INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
BACHARELADO EM AGRONOMIA

MARIA BEATRIZ DE LIMA OLIVEIRA SENA

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO DA *Curcuma longa* L. (AÇAFRÃO-DA-TERRA)

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Clarice Aparecida Megguer

MORRINHOS - GO
2025

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
BACHARELADO EM AGRONOMIA

MARIA BEATRIZ DE LIMA OLIVEIRA SENA

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO DA *Curcuma longa* L. (AÇAFRÃO-DA-TERRA)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Clarice Aparecida Megguer

MORRINHOS - GO
2025

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

CURSO BACHARELADO EM AGRONOMIA

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO DA *Curcuma longa* L. (AÇAFRÃO-DA-TERRA)

Autora: Maria Beatriz de Lima Oliveira Sena

Orientadora: Drª Clarice Aparecida Megguer

APROVADA em 02 de julho de 2025

Documento assinado digitalmente
gov.br
CLARICE APARECIDA MEGGUER
Data: 04/07/2025 20:06:37-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Clarice Aparecida Megguer

Orientadora

Documento assinado digitalmente
gov.br
ANA CAROLINA DE LIMA RIBEIRO
Data: 10/07/2025 19:11:06-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Ana Carolina de Lima Ribeiro

Membro

Documento assinado digitalmente
gov.br
INDIRA RAYANE PIRES CARDEAL
Data: 09/07/2025 23:21:42-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Indira Rayane Pires Cardeal

Membro

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

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

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
- ☐ Dissertação (mestrado)
- ☐ Monografia (especialização)
- ☑ TCC (graduação)
- ☐ Artigo científico
- ☐ Capítulo de livro
- ☐ Livro
- ☐ Trabalho apresentado em evento
- ☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:
Maria Beatriz de Lima Oliveira Sena

Matrícula:
2015104220210337

Título do trabalho:
INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO DA Curcuma longa L. (AÇAFRÃO-DA-TERRA)

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☑ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 15 / 08 / 2025

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☑ Não

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

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

• Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

• Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

• Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
gov.br
MARIA BEATRIZ DE LIMA OLIVEIRA SENA
Data: 15/07/2025 21:13:04-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Morrinhos — Local
15 / 07 / 2025 — Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Documento assinado digitalmente
gov.br
CLARICE APARECIDA MEGGUER
Data: 05/08/2025 08:41:07-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

or(a)

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

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos dois dias do mês de julho de 2025, às 09 horas, reuniu-se por meio de video chamada a banca examinadora composta pela docente Drª Clarice Aparecida Megguer (orientadora), M.Sc. Ana Carolina de Lima Ribeiro (membro) e a Engenheira Agrônoma Indira Rayane Pires Cardeal (membro), para avaliar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "**Influência de diferentes substratos no desenvolvimento d a *Curcuma longa* L. (Açafrão-da-terra)**" da estudante Maria Beatriz de Lima Oliveira Sena, matriculada no Curso de Agronomia do IF Goiano – Campus Morrinhos. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do Trabalho de Curso, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. A estudante foi aprovada com nota **8,5.** Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

gov.br Documento assinado digitalmente
CLARICE APARECIDA MEGGUER
Data: 04/07/2025 20:04:18-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Clarice Aparecida Megguer

Orientadora

gov.br Documento assinado digitalmente
ANA CAROLINA DE LIMA RIBEIRO
Data: 10/07/2025 19:11:06-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Ana Carolina de Lima Ribeiro

Membro

gov.br Documento assinado digitalmente
INDIRA RAYANE PIRES CARDEAL
Data: 09/07/2025 23:21:42-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Indira Rayane Pires Cardeal

Membro

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi

Sena, Maria Beatriz de Lima Oliveira
S474i INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO DA Curcuma longa L. (AÇAFRÃO-DA-TERRA) / Maria Beatriz de Lima Oliveira Sena. Morrinhos 2025.

24f. il.

Orientadora: Profª. Dra. Clarice Aparecida Megguer.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0422021 - [MO.GRAD] Bacharelado em Agronomia - Morrinhos (Campus Morrinhos).
I. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora, pela proteção e sustento durante a minha graduação.

Agradeço ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, minha segunda casa, pela oportunidade de fazer parte da história do campus, levo o nome dessa instituição com muito orgulho.

Agradeço aos meus pais, Maria Zilda e Emerson, meu irmão, Tiago, meu sobrinho, Miguel Conrado e a Karen, que mesmo diante das dificuldades, nunca mediram esforços para realizar os meus sonhos, meus maiores incentivadores. Agradecimento especial a minha mãe que nunca soltou a minha mão, aguentou críticas e me defendeu, mesmo quando não merecia seu apoio. Mãe, você é o meu alicerce, a minha vida e a 'my love'.

Agradeço ao apoio de toda a minha família, deixo neste trabalho o registro dos nomes daqueles que sempre acreditaram que eu poderia ir longe e infelizmente não estão aqui para presenciar a conclusão da minha graduação: vô Inácio e vô Nilson, Tia Eleusa e Tio Genésio, vocês estaram para sempre no meu coração.

Agradeço aos professores, pela dedicação, paciência e pelos ensinamentos fundamentais que foram importantes para formar a profissional que sou hoje.

Agradeço a professora e orientadora Clarice, minha mãe durante minha graduação, seu incentivo e confiança fizaram a diferença para chegar até aqui. Professora, você estará sempre nas minhas orações, tenho orgulho de ter participado do seu laboratório, você é um grande exemplo como profissional e mãe, vou lembrar da senhora por onde eu passar.

Agradeço a Ariela, minha melhor amiga, por todo apoio, pelo carinho, paciência e conselhos. Aproveito para agradecer a Julia e o Wolney, meus amigos do ensino médio, que mesmo distante, mantiveram presente durante a minha graduação, dando apoio, carinho e conforto.

Agradeço aos colegas que fiz durante a graduação: Amanda, Camila, Isabela, Victor, Rhaylander, Wilma, Nathalia, Monara, Túlio, Ive, Yuri (amigo responsável pelo meu resgate, "obrigada, amigo, por me levar a casa do Pai"), Marcela, Danielle, e todos aqueles que não consigo lembrar para colocar aqui.

