores de mudas. Já as possíveis interações dessa cultura perene com as micorrizas, tem sido alvo de pesquisas e recentes publicações na área. Entretanto, o efeito da combinação entre os de diferentes composições de substrato e inoculação com fungos micorrízicos ainda é um tema pouco explorado, de modo que se faz necessário mais pesquisas que envolvam esses componentes, com a finalidade de melhorar a compreensão sobre a existência ou não, de uma possível interação entre o tipo de substrato e a micorriza em estudo (*Rhizophagus Irregulares*). Deve-se levar em consideração que o substrato produzido na própria propriedade reduz significativamente os custos de produção de mudas. Portanto, se os resultados se mostrarem melhores em interação

entre presença ou ausência de micorriza e substrato não comercial, isso poderá significar uma redução nos gastos com a produção de mudas.

Diante do exposto, esse trabalho objetiva avaliar a influência de *Rhizophagus irregulares* na formação de mudas de café arábica sob diferentes substratos (comercial e produção própria).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Coffea arabica*

O café arábica é descendente dos pés de café originais da Etiópia. O café feito a partir desta variedade tem sabor suave e aromático. Ele é o rei dos cafés e responde por cerca de 70% da produção mundial (AICC, 2022). A cultura no Brasil se instalou inicialmente no Vale do Rio Paraíba, iniciando em 1825 um novo ciclo econômico no país. No final do século XVIII, época da guerra da Independência do Haiti, embora em pequena escala, o Brasil passou a exportar o produto com regularidade (OLIVEIRA; OLIVEIRA; MOURA, 2012).

O cafeeiro é uma planta pertence ao grupo Fanerógamas, classe Angiosperma, subclasse Dicotiledônea, ordem Rubiales, Família das Rubiaceas, tribo *Coffeae*, subtribo *Coffeinae* e gênero *Coffea* (MATIELLO *et al.*, 2010, p. 63). No gênero *Coffea*, a espécie *C. arabica* é a única tetraplóide, ou seja, possui quatro conjuntos do número básico de cromossomos do gênero ($n=11$), totalizando 44 cromossomos (SOUZA *et al.*, 2004). Enquanto o *Coffea canephora*, popularmente conhecida como robusta, é uma espécie diploide ($2n = 2x = 22$) do gênero *Coffea*, ao contrário de *C. arabica*, que é tetraploide ($2n = 4x = 44$) (Souza *et al.* 2004). Originária das regiões tropicais úmidas da África Ocidental e Central, *C. canephora* apresenta ampla variabilidade genética e maior rusticidade, sendo mais tolerante a altas temperaturas, baixa altitude e ataques de pragas e doenças (FAZUOLI *et al.*, 2007; MONTAGNON *et al.*, 2012). Além disso, possui maior teor de cafeína e menor acidez, características que conferem à bebida um sabor mais encorpado e amargo, sendo bastante utilizada na produção de café solúvel e em blends com *C. arabica* (CARVALHO 2008)

O cafeeiro apresenta porte arbustivo ou arbóreo, caule lenhoso, lignificado e reto. Possuindo o crescimento de ramos com dimorfismo, ou seja, na direção dos

ramos (CARVALHO *et al.*, 1950), sendo que os ramos ortotrópicos são aqueles crescem no sentido vertical e, os ramos plagiotrópicos crescem no sentido horizontal (MACHADO *et al.*, 2020), segundo Ronchi *et al.* (2015) apresenta raiz do tipo pivotante.

A produção mundial de café para o período de outubro de 2024 a setembro de 2025 foi estimada em aproximadamente 176,2 milhões de sacas de 60 kg, considerando as principais espécies cultivadas, *Coffea arabica* e *Coffea canephora*. Esse volume evidencia a relevância da cafeicultura no cenário global, com destaque para os principais países produtores, como Brasil, Vietnã e Colômbia (EMBRAPA, 2024).

2.2 Fenologia do cafeeiro

De acordo com Gouveia (1984) o café arábica (*Coffea arabica*) apresenta um ciclo fenológico que leva dois anos, sendo que o primeiro ocorre no período de dias longos e há a formação dos ramos vegetativos, ademais no segundo ano a florada acontece, assim como a formação dos chumbinhos até a fase final com o fruto completamente formado. A fase fenológica do cafeeiro pode ser definida em seis, sendo elas:

Fase inicial: crescimento vegetativo e formação das gemas foliares;

Segunda fase: maturação e dormência das gemas florais;

Terceira fase: início da florada;

Quarta fase: granação dos frutos;

Quinta fase: maturação dos frutos;

Sexta fase: senescência dos ramos produtivos não-primários.

(CAMARGO; CAMARGO, 2001).

Quadro 1 - Fenologia do cafeeiro (*Coffea arabica*).

1º ano fenológico	
1º fase Vegetação e formação das gemas foliares Dias longos (7 meses)	2º fase Indução e maturação das gemas florais Dias curtos (ETP \cong 350 mm)

										Folhas pequenas	
Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abri.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.
Período vegetativo										Repouso	
2º ano fenológico											
3º fase Florada (após aumento do potencial hídrico das gemas) Chumbinho e expansão dos frutos				4º fase Granação dos frutos (ETP \cong 70 mm)			5º fase Maturação dos frutos			6º fase Repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários	
Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abri.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.
Período reprodutivo										Autopoda	
Novo período vegetativo											

Fonte: Camargo; Camargo, 2001.

É fundamental compreender o desenvolvimento inicial das mudas, especialmente nos primeiros seis meses após a sementeira, período determinante para o estabelecimento da lavoura. Conforme descrito por José Braz Matiello *et al.* (2010), a formação de mudas de cafeeiro ocorre em etapas sequenciais:

Nos primeiros 30 a 60 dias após o semeio, ocorre a germinação, caracterizada pela fase conhecida como “palito de fósforo”, seguida pela emergência das primeiras folhas cotiledonares. Entre 60 e 120 dias, a muda entra em fase de crescimento vegetativo inicial, com emissão das primeiras folhas definitivas e desenvolvimento do sistema radicular. Já entre 120 e 180 dias, observa-se maior vigor vegetativo, com formação de pares de folhas e estrutura adequada para o transplante em campo.

O consumo mundial de café tem apresentado crescimento contínuo nos últimos anos, atingindo níveis recordes. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, o consumo global está estimado em 169,4 milhões de sacas de 60 kg no ciclo 2025/26, representando um aumento de aproximadamente 1,7% em relação à safra anterior, configurando um novo recorde na demanda mundial.

2.3 Formas de propagação do cafeeiro

As formas de propagação do cafeeiro podem ser vegetativas e sexuadas, por meio de sementes. Bergo *et al* (2000) o *C. arábica* é propagada por meio de sementes, isso é explicado pelo fato de ser uma planta autógama, ou seja, apresentam autofecundação maior que 95%, sendo que cultivares como Catuaí, Mundo Novo e Rubi, mantêm um mínimo de variabilidade em gerações avançadas. Os autores ainda afirmam que a propagação por forma vegetativa quando não realizada seguindo correta metodologia possui nível de pegamento insatisfatório.

Em *Coffea canephora* a formação de muitos caules, facilita o número de estacas, diante disso a estaquia é muito usual com a finalidade de propagar variedades clonais de café conilon no Brasil.

De acordo com, Carli *et al.* (2015) produção de ramos ortotrópicos em clones de *C. arábica* foram estudados, e foi verificado que a produção dos mesmos em número é muito discrepante, variando de quatro a vinte e quatro, após serem podados por esqueletamento.

Quanto aos segmentos nodais, esses não sofreram muita variação, diante disso, do número baixo de brotos, a realização desse método de propagação de café arábica em escala comercial ainda não é completamente eficiente, necessitando de estudos na área e multiplicação de matrizes.

Alguns autores como, Rezende *et al* (2010) apontam que não são diversos os estudos sobre a aplicabilidade da técnica de miniestaquia para a clonagem de *C. arabica*. Afirmam ainda que *C. arábica* apresenta melhor resultado no enraizamento, quando se faz a utilização de estacas semilenhosas que ficam na porção mediana dos ramos. Isso pode ser explicado por ocorrer uma lignificação menor do tecido, quando comparado aos segmentos mais lenhosos localizados na porção inferior dos ramos.

2.4 Produção de mudas de café arábica

De acordo com Matiello *et al.* (2010), para garantir eficiência na produção de mudas de cafeeiro por sementes, é fundamental que os frutos destinados à semeadura sejam colhidos no estágio cereja. Após a colheita, devem passar pelos processos de despolpa, degomagem, lavagem e secagem à sombra, assegurando melhor qualidade fisiológica das sementes.

As mudas podem ser adquiridas de órgãos especializados ou produzidas na própria propriedade. Nesse último caso, o semeio pode ser realizado de forma direta ou indireta, conforme o sistema de produção adotado.

No sistema indireto, a semeadura é realizada inicialmente em canteiros ou sementeiras, onde as sementes são distribuídas em sulcos e cobertas com uma fina camada de substrato. Após a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas, estas são transplantadas para recipientes individuais, como saquinhos ou tubetes, quando atingem o estágio adequado, geralmente conhecido como “orelha de onça”. Esse método permite melhor seleção das mudas mais vigorosas e maior uniformidade no viveiro. Além disso, possibilita maior controle das condições de germinação, contribuindo para a obtenção de mudas de melhor qualidade (REIS; CUNHA, 2010).