Agradeço os funcionários, que cuidam da limpeza, alimentação e da administração do campus, que todos os dias acolhem os alunos de braços abertos, sempre tratando todos os alunos com muito carinho, amor, respeito e paciência.

Por último, agradeço a empresa Brasilagro, pela oportunidade do estágio e pelo

desenvolvimento do TCC na fazenda. Agradeço a Jovana, Wellington, Indira, Maciel e Hailton e todos aqueles que fizeram parte da minha jornada e contribuiram para o meu crescimento pessoal e profissional.

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO DA *Curcuma longa* L. (AÇAFRÃO-DA-TERRA)

RESUMO

O açafrão-da-terra (*Curcuma longa* L.) é uma planta de grande importância econômica, medicinal e agrícola, bastante cultivada em regiões tropicais e subtropicais. Apesar do seu potencial, a produção ainda enfrenta limitações, principalmente relacionadas ao manejo inadequado, sendo a escolha do substrato um dos fatores mais críticos para o desenvolvimento de mudas de qualidade. Pensando nisso, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes substratos no crescimento e desenvolvimento de mudas de açafrão-da-terra, buscando identificar opções acessíveis e de baixo custo que possam melhorar a produção. O experimento foi realizado em uma casa de vegetação na Fazenda Jataí-Xingu, localizada em São Félix do Araguaia (MT), com seis tipos de substrato: um comercial (Terra Vegetal Vitaplan) e cinco combinações de materiais como solo, areia lavada, esterco bovino, terra preta, palha de arroz carbonizada, húmus de minhoca e pó de coco. Foram avaliadas características como altura das plantas, área foliar específica, volume de raízes, biomassa e trocas gasosas, com análise estatística dos dados por meio de ANOVA e testes de médias. Os substratos que continham terra preta, especialmente quando combinada com esterco bovino ou palha de arroz carbonizada (T3 e T5), apresentaram os melhores resultados em praticamente todas as variáveis analisadas, superando inclusive o substrato comercial. Com base nos resultados, conclui-se que o uso de substratos alternativos, em especial aqueles que utilizam materiais orgânicos amplamente disponíveis, representa uma alternativa viável e eficiente para a produção de mudas de *Curcuma longa* L., beneficiando pequenos produtores e incentivando práticas agrícolas mais sustentáveis.

Palavras-chave: Cultivo sustentável, manejo agronômico, curcumina, produção agrícola, viabilidade econômica.

INFLUENCE OF DIFFERENT SUBSTRATES ON THE DEVELOPMENT OF *Curcuma longa* L. (TURMERIC)

ABSTRACT

Turmeric (*Curcuma longa* L.) is a plant of great economic, medicinal, and agricultural importance, widely cultivated in tropical and subtropical regions. Despite its potential, production still faces limitations, mainly due to inadequate management practices, with substrate selection being one of the most critical factors for producing high-quality seedlings. In this context, the aim of this study was to evaluate the effect of different substrates on the growth and development of turmeric seedlings, seeking low-cost and accessible options that can enhance production. The experiment was conducted in a greenhouse at the Jataí-Xingu Farm, located in São Félix do Araguaia, Mato Grosso (Brazil), using six types of substrate: one commercial substrate (Terra Vegetal Vitaplan) and five combinations of materials such as soil, washed sand, cattle manure, rich black soil (terra preta), carbonized rice husk, earthworm humus, and coconut fiber. Plant characteristics such as height, leaf area, root volume, biomass, and gas exchange were evaluated, with statistical analysis performed using ANOVA and mean comparison tests. The substrates containing rich black soil, especially when combined with cattle manure or carbonized rice husk (T3 and T5), showed the best performance across nearly all evaluated parameters, even outperforming the commercial substrate. Based on the results, it can be concluded that the use of alternative substrates—particularly those incorporating widely available organic materials—represents a viable and efficient strategy for the production of *Curcuma longa* L. seedlings, benefiting small-scale farmers and promoting more sustainable agricultural practices.

Keywords: Sustainable cultivation, agronomic management, curcumin, agricultural production, economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Altura de planta (A), Área foliar Específica (B) de plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025. 17

Figura 2 – Volume de raiz e rizoma (A), massa fresca da raiz e rizoma (B), massa seca da raiz e rizoma de plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025. 18

Figura 3 – Massa fresca da parte aérea (A), massa seca da parte aérea (B) de plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025. 19

Figura 4 – Taxa de assimilação de CO2 (A); taxa transpiratória (E); Condutância estomática (gs); Concentração de CO2 intercelular (Ci) em plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025. 20

Figura 5 – Clorofila total (ClTotal); Eficiência do uso da água (EUA) em plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025. 21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de variância referentes aos indicadores de produção de plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025. 16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11

2 MATERIAL E MÉTODOS 13

2.1 Local de estudo e design experimental 13

2.2 Características avaliadas 14

2.3 Análise estatística 15

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 16

4 CONCLUSÃO 22

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 23

1 INTRODUÇÃO

O mercado global de açafrão-da-terra foi estimado em 1,7 milhão de toneladas métricas e espera-se que cresça significativamente até 2027. Para atender a essa demanda crescente, o governo indiano estabeleceu o Conselho Nacional do Açafrão, visando dobrar a produção para 2 milhões de toneladas nos próximos cinco anos (KOUSHAL et al., 2024).

A Índia continua sendo o maior produtor e exportador de açafrão-da-terra. Em 2022/23, a área cultivada foi de 324.000 hectares, resultando em uma produção de 1.161.000 toneladas, representando mais de 75% da produção global. Durante 2023-24, a Índia exportou 162.000 toneladas de açafrão e produtos derivados, avaliados em 226,5 milhões de dólares (JYOTHIRMAI et al., 2024).

No Brasil, o município de Mara Rosa, em Goiás, destaca-se na produção de açafrão-da-terra, sendo responsável por cerca de 90% da produção estadual. A Cooperativa dos Produtores de Açafrão de Mara Rosa (Cooperaçafrão) desempenha um papel fundamental nesse cenário (TEIXEIRA & MILHOMEN, 2007).