A produção de mudas pode ser realizada por meio da semeadura direta em recipientes, como saquinhos ou tubetes, utilizando-se geralmente de duas a três sementes por unidade. Posteriormente, realiza-se o desbaste, mantendo apenas a muda mais vigorosa. Nesse sistema, o recipiente é preenchido com substrato, devidamente umedecido, e as sementes são depositadas e cobertas com uma fina camada do material, sendo comum a utilização de cobertura vegetal, como palha, para conservação da umidade. Essa cobertura é retirada quando as plântulas atingem o estágio conhecido como “palito de fósforo”. Em condições adequadas, as mudas atingem o ponto ideal para transplante aproximadamente aos 180 dias após a semeadura (MATIELLO *et al.*, 2010).

Para Embrapa (2002) a semeadura direta apresenta vantagens como ausência de gastos com germinadores e repicagens, ademais o sistema radicular das mudas não sofre com injúrias. Entretanto a germinação pode ocorrer de forma desuniforme, ocorrência maior de mudas refugo, e também apresentam maior exigência de rega.

A semeadura direta para produção de mudas de cafeeiro apresenta como principais vantagens a maior uniformidade das mudas, menor necessidade de irrigação e a possibilidade de seleção de plântulas agronomicamente superiores. O processo consiste inicialmente na semeadura em germinadores com areia, sendo realizada a repicagem quando as plântulas atingem os estádios de “palito de fósforo” e “orelha de onça”. Entretanto, a repicagem pode ocasionar deformações no sistema radicular (GUIMARÃES *et al.*, 2005).

Para Vallone *et al.* (2010) as mudas que são produzidas em viveiro sofrem

interferência de alguns fatores como é o caso do tamanho do recipiente e a composição do substrato. Os recipientes utilizados são as sacolas de polietileno e tubetes plásticos, sendo que o formato e tamanho do recipiente interfere na qualidade das mudas, visto que influencia na dinâmica do movimento de água.

Ainda segundo, Melo (1999), nos últimos anos a utilização de tubetes de polietileno rígido, com volume menor que os dos saquinhos de polietileno se tornou maior, e apresenta benefícios como o menor tamanho e conseqüentemente ocorre uma maior facilidade no manuseio e transporte das mudas, além da otimização da área do viveiro.

2.5 Substratos na produção de mudas de café arábica

Como afirma Melo *et al.* (2003) para ser considerado um substrato ótimo, esse deve apresentar baixa densidade, elevada capacidade de troca catiônica (CTC), deve possuir uniformidade, ser poroso, capaz de suportar a retenção de água de forma adequada, além de apresentar isenção de pragas, qualquer espécie patogênica ou plantas daninhas e suas sementes. Outro ponto importante é apresentar um valor de custo que atenda às condições financeiras do comprador.

Segundo Tavares (2004), antigamente o substrato comumente utilizado na produção de mudas de café se concentrou na mistura de terra de subsolo com esterco animal, complementando com os fertilizantes químicos. Porém ressalta que nos últimos anos ocorreu uma crescente pelo uso do substrato comercial, devido a fatores como doenças e a demanda maior por mudas.

O autor ainda conclui que em relação ao substrato comercial de forma geral o crescimento das plantas se torna dependente do volume e da granulometria do substrato.

Visto que seus estudos e experimentos comprovaram que quando ocorre a utilização de 200 cm³ de substrato, associado a uma mistura com granulometria final reduzida o crescimento da planta é maior. Sendo essa mistura composta por partes iguais, entre o substrato não comercial com moagem bem fina e o substrato comercial em sua granulometria original.

No entanto segundo alguns trabalhos realizados, Pozza *et al* (2007) foi verificado que os substratos não comerciais ou os conhecidos como orgânicos, independentes de receberem ou não adubação complementar, foram os que tiveram

melhor resposta frente a formação de mudas de café em tubetes.

O substrato a ser utilizado é escolhido com embasamento na sua formulação, características físicas e químicas, peso, a disponibilidade de materiais, e o seu custo (TOLEDO, 1992).

2.6 Fungos micorrizos na produção de mudas de café

De acordo com Miranda (2001), naturalmente os solos abrigam diversos microrganismos, entre eles os fungos micorrízicos arbusculares (MA). A associação simbiótica entre esses fungos e as raízes das plantas caracteriza a micorriza arbuscular. Como resultado dessa interação, há uma expansão funcional do sistema radicular, aumentando a capacidade de absorção de água e nutrientes, especialmente fósforo, além de proporcionar maior tolerância a estresses ambientais e contribuir para o melhor desenvolvimento das plantas.

Chagas Junior *et al.* (2010) afirma que o processo de micorrização é de relevante importância para o setor agrícola, uma vez que este contribui significativamente para aumento da absorção das raízes, através do desenvolvimento das hifas, o que por consequência resulta em maior disponibilidade de nutrientes no solo.