A *Curcuma longa* L. é uma planta herbácea e perene, pertencente à família das *Zingiberaceae*, nativa do Sudeste Asiático, de ocorrência em regiões tropicais e subtropicais (LORENZI & MATOS, 2008), popularmente conhecida como: açafrão-da-terra, (MARCHI et al., 2016). É uma espécie vegetal com potencial para utilização na indústria alimentícia e atualmente estudos voltado à maximização do uso e a exploração potencial econômico (LUZZI et al., 2019), um dos principais impulsionadores desse crescimento é o reconhecimento crescente dos benefícios do açafrão-da-terra à saúde humana (MAJOLO et al., 2014).

Uma das limitações da produção do açafrão-da-terra é a baixa produtividade, atribuída a erros no manejo de adubação e nutrição (VERMA et al., 2019). A alta demanda por nutrientes no açafrão se deve ao seu enraizamento superficial, período de crescimento longo (até 9 meses) e ao alto potencial produtivo de matéria seca por unidade de área. A absorção de nutrientes no açafrão também depende do estágio fenológico (LUPI & TEMTEME, 2015).

O substrato para a produção de mudas tem por finalidade garantir o desenvolvimento de uma planta saudável e com alto valor nutricional, em curto período de tempo e baixo custo. A qualidade física do substrato é importante, pois, o substrato deve reunir características que promovem, respectivamente, a retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes, de modo que atendam às necessidades da planta (COLOMBO, 2021).

Mesmo havendo substratos comerciais de ótima qualidade, os produtores rurais elaboram formulações com diferentes materiais orgânicos disponíveis e de fácil aquisição,

conseguindo obter resultados positivos na produção de mudas (RIBEIRO, 2020). Conforme relatam Pinto; Godinho; Spósito (2015), substratos alternativos devem ser estudados, na perspectiva de baratear os custos e tornar a produção de mudas uma atividade acessível a todos os produtores rurais, interessados em recompor suas áreas ou explorar alguma atividade agrícola.

Diante do exposto a escolha do substrato mais adequado para o desenvolvimento do açafrão da terra pode ser uma possibilidade de melhoria na produção e qualidade de mudas desta cultura, sendo assim o objetivo foi avaliar substratos alternativos para a produção de mudas de açafrão da terra.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo e design experimental

O trabalho foi conduzido na área experimental da Fazenda Jataí - Xingu é uma filial da BrasilAgro - Companhia Brasileira de Propriedades Agrícolas, localizada na zona rural de São Félix do Araguaia, Mato Grosso. Iniciou suas atividades em 3 de outubro de 2018 e está registrada sob o CNPJ 07.628.528/0013-92 (B2B LEADS, s.d).

A fazenda em questão possui uma grande extensão de terra, com uma área específica destinada ao cultivo de grãos. Na fazenda é cultivado culturas como: soja, milho e algodão, com o objetivo de maximizar tanto a produção quanto a rentabilidade, aplicando as estratégias de manejo da empresa (B2B LEADS, s.d).

A região do Xingu, onde a fazenda está localizada, é conhecida por seu alto potencial agrícola. Os resultados das colheitas têm sido impressionantes, com boa produtividade, mantendo-se consistentes como as safras anteriores. Para fortalecer ainda mais a produção, a BrasilAgro tem investido em inovação tecnológica e em biofábricas, como a da Fazenda Jataí - Xingu, focando na produção de bioinsumos para o controle de pragas e doenças, contribuindo para a sustentabilidade da operação. (B2B LEADS, s.d).

A BrasilAgro é uma das maiores empresas brasileiras em termos de terras agricultáveis. Sua estratégia envolve a aquisição, desenvolvimento, operação e venda de propriedades rurais com potencial para atividades agrícolas lucrativas (RESPONSIBILITYREPORTS, 2023. BRASILAGRO, s.d.).

O experimento foi realizado em casa de vegetação, com dimensões de 5,0m de largura x 20,0m de comprimento e pé-direito de 2,80m. Cobertura de plástico transparente de 150 micras e laterais de sombrite de coloração preta, capacidade de retenção de 50% da radiação solar incidente.

As parcelas experimentais foram constituídas por recipientes plásticos com capacidade de 1,8 dm^3. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados sendo constituído por 6 tratamentos, compreendendo a combinação de diferentes proporções de substratos: T1: Substrato comercial (Terra Vegetal Vitaplan); T2: Solo, areia lavada e esterco bovino; T3: Terra preta, esterco bovino e palha de arroz carbonizada; T4: Solo, humus de minhoca, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T5: Terra preta, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T6: Areia lavada, esterco bovino, humus de minhoca e pó de coco.

2.2 Características avaliadas

As avaliações foram realizadas aos 80 dias após plantio, determinou se as seguintes características: altura de plantas (AP em cm) aferindo com régua graduada em centímetros medindo a distância entre o colo e o ápice da planta; Área Foliar Específica (AF em cm^2): calculada através do "método de discos", técnica consiste na retirada de discos foliares (0,159 cm^2) de área conhecida de conjunto de folhas, distribuídas simetricamente, evitando-se a amostragem da nervura central, conforme estudos de (HUERTA & ALVIM, 1962; GOMIDE et al., 1977).

Volume de Raiz (VR), obtido pelo deslocamento de água em proveta; massa fresca e massa seca da raiz e rizoma (MFRR e MSRR) determinado em balança semi-analítica (0,001g); massa fresca e massa seca da parte aérea (MFPA e MSPA) determinada em balança semi-analítica (0,001g).

Para avaliar a duração da atividade fotossintética das folhas, foram realizadas avaliações de trocas gasosas em folhas. As avaliações foram realizadas utilizando-se equipamento de sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO_2 e vapor d'água por radiação infravermelha (Infrared Gas Analyser – IRGA, modelo LCiSD, da ADC System, UK), no período das 8 às 10h sempre em dia ensolarado, em folhas totalmente expandidas, do terço médio, sem sinais de senescência e sadias.

As avaliações de trocas gasosas realizadas foram: taxa de assimilação de CO_2 (*A*, µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$); taxa de transpiração (*E*, mmol vapor d'água $m^{-2}s^{-1}$); condutância estomática (*gs*, mol $m^{-2}s^{-1}$) e concentração interna de CO_2 na folha (*Ci*, µmol CO_2 mol^{-1} ar). Estas variáveis foram calculadas pelo programa de análise de dados do equipamento medidor de fotossíntese, que utiliza a equação geral de trocas gasosas (VON CAEMMERER; FARQUHAR, 1981).

A clorofila foi determinada através do equipamento ClorofiLOG que utiliza fotodiodos emissores em três comprimentos de onda (FALKER, 2018) e a eficiência do uso da água (EUA, µmol CO_2 (mmol H_2O^{-1}) foi determinada pela relação entre a taxa de assimilação de CO_2 e a taxa de transpiração (*A/E*); conforme descrito por Berry e Downton (1982).

A concentração de CO_2 de referência utilizada durante as avaliações foi a presente no ambiente. Para homogeneizar as repetições, a densidade do fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) foram geradas por um diodo emissor de luz acoplado à câmara de fotossíntese, padronizando a luminosidade em cada período de avaliação, para que todas as plantas estivessem sob as mesmas condições de luz; para tanto, foram utilizados 1500 µmol m^{-2} s^{-1}.

2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análises de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Turkey ($p \leq 0.05$), utilizando o software R®, versão 4.1 (TEAM, 2022) e a elaboração dos gráficos foram realizadas utilizando o software SigmaPlot® versão 10 (SISTAT, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de substratos promoveu efeitos significativos ($p \leq 0.01$) no desenvolvimento das plântulas de *Curcuma longa* L., com melhoria no desenvolvimento inicial da cultura, o que refletiu diretamente na morfofisiologia da planta. A representação da análise de variância para os diferentes substratos demonstrou que todos os indicadores analisados independentemente dos tratamentos utilizados proporcionaram efeito significativo no desenvolvimento da cultura (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise de variância referentes aos indicadores de produção de plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025.

Indicadores	Fontes de Variação – Q. M.		Média Geral	C.V. (%)
	Tratamento	Resíduo		
	Grau de Liberdade			
	5	18		
AP	828,58**	15,70	39,99	9,91
AF	57308**	1586	149,18	26,70
VR	9862,6**	198,5	80,07	17,6
MFRR	6049,0**	160,4	67,20	18,85
MSRR	222,82**	10,883	13,16	25,07
MFPA	1455,63**	13,83	22,31	16,67
MSPA	30,54**	0,58	3,62	21,11
A	9,365**	1,2814	6,60	17,16
E	3,049**	0,49	4,36	16,2
gs	0,0740**	0,004355	0,234	28,2
Ci	1764,4**	130,4	330,90	3,45
ClTotal	43,96**	8,205	33,07	8,66
EUA	603,90**	32,48	33,86	16,83

Altura de Planta (AP); Área Foliar Específica (AF); Massa Seca da Parte Aérea (MSPA); Volume de raiz (VR); Massa fresca do rizoma (MFRZ); Massa fresca da raiz e rizoma (MFRR); Massa fresca da parte aérea (MFPA); Massa seca da parte aérea (MSPA); Massa seca da raiz e rizoma (MSRR); taxa de assimilação de CO_2 (*A*); taxa transpiratória (*E*); Condutância estomática (*gs*); Concentração de CO_2 intercelular (*Ci*); Clorofila total (ClTotal); Eficiência do uso da água (EUA); Q.M.: Quadrado Médio; C.V.: Coeficiente de Variação. **: significativo ao nível 1% de probabilidade ($p<0,01$).
Fonte: AUTORA, 2025.

Os indicadores de produção altura de plantas (AP) e área foliar específica (AF) nos tratamentos T3 e T5 obtiveram as melhores respostas sendo superiores estatisticamente (Figura 1). A média dos resultados para AP foram de 59,88 e 53,50 cm, sendo 194,54 e 147,57% superiores em relação à controle T1 (Figura 1A). Já para AF, os resultados médios foram 323,21 e 273,84 cm^2 $vaso^{-1}$ referindo-se 971,65 e 807,96% superiores em relação à controle T1. Existem diversas possibilidades de composição de substrato, porém, para ser considerado eficiente, devem sempre apresentar padrão de qualidade quanto às propriedades químicas, físicas e biológicas, adequadas para o desenvolvimento das plantas em curto período, e baixo custo (DUTRA et al., 2016; SOUSA et al., 2015).

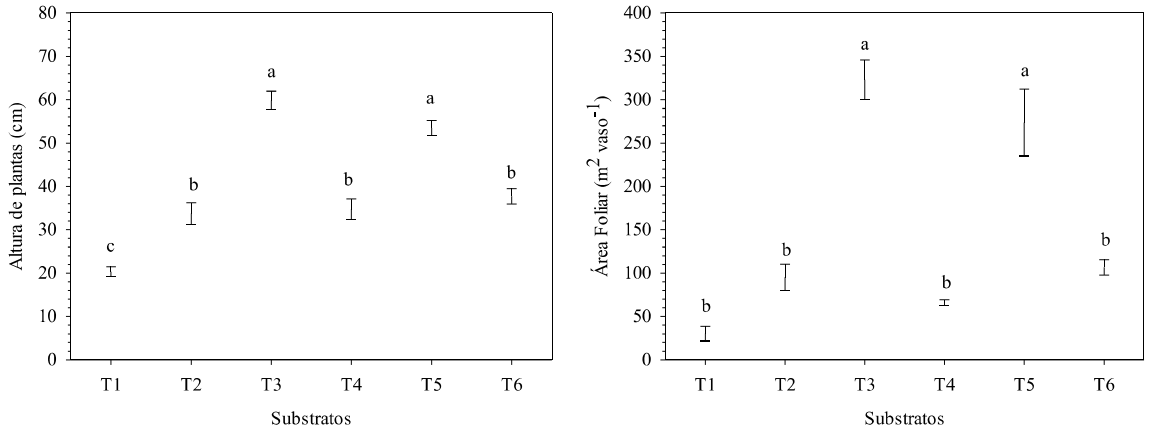

Figura 1 – Altura de planta (A), Área foliar específica (B) de plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025. T1: Substrato comercial; T2: Solo, areia lavada e esterco bovino; T3: Terra preta, esterco bovino e palha de arroz carbonizada; T4: Solo, humus de minhoca, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T5: Terra preta, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T6: Areia lavada, esterco bovino, humus de minhoca e pó de coco.