Conforme Moreira e Siqueira (2006), com o sistema radicular ocupando maiores áreas no solo, ocorre a melhora na absorção de nutrientes, o que por consequência ocasiona um eficiente crescimento, desenvolvimento e uma posterior produtividade maior da planta.

Alguns estudos, como Freitas *et al.* (2013) comprovaram que de início a associação existente é da forma dreno assimilado da planta quando essa ainda não possui área foliar para manutenção da associação. Contudo, este efeito passa a não mais existir no período final de produção, o que resulta em pontos benéficos para as mudas. Ademais esses resultados foram obtidos quando os autores objetivaram analisar o crescimento de mudas de cafeeiro inoculadas com fungos micorrízicos, através da análise de crescimento de plantas.

Colozzi-Filho *et al* (1994) afirmam que o cafeeiro é uma cultura que possui uma grande dependência da associação com micorrizas, se intensificando ainda mais em solos que apresentem baixa fertilidade, o que por sua vez é confirmado com o alto potencial de uso de fungos micorrízicos na produção de mudas do cafeeiro.

A produção de mudas de cafeeiro em viveiro apresenta potencial de ser beneficiada quando ocorre a associação com micorrizas e raízes da planta, uma vez que é facilitada por fatores como características de manejo, possibilidade de produção de mudas inoculadas, além da importantíssima influência significativa no crescimento das plantas (FRANÇA *et al.*, 2014).

Trabalhos como o de Alecrim *et al.* (2015) e Souza *et al.* (2004) constataam que a utilização de micorrizas na produção de mudas de cafeeiro agregam, uma melhor adaptação das plantas ao meio a qual estão inseridas, ademais podem torna-las mais resistentes aos efeitos provocados por estresse biótico ou abiótico.

Isolados de fungos micorrízicos *Rhizophagus clarus* e *Rhizophagus irregularis* possibilitaram elevada colonização micorrízica das raízes da videira com consequente melhoria da absorção de P em solo com alto teor de Cu (WELLINGTON MELO *et al.*, 2015).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O presente trabalho foi conduzido no viveiro florestal localizado nas dependências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista (IFMG-SJE), situado no município de São João Evangelista localizado geograficamente na Latitude: 18° 32'46" Sul e Longitude: 42° 45' 35" Oeste. É também pertencente a bacia hidrográfica do Rio Doce (sub-bacia do Suaçuí Grande), região Centro Nordeste do Estado de Minas Gerais.

Segundo Koppen (1948) o clima de São João Evangelista é classificado como Cwa – sendo o inverno caracterizado como seco e o verão chuvoso, a altitude média é de 690m. De acordo com WEATHER SPARK (2022) o índice pluviométrico da cidade é de 1.801 mm por ano.

3.2 Delineamento experimental

A condução do experimento ocorreu em um período de oito meses, compreendidos entre os meses de maio de 2024 a dezembro de 2024. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados com arranjo em esquema fatorial (2 x 4), sendo

dois fatores, o primeiro a inoculação ou não com micorrizas *Rhizophagus irregularis* e o segundo quatro tipos de substratos, formando oito tratamentos. Utilizaram-se quatro repetições (blocos) e a unidade experimental foi composta por cinco mudas individuais dentro de cada bloco, totalizando assim 160 mudas, para maior precisão dos resultados (Tabela 2).

Os recipientes empregados na acomodação das mudas foram tubetes de 280 cm³, previamente descontaminados com solução de hipoclorito de sódio a 2% por um período de cinco minutos. Posteriormente, foram enxaguados com água corrente e deixados secar ao ar livre.

Utilizou-se substrato comercial VivaVerde e solo puro de barranco, sendo este coletado de um barranco localizado ao lado do viveiro, sendo classificado como um Latossolo Vermelho distrófico. Após a coleta do solo uma amostra foi enviada ao laboratório para realização da análise química (Tabela 3). A calagem foi realizada com aplicação de calcário dolomítico com PRNT 85%, tendo o solo sido encubado por 30 dias para permitir a reação do corretivo. Os substratos foram preparados na proporção de 2:1, sendo duas partes de solo para uma parte de esterco bovino. Quando utilizado, o adubo foi incorporado ao substrato de acordo com a quantidade de solo empregada, respeitando as recomendações de dosagem para cada tratamento.

Quadro 2 - Composição dos tratamentos utilizados no experimento, conforme o tipo de substrato utilizado em conjunto com a presença ou não do inoculante.