Na Figura 2, os resultados para o volume de raiz (VR), massa fresca da raiz e rizoma (MFRR) e massa seca da raiz e rizoma (MSRR) os tratamentos T3 e T5 obtiveram os melhores resultados. Os resultados médios para o VR foram 153,75 e 130,00 cm^3, proporcionando um incremento de 385,53 e 310,53% quando comparados com a controle T1 (Figura 2A). Já no indicador de produção MFRR as maiores médias dos resultados foram 125,39 e 102,71 g, com um aumento de 413,25 e 320,44% em relação à controle T1 (Figura 2B). Ao combinar matéria orgânica nos substratos, podemos propiciar boas condições físicas, reter umidade, fornece alguns nutrientes e microorganismos benéficos, necessários ao crescimento das mudas (SCHIAVO et al., 2010; SOUCHIE et al., 2011).

Solos de terra preta possuem altas concentrações de nutrientes no desenvolvimento de

plantas, o que pode favorecer o crescimento das mesmas. Pessoa Júnior et al. (2012) encontraram altas concentrações de P, K. Ca, Mg, Zn, Mn e matéria orgânica em solos de terra preta se comparados aos outros tipos de solos. Falcão et al. (2003) afirmam que o pH é mais elevado em solos com essa característica, e o baixo teor de Al é menor, diminuindo a toxicidade por Al.

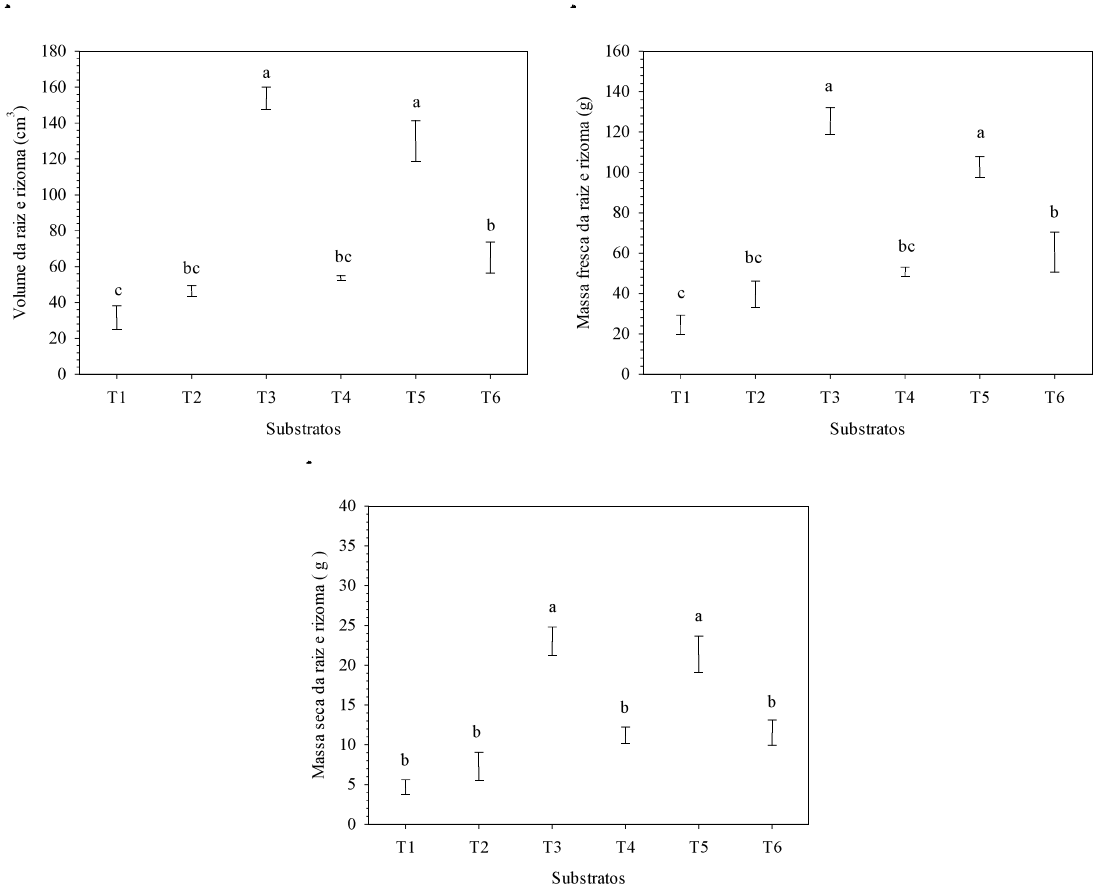

Figura 2 – Volume de raiz e rizoma (A), massa fresca da raiz e rizoma (B), massa seca da raiz e rizoma (C) de plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025. T1: Substrato comercial; T2: Solo, areia lavada e esterco bovino; T3: Terra preta, esterco bovino e palha de arroz carbonizada; T4: Solo, humus de minhoca, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T5: Terra preta, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T6: Areia lavada, esterco bovino, humus de minhoca e pó de coco.

A massa seca da raiz e rizoma de plântulas de cúrcuma tiveram produção média de 23,03 e 21,36g, o que proporciona um incremento significativo de 394,51 e 358,64% quando comparados a controle T1 (Figura 2C). Observou-se que o substrato formado somente por terra preta não foi suficiente para um bom desempenho das mudas, mas o acréscimo de materiais como esterco bovino, areia e vermiculita melhoram os componentes físicos necessários para obtenção de mudas de qualidade (BUTZKE et al., 2018).

Para os indicadores de produção massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA), os tratamentos T3 e T5 foram superiores estatisticamente (Figura 3). A média dos resultados da MFPA foram 49,57 e 43,07 g, sendo um aumento de 1056,38 e 904,74% em relação à controle T1 (Figura 3A). Assim como na MSPA, a média dos resultados foi 7,81 e 6,16 g, com um incremento de 1107,73 e 851,80% em relação à controle T1 (Figura 3B).

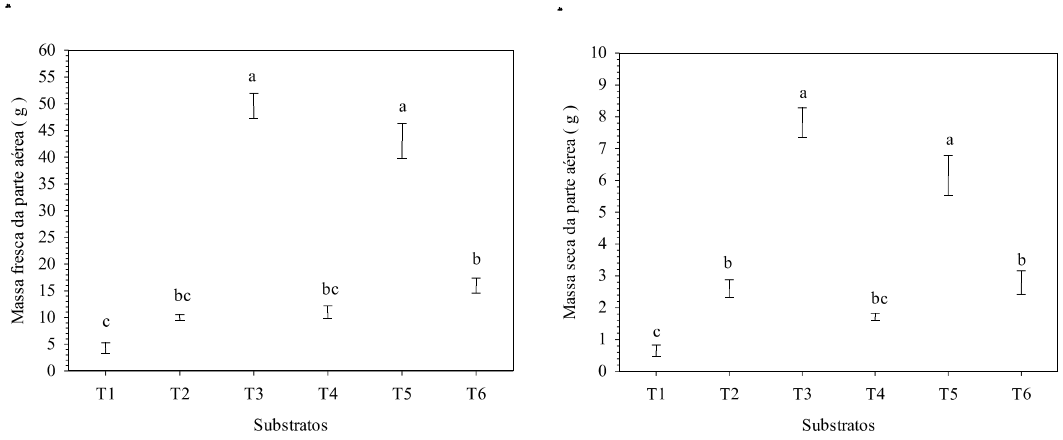

Figura 3 – Massa fresca da parte aérea (A), massa seca da parte aérea (B) de plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025. T1: Substrato comercial; T2: Solo, areia lavada e esterco bovino; T3: Terra preta, esterco bovino e palha de arroz carbonizada; T4: Solo, humus de minhoca, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T5: Terra preta, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T6: Areia lavada, esterco bovino, humus de minhoca e pó de coco.

Os indicadores fisiológicos analisados demonstraram que o tratamento controle T1, foi o que obteve os maiores resultados para taxa de assimilação de CO_2 (*A*), taxa transpiratória (*E*), condutância estomática (*gs*) e concentração de CO_2 intercelular (*Ci*) (Figura 4). Analisando os tratamentos T3 e T5, vemos que estes foram os que obtiveram os menores valores em relação às trocas gasosas, gerando assim menor assimilação do CO_2, baixa perca de H_2O pela transpiração celular, com uma menor abertura e fechamento de estômatos e menor concentração de CO_2. Devido a alta demanda pelo crescimento, o carbono fixado foi imediatamente utilizado e evitando o acúmulo dos assimilados (AINSWORTH, 2011).

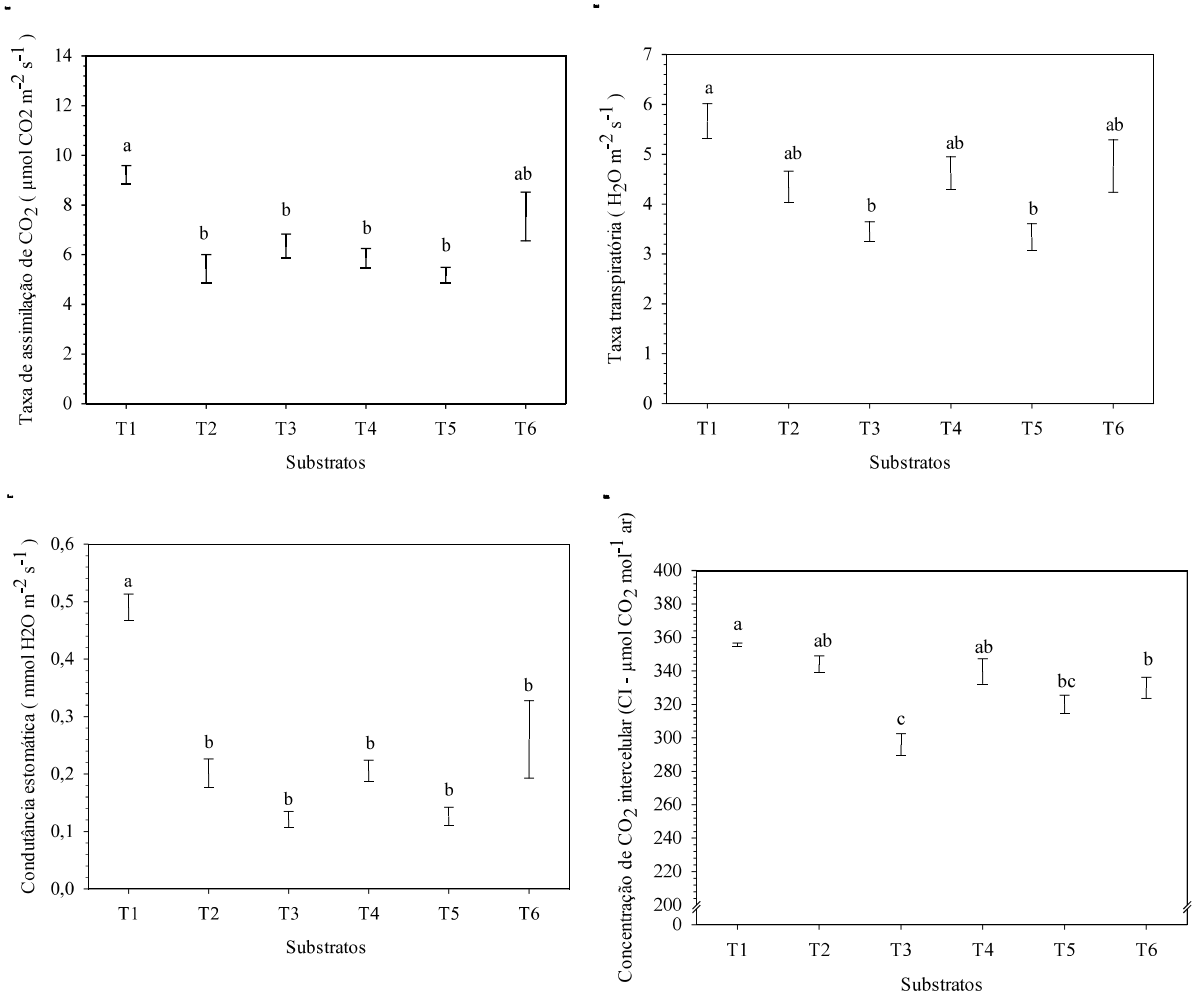

Figura 4 – Taxa de assimilação de CO2 (A); taxa transpiratória (E); Condutância estomática (gs); Concentração de CO2 intercelular (Ci) em plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025. T1: Substrato comercial; T2: Solo, areia lavada e esterco bovino; T3: Terra preta, esterco bovino e palha de arroz carbonizada; T4: Solo, humus de minhoca, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T5: Terra preta, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T6: Areia lavada, esterco bovino, humus de minhoca e pó de coco.