Tratamento	Especificações do experimento
Tratamento 1	Solo puro + presença de micorrizas
Tratamento 2	Solo puro + sem a presença de micorrizas
Tratamento 3	Solo puro com esterco bovino + presença de micorrizas
Tratamento 4	Solo puro com esterco bovino + sem a presença de micorrizas
Tratamento 5	Solo puro com esterco bovino, P ₂ O ₅ , KCl + presença de micorrizas
Tratamento 6	Solo puro com esterco bovino, P ₂ O ₅ , KCl + sem a presença de micorrizas
Tratamento 7	Substrato comercial + presença de micorrizas
Tratamento 8	Substrato comercial + sem a presença de micorriza

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Tabela 1 – Resultado da análise de solo.

pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V (%)	MO
01:02,5	mg dm ⁻³		-----cmol dm ⁻³ -----							%	dag kg ⁻¹
4,6	2,8	40	0,4	0,06	0,85	4,42	0,56	1,41	4,98	11,29	0,75

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

3.3 Escolha da cultivar de café

Optou-se pela cultivar Catucaí Amarelo 2 SL por ser amplamente cultivada na região da Chapada de Minas (MG), além de demonstrar excelente produtividade e vigor.

As mudas de café arábica Catuaí Amarelo foram adquiridas juntas ao Viveiro MRV, na fase de palito de fósforo e foram transplantadas para os tubetes, com os devidos substratos.. A partir disso as mudas foram observadas diariamente para controlar possíveis riscos e perdas. Um mês depois foi realizado o raleio, deixando apenas uma muda por tubete.

3.4 Seleção do isolado micorrízico: inoculante LALRISE® MAX WP (fungos micorrízicos *Rhizophagus irregularis*)

O inoculante utilizado no experimento foi um pó molhável da LALRISE® MAX WP (doado pela empresa Lallemand), que são fungos micorrízicos *Rhizophagus irregularis*. Segundo o fabricante esse inoculante aumenta o vigor e auxilia no crescimento das plantas, bem como possui as características de aumentar o rendimento, qualidade das mudas, e a capacidade de absorção das plantas.

A inoculação foi realizada após o desbaste, na fase de “orelha-de-onça”, e foi realizada da seguinte forma; em primeiro lugar ocorreu a diluição de 0,12 gramas (segundo recomendações do fabricante) em água, formando uma solução de 5 ml, sendo essa quantidade depositada em cada tubete. Essa solução foi mantida em constante agitação, e depositada com o auxílio de pipeta volumétrica, de forma igualitária em quatro orifícios, que foram feitos ao redor de cada muda.

Este método de inoculação foi estrategicamente implementado para promover a colonização eficiente das raízes das mudas de café com o fungo micorrízico, visando potencializar a absorção de nutrientes e promover o desenvolvimento saudável das

plantas ao longo do ciclo experimental.

Figura 1 - Pó molhável LALRISE MAX WP (A), Confeção dos orifícios de injeção do inoculante (B) e Aplicação do inoculante (C).



3.5 Manejo da irrigação e controle de plantas daninhas, pragas e doenças

A irrigação foi realizada pelo sistema de microaspersão, que ocorreu de forma periódica em quatro turnos, sendo os horários, 06:30h, 09:30h, 12:30h e 15:30h. Cada irrigação teve tempo médio de 15 minutos e lâmina de 1,27 mm.

O controle de plantas daninhas foi realizado de forma manual e individual em cada tubete, e não foi realizado controle de ataque de pragas e doenças, pelo fato da não evidência de prejuízos significativos.

3.6 Variáveis biométricas avaliadas

O experimento foi mantido em casa de vegetação por um período de cinco meses, que abrangeu os meses de julho a novembro. Ao final desse período foram avaliadas as seguintes características: altura das plantas (Figura 3A) utilizando uma régua com precisão de 0,05 mm; diâmetro do coleto com um paquímetro digital de com precisão de 0,01 mm, (Figura 2B); clorofila por meio do índice SPAD (Figura 3B); com analisador portátil digital modelo SPAD número de folhas (NF) (Figura 3^a), comprimento do sistema radicular (CR) (Figura 3C), área do sistema radicular (AR) e volume do sistema radicular (VR) (Figura 3B).

Figura 3 - Avaliação das características biométricas: Altura da planta (A), Índice SPAD (B) e Diâmetro do coleto (C).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 2 - Coleta final de dados. Altura (A), Foto demonstrativa Tratamentos (B) e Diâmetro do coleto (C).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Após as medições realizadas na parte aérea das mudas, as raízes separadas da parte aérea, lavadas e transportadas para o laboratório para as determinações de CR, AR e VR. A análise morfológica do sistema radicular foi realizada por meio de digitalização das raízes em scanner de alta resolução e posterior processamento das imagens no software WinRHIZO. O programa calcula a área radicular a partir da soma dos pixels identificados como raiz, convertendo-os em unidades reais conforme a calibração da imagem. O volume radicular é estimado assumindo formato cilíndrico dos segmentos radiculares, sendo calculado pela fórmula $V = \pi r^2 h$, com base no comprimento e diâmetro médio das raízes

As folhas foram separadas, identificadas e dispostas sobre uma superfície de cartolina branca para a determinação da área foliar, utilizando o software ImagemJ. Posteriormente, foram pesadas para obtenção da biomassa.