Em relação ao Indicador Clorofila total (ClTotal), os tratamentos T2 foram superiores estatisticamente em relação aos demais tratamentos (Figura 5A). A média dos resultados foi de 39,03 sendo um incremento de 30,59 % em relação à controle T1. Seguido pelos tratamentos T3 e T6 com médias de 34,49 e 32,65, proporcionando assim um aumento de 15,40 e 9,23% em relação à controle T1.

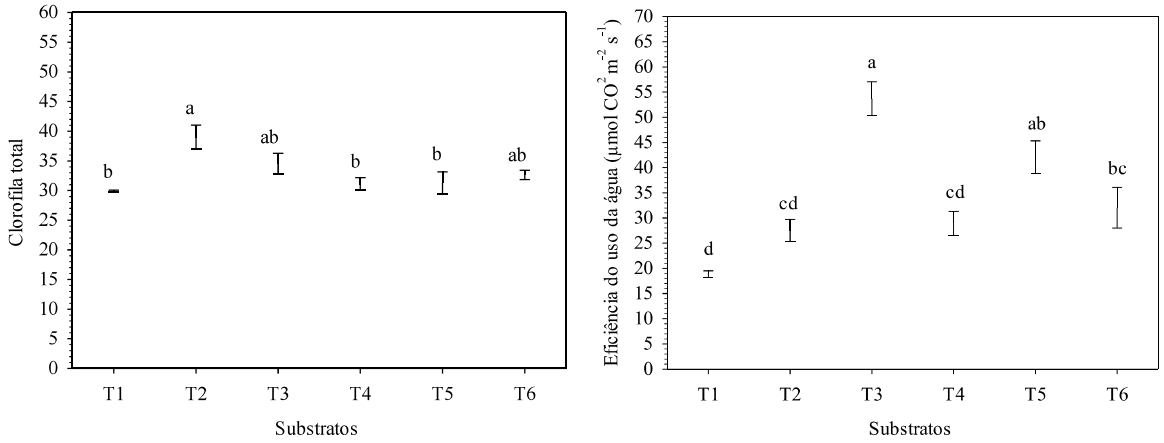

Figura 5 – Clorofila total (ClTotal); Eficiência do uso da água (EUA) em plântulas de *Curcuma longa* L., desenvolvidas sob diferentes substratos. São Félix do Araguaia-MT, 2025. T1: Substrato comercial; T2: Solo, areia lavada e esterco bovino; T3: Terra preta, esterco bovino e palha de arroz carbonizada; T4: Solo, humus de minhoca, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T5: Terra preta, palha de arroz carbonizado e pó de coco; T6: Areia lavada, esterco bovino, humus de minhoca e pó de coco.

A característica eficiência do uso da água (EUA), os tratamentos T3 e T5 foram superiores estatisticamente (Figura 5B). A média dos resultados foi 53,70 e 42,11 µmol CO_2 m^{-2} S^{-1} proporcionando um incremento de 184,88 e 123,39% em relação à controle T1.

Em um amplo contexto o cultivo em substrato apresenta diversas vantagens em relação ao cultivo no solo, sendo elas a maior produtividade, produtos com melhor qualidade, mais uniformes e com maior valor comercial (OLIVEIRA et al., 2014); além disso, a adubação orgânica pode melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo, por elevar os níveis da matéria orgânica no solo (ANACLETO et al., 2017).

Portanto, os substratos T3 e T5 influenciaram integralmente nas plântulas de *Curcuma longa* L., melhorando em geral as características morfofisiológicas e de crescimento e desenvolvimento inicial da cultura. Contudo, ressalta-se a necessidade de mais pesquisas que investiguem além dos aspectos observados e relacionados neste estudo, visando orientar quanto ao uso desses substratos, apresentando os efeitos promovidos nas plantas e suas vantagens para a agricultura brasileira.

4 CONCLUSÃO

O uso de diferentes substratos proporcionou efeito positivo nas características altura de plantas, área foliar específica, volume de raiz, massa fresca e seca da raiz e rizoma, massa fresca e seca da parte aérea, taxa de assimilação de CO_2, taxa transpiratória, condutância estomática, concentração de CO_2 intercelular, clorofila total e eficiência do uso da água.

Os tratamentos T3: Terra preta, esterco bovino e palha de arroz carbonizada e T5: Terra preta, palha de arroz carbonizado e pó de coco, obtiveram as melhores respostas nas características avaliadas influenciando significativamente o açafrão da terra.

No geral utilizar substratos com terra preta e esterco bovino foi mais eficiente que a utilização de substrato comercial, por ser de fácil aquisição e menor valor, tornando acessível a produção de mudas da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINSWORTH, E. A.; BUSH, D. R. Carbohydrate export from the leaf: a highly regulated process and target to enhance photosynthesis and productivity. Plant physiology, v. 155, n. 1, p. 64-69, 2011. https://doi.org/10.1104/pp.110.167684

ANACLETO, A. et al. **Manual de Horticultura Orgânica: do produtor ao consumidor**, 2017.

B2B LEADS. Fazenda Jatai - Xingu. Disponivel em <https://b2bleads.com.br/empresa/brasilagro---companhia-brasileira-de-propriedades-agricolas-07628528001392?utm> Acessado em 15 de março de 2025.

BERRY, J. A.; DOWNTON, W. J. S. Environmental regulation of photosynthesis. In: GOVINDJEE, D. (Ed.). Photosynthesis: development, carbon metabolism, and plant productivity. New York: Academic Press, 1982. v. 2, p. 263-343.