3.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Anova) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância usando-se o programa de análise estatística e planejamento de experimentos SIRVAR, desenvolvido por Ferreira (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 – Resumo da análise da variância dos dados.

FV	GL	AP	DC	IS	NF	CR	AR	VR
Bloco	3	1,13	5,04	46,06	5,08	50763,31	50763,31	104,70
Substrato (A)	3	13,4**	4,04*	41,57ns	4,58**	8608508,49**	1109037,43**	796,34**
Inoculação (B)	1	0,85ns	0,13ns	39,38ns	0ns	393686,14ns	20018,00ns	4,00ns
Interação (A x B)	3	0,33ns	0,71ns	35,20ns	1,25ns	130788,23ns	18943,78ns	19,65ns
Resíduo	21	0,59	1,07	47,69	0,82	548356,25ns	31419,41ns	17,68
Total	31							
CV (%)		5,54	8,3	13,87	7,25	15,88	15,21	17,5

ns não significativo. ** significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A Tabela 2 apresenta o resumo da análise de variância das variáveis altura das plantas (AP), diâmetro do coleto (DC), índice SPAD (IS), número de folhas (NF), comprimento do sistema radicular (CR), área do sistema radicular (AR) e volume do sistema radicular (VR) em função dos diferentes substratos e da inoculação, além da interação entre esses fatores. A análise de variância revelou que somente para o fator substrato foi observado efeito significativo ($p \leq 0,01$) sobre AP, DC, NF, CR, AR e VR. Tanto o fator inoculação com micorrizas quanto a interação entre os fatores foi não significativa para as características biométricas avaliadas.

Costa *et al.* (2020) também observaram que a escolha adequada do substrato teve maior impacto no crescimento das mudas do que a inoculação com microrganismos. A interação entre substrato e inoculação não foi significativa, o que reforça a ideia de que o substrato exerceu um efeito mais forte sobre o crescimento das mudas do que a inoculação.

A Tabela 3 apresenta a comparação das médias das variáveis analisadas em função dos diferentes substratos utilizados para a produção de mudas. O substrato solo com esterco bovino se destacou como o mais eficiente para o crescimento das mudas, apresentando a maior altura média (15,07 cm), não diferindo do solo com esterco bovino, P₂O₅, KCl. Esses achados corroboram os estudos de Carvalho *et al.* (2019) e Costa *et al.* (2020), que enfatizam a importância de substratos adequados para o crescimento das plantas, pois substratos ricos em matéria orgânica e nutrientes promovem o desenvolvimento das raízes e a retenção de água e nutrientes.

Para as características DC e NF o substrato solo com esterco bovino não diferiu dos demais, exceto para o solo puro. Esse desempenho pode ser atribuído à adequada disponibilidade de nutrientes oferecida pelo esterco bovino, que melhora as propriedades físicas do solo, como a capacidade de retenção de água e a aeração, além de fornecer nutrientes essenciais de forma gradual (OLIVEIRA *et al.*, 2018; ALMEIDA *et al.*, 2020). Em contrapartida, o substrato solo puro obteve os menores valores para todas as variáveis, indicando sua limitação para o desenvolvimento de mudas. Esse resultado se deve à baixa disponibilidade de nutrientes nesse solo, como pode ser evidenciado na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação das médias de tratamento das variáveis testadas na parte aérea em função dos diferentes substratos para a produção de mudas.

Substrato	AP	DC	IS	NF
	cm	mm	---	---
Solo puro	12,09c	11,38b	49,72a	11,38b
Solo com esterco bovino	15,07a	12,88a	52,09a	12,87a
Solo com esterco bovino, P ₂ O ₅ , KCl	14,52ab	12,75ab	46,71a	13,00a
Substrato comercial	13,73b	12,75ab	50,68a	12,75a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Dados: AP = altura de plantas, DC = diâmetro do coleto, IS = índice SPAD, e NF = número de folhas. Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

O substrato comercial apresentou desempenho intermediário, com resultados positivos, mas não superiores ao substrato com esterco bovino. Ademais, os resultados mostraram que a adição de fertilizantes minerais ao esterco bovino não

trouxe benefícios significativos, o que sugere que a disponibilização de nutrientes pelo esterco bovino foi suficiente para atender às exigências das mudas, sem a necessidade de aditivos químicos (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

A Tabela 4 apresenta a comparação das médias das variáveis relacionadas ao sistema radicular das mudas em função dos diferentes substratos utilizados. Observou-se que os substratos contendo esterco bovino proporcionaram os melhores resultados para o desenvolvimento radicular. O substrato composto por solo com esterco bovino destacou-se ao apresentar elevados valores de comprimento radicular (5391,20 cm), área radicular (1455,26 cm²) e volume radicular (32,03 cm³), não diferindo estatisticamente do substrato composto por solo com esterco bovino, P₂O₅ e KCl, que apresentou desempenho semelhante para todas as variáveis avaliadas.