BRASILAGRO. Disponivel em <https://www.linkedin.com/company/brasilagro/?utm> Acessado em 15 de março de 2025.

BUTZKE, A. et al. Produção de mudas de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) em diferentes tipos de substratos, recipientes e níveis de sombreamento em Rio Branco, Acre. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 254–263, 2018.

COLOMBO, J.; KLEIN, C. QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA DE SUBSTRATOS: RELATO DE AULA PRÁTICA. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, v. 6, p. e28049-e28049, 2021.

DUTRA, A. F.; ARAUJO, M. M.; Turchetto, F.; Rorato, D. G.; Aimi, S. C.; Gomes, D. R.; Nishijima, T. Substrate and irrigation scheme on the growth of *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho) seedlings. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 1007–1013, mar. 2016.

FALKER, Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila (ClorofiLOG/ CFL 1030) Porto Alegre, 2018. 33p. Disponível em: < https://www.falker.com.br/download?product=cfl1030&file=MAN_CFL1030_D.pdf>. Acessado dia 15 de março de 2025.

FALCÃO, N. P. S.; COMERFORD, N. B. .; LEHMANN, J. Determining Nutrient Bioavailability of Amazonian Dark Earth Solis — Methodological Challenges. **Amazonian Dark Earths**, p. 255–270, 2003.

GOMIDE, M.B.; LEMOS, O.V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M.M.; CARVALHO, J.G.; DUARTE, C.S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. Ciência Prática, Lavras, v.1, n.2, p.118-123, 1977.

HUERTA, S.A.; ALVIM, P.T. Indice de area foliar y su influencia en la capacidad fotosintetica del cafeto. Cenicafé, Chinchina, v.13, n.2, p.75-84, 1962.

JYOTHIRMAI, A., KSHIRSAGAR, P., TORANE, S., KADAM, J., & THORAT, V., MALI, P. Export performance and trade direction of turmeric from India: Markove chain approach.

International Journal of Agriculture Extension and Social Development. v.7, n.8, p.98-102, 2024. https://doi.org/10.33545/26180723.2024.v7.i9b.1025.

KOUSHAL, S., DHAMI, K., JEET, I., TEWARI, S., ANJUM, M., S., N., ANBARASAN, S., & BEHERA, H. Comparative Analysis of Inorganic and Organic Sources on Economic Viability Productivity of Turmeric (Curcuma Longa L.). **Archives of Current Research International**. v.24, n.11, p. 237-243, 2024. https://doi.org/10.9734/acri/2024/v24i11965.

LUPI, A.; TEMTEME, S. Determination of Optimum Rate of Nitrogen (N) and Phosphorous (p) Fertilizers for the Yield and Yield Components of Turmeric (*Curcuma longa* L.) on Nitosol at Yaki Woreda southwestern Ethiopia. **Academic Research Journal of Agricultural Science and Research**, v. 3, n. 10, p. 289–295, 2015.

LUZZI, D. S.; CAYE, V. A. H.; SORDI, A.; CERICATO, A..; KLEIN, C. Production of turmeric (Curcuma longa L.) Submitted to plant densities with different types of rhizomes. **Unoesc & Ciência - ACET**, v. 10, n. 1, p. 51–58, 2019.

OLIVEIRA, F. A., OLIVEIRA, M. K.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, O. M.; PAIVA, E. P.; & MAIA, P. M. Produtividade do maxixeiro cultivado em substrato e fertirrigado com soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 464–467, 2014.

PESSOA JUNIOR, E. S. F. . et al. Terra Preta de Indio na Região Amazónica. **Scientia Amazonia**, v. 1, n. 1, p. 1–8, 2012.

PINTO, L. E. V.; GODINHO, A. M. M.; SPÓSITO, T. H. N. Desenvolvimento inicial de mudas de abóbora menina brasileira (*Cucurbita moschata* D.) em função de diferentes tipos de substratos agrícolas. **Colloquium agrariae**, v. 11, n. Especial, p. 36–43, 2015.

RESPONSIBILITYREPORTS. Relatório de Sustentabilidade 2023. Disponivel em <https://www.responsibilityreports.com/> Acessado em 15 de março de 2025.

RIBEIRO, Adivair Freitas; MORAES, Alcidete Flexa. Índice de germinação e crescimento vegetativo do maxixe (*Cucumis anguria* L.) em diferentes substratos. 2020.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A. Crescimento de mudas de Acacia mangium, Sesbania virgata e Eucalytpus camaldulensis, inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava-de-extração de argila. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 171–178, 2010.

SISTAT. **Manual de uso do Sigmaplot 10, Windows**, 2014.

SOUCHIE, F. F.; MARIMON JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; MADARI, B. E.; MARIMON, B. S.; LENZA, E. Carvão pirogênico como condicionante para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris* L.G. Silva & H.C. Lima. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 811–821, 2011.

SOUSA, L. B.; NÓBREGA, R. S. A.; LUSTOSA FILHO, J. F.; AMORIM, S. D. N.; FERREIRA, L. V. M.; Nóbrega, J. C. A. Cultivo de *Sesbania virgata* (Cav. Pers) em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agrarias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 3, p. 240–247, 2015.

TEIXEIRA, S. & MILHOMEM, A. (2007). A cultura do açafrão (*Curcuma longa* L.) em goiás - contribuições para a sustentabilidade.; The turmeric culture (*Curcuma longa* L.) in goiás - contributions to sustainability. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** v. 29, n. 2 p. 81 – 87

TEAM, R. C. R. R: The R Project for Statistical Computing. Auckland, Nova Zelândia, 2022. Disponível em: < https://www.r-project.org/>. Acessado em 15 de março de 2025.

VERMA, P. P. S. et al. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium levels on growth and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.) Under the Katyur valley of western Himalayan region of Uttarakhand. **Journal of Medicinal Plants Studies**, v. 7, n. 2, p. 117–122, 2019.

VON CAEMMERER, S.; FARQUHAR, G. D. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. **Planta**, v. 153, n. 4, p. 376-387, 1981. https://doi.org/10.1007/BF00384257