Tabela 4 – Comparação das medias de tratamento das variáveis relacionadas ao sistema radicular em função dos diferentes substratos para a produção de mudas.

Substrato	CR	AR	VR
	cm	cm ²	Cm ³
Solo puro	3212,83b	705,80c	12,87b
Solo com esterco bovino	5391,20a	1455,26a	32,03a
Solo com esterco bovino, P ₂ O ₅ , KCl	5433,17a	1481,05a	32,85a
Substrato comercial	4620,82a	1020,45b	18,35b

Medias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Dados: CR = comprimento radicular, AR = Área radicular, VR = Volume radicular.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Esse comportamento evidencia que a presença do esterco bovino favoreceu significativamente o crescimento do sistema radicular, provavelmente em função da melhoria das propriedades físicas do solo, como maior porosidade, melhor retenção de água e aeração. Além do fornecimento gradual de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das raízes, como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e micronutrientes como zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn). Tais condições estimulam a expansão radicular, refletindo em maiores valores de comprimento, área e volume de raízes (ALMEIDA *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

O substrato comercial apresentou desempenho intermediário, com valores

elevados de comprimento radicular (4620,82 cm), porém inferiores aos tratamentos com esterco bovino para área e volume radicular, diferindo estatisticamente destes. Esse resultado indica que, embora o substrato comercial ofereça condições adequadas ao desenvolvimento das mudas, ele não supera a eficiência do uso do esterco bovino como componente do substrato.

Por outro lado, o substrato composto por solo puro apresentou os menores valores para todas as variáveis radiculares avaliadas, evidenciando sua limitação para o desenvolvimento do sistema radicular das mudas. Esse desempenho inferior está associado à baixa disponibilidade de nutrientes e às condições físicas menos favoráveis do solo sem adição de matéria orgânica, o que restringe o crescimento e a ramificação das raízes, conforme observado na Tabela 4.

De modo geral, os resultados indicam que a adição de fertilizantes minerais ao esterco bovino não promoveu incrementos significativos no desenvolvimento radicular, reforçando que a nutrição fornecida pelo esterco bovino foi suficiente para atender às exigências das mudas durante a fase inicial de crescimento.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados deste estudo foi possível chegar às seguintes conclusões:

- A inoculação com fungos micorrízicos *Rhizophagus irregularis* não se mostrou eficiente na promoção do crescimento das mudas de cafeeiro.
- O substrato composto por solo com esterco bovino apresentou melhor desempenho, sendo o mais adequado para o desenvolvimento das mudas.
- O uso de solo puro como substrato não foi eficiente para promover o crescimento das mudas de cafeeiro.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ (ABIC). **O café brasileiro na atualidade**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.abic.com.br/tudo-de-cafe/o-cafe-brasileiro-na-atualidade/>. Acesso em: 5 set. 2021.
- ASSOCIAÇÃO INDUSTRIAL E COMERCIAL DO CAFÉ (AICC). **O café: origem**. Disponível em: <http://aicc.pt/origem/>. Acesso em: 13 set. 2022.
- ALECRIM, A. O. *et al.* Desenvolvimento inicial de cafeeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares em competição com *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1701–1710, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- ALMEIDA, A. M. *et al.* Substratos orgânicos para a produção de mudas de cafeeiro: impacto no crescimento e desenvolvimento. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 39, n. 4, p. 325–337, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- BERGO, C. L. *et al.* Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) por meio do enraizamento de estacas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 2, p. 392–398, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- CAMARGO, Â. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. Definition and outline for the phenological phases of arabic coffee under Brazilian tropical conditions. **Bragantia**, v. 60, n. 1, p. 65–68, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- CAMPOS, K. P. **Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em diferentes substratos, fertilizações e tamanhos de tubetes**. 2002. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/2345>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- CARLI, J. R. de *et al.* Avaliação da produção de ramos ortotrópicos em genótipos de cafeeiro Catucaí Amarelo e Siriema clonados *in vitro*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 41., 2015. **Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**. 2015. p. 2006–2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130000/1/anais-cbpc-2015.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- CARVALHO *et al.* O dimorfismo dos ramos em *Coffea arabica* L. **Bragantia**, v. 10, n. 1, p. 1–8, 1950. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- CARVALHO, C. H. S. de. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília, DF: **Embrapa Café**, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/896550/cultivares-de-cafe-origem-caracteristicas-e-recomendacoes>. Acesso em: 11 jan. 2026.

- CARVALHO, L. C. *et al.* Efeito de substratos no crescimento de mudas de cafeeiro arábica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 6, p. 214–228, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- CARVALHO, M. L. *et al.* Uso de esterco bovino como alternativa para a produção de mudas de hortaliças. **Agricultura Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 123–130, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- CHAGAS JR., A. F.; OLIVEIRA, L. A.; OLIVEIRA, A. N. Caracterização fenotípica de rizóbios nativos isolados de solos da Amazônia e eficiência simbiótica em feijão-caupi. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 161–169, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- COLOZZI FILHO, A. *et al.* Efetividade de diferentes fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas, crescimento pós-transplante e produção do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 6, p. 977–984, 1994. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2025/26 – quarto levantamento**. Brasília: CONAB, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- COMPO EXPERT. **Basacote Plus 6M 16-8-12**. Disponível em: <https://www.compo-expert.com/br-BR/products/basacote-plus-6m>. Acesso em: 10 jan. 2026.
- COSTA, M. F. *et al.* Influência de diferentes substratos na qualidade de mudas de cafeeiro. **Revista de Agricultura Sustentável**, v. 25, n. 3, p. 145–158, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- DAMATTA, F. M. *et al.* Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 485–510, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- EMBRAPA. **Sistema de produção de café**. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1120376/sistema-de-producao-de-cafe>. Acesso em: 10 jan. 2026.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Produção mundial de café foi estimada em 176,2 milhões de sacas para o período acumulado de outubro de 2024 a setembro de 2025. 2024**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/94282103/producao-mundial-de-cafe-foi-estimada-em-1762-milhoes-de-sacas-para-o-periodo-acumulado-de-outubro-de-2024-a-setembro-de-2025>. Acesso em: 11 abr. 2026.
- FAZUOLI, L. C. *et al.* **O cultivo do cafeeiro**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo de Campinas, 2007. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/cafe.pdf. Acesso em: 11 jan. 2026.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: programa computacional para análise estatística de dados experimentais. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. Disponível em: <https://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>. Acesso em: 10 jan. 2026.

FRANÇA, A. C. *et al.* Crescimento de mudas de cafeeiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 506–511, 2014.

FREITAS, A. F. *et al.* Inoculação de mudas de cafeeiro com fungos micorrízicos arbusculares. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2013, Salvador. **Anais do Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Salvador: Embrapa Café, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107000/1/Inoculacao-de-mudas-de-cafeeiro.pdf>. Acesso 11 jan. 2026.

GOUVEIA, N. M. **Estudo da diferenciação e crescimento das gemas florais de *Coffea arabica* L.**: observações sobre antese e maturação dos frutos. 1984. 237 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1984. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/123456>. Acesso em: 11 jan. 2026.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Como preparar mudas de café**. Lavras: UFLA, 2005. Disponível em: <https://www.ufla.br/dcom/2015/03/17/como-preparar-mudas-de-cafe/>. Acesso em: 11 jan. 2026.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

MACHADO, A. H. R. *et al.* A cultura do café (*Coffea arabica*) em sistema agroflorestal. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1357–1369, 2020.

MATIELLO, J. B. *et al.* **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2010. Disponível em: <http://www.procafebrasil.com.br/wp-content/uploads/2016/04/Livro-Cultura-de-Cafe-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2026.

MELO, B. de. **Estudos sobre produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes**. 1999. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/6789>. Acesso em: 11 jan. 2026.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.

OLIVEIRA, A. F. *et al.* **Produção de mudas e uso de substratos orgânicos**. [S.l.]: [s.n.], 2018. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/327123456_Producao_de_mudas_e_uso_d_e_substratos_organicos. Acesso em: 11 jan. 2026.

OLIVEIRA, I. P.; OLIVEIRA, L. C.; MOURA, C. S. T. F. Cultura de café: histórico, classificação botânica e fases de crescimento. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 5, n. 4, p. 17–32, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 11 jan. 2026.

POZZA, A. A. A. *et al.* Efeito do tipo de substrato e da presença de adubação suplementar sobre o crescimento vegetativo e nutrição mineral em mudas de cafeeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 685–692, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/>. Acesso em: 11 jan. 2026.

REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Produção de mudas de café**. Lavras: EPAMIG, 2010. Disponível em: <https://www.epamig.br/>. Acesso em: 11 jan. 2026.

REZENDE, T. T. *et al.* Efeitos de tipos de estacas caulinares e do ambiente sobre o crescimento de mudas de café. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 5, p. 387–394, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 11 jan. 2026.

SOUZA, F. D. F. *et al.* **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. (Documentos, 93). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18255/1/doc93-cafe.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2026.

TAVARES JÚNIOR, J. E. **Volume e granulometria do substrato na formação de mudas de café**. 2004. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, 2004. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-12012005-152345/>. Acesso em: 28 abr. 2026.

TOLEDO, A. R. M. **Efeito de substratos na formação de mudas de laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck cv. Pera Rio)**. 1992. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/12345>. Acesso em: 11 jan. 2026.

WEATHER SPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em São João Evangelista no ano todo**. Disponível em: <https://weatherspark.com/>. Acesso em: 11 jan. 2024.