

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA FLORESTAL

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Jacaranda mimosifolia* D. DON
MEDIANTE DIFERENTES SUBSTRATOS E DOSAGENS DE
FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA**

POLIANA DE MENEZES LIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Rio Branco, AC, Brasil

Fevereiro de 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA FLORESTAL

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Jacaranda mimosifolia* D. DON
MEDIANTE DIFERENTES SUBSTRATOS E DOSAGENS DE
FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA**

POLIANA DE MENEZES LIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal do Acre, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Nei S. Braga Gomes

Coorientador: Prof. Dr. Felipe Coelho de Souza

Rio Branco, AC, Brasil

Fevereiro de 2025.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação/
Centro de Ciências Biológicas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal-PPG/Ciflor

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE POLIANA DE MENEZES LIRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO, STRICTO SENSU, EM CIÊNCIA FLORESTAL, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE.

Às nove horas do dia vinte e sete do mês de fevereiro de 2025, realizou-se de forma remota, por meio da Plataforma Google Meet, a Defesa de Dissertação, intitulada: **“Produção de mudas de Jacaranda mimosifolia D. Don em substratos alternativos e dosagens de fertilizante de liberação controlada”**, de autoria da mestranda **Poliana de Menezes Lira**, discente do Programa de Pós - graduação em Ciência Florestal, da Universidade Federal do Acre - UFAC, em nível de Mestrado. Na ocasião, a Banca Examinadora foi constituída pelos membros: **Professor Doutor Nei S. Braga Gomes - Presidente - CCBN - UFAC; Doutor Lucas Graciolli Savian - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM e Doutor Paulo Arthur Almeida do Vale - Fundação de Tecnologia do Estado do Acre - FUNTAC**. Logo após a exposição oral, houve arguição pelos Examinadores e, ao final da arguição, reaberta a sessão pública, a discente foi considerada **APROVADA** pela Banca Examinadora. E ao final, foi lavrada a presente Ata, que será assinada pelos avaliadores.

Documento assinado digitalmente
 **NEI SEBASTIAO BRAGA GOMES**
Data: 28/02/2025 13:37:30-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Professor Doutor Nei S. Braga Gomes
Orientador - Presidente - CCBN - UFAC

Documento assinado digitalmente
 **LUCAS GRACIOLLI SAVIAN**
Data: 28/02/2025 13:35:50-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Doutor Lucas Graciolli Savian
Membro Externo - UFSM

Documento assinado digitalmente
 **PAULO ARTHUR ALMEIDA DO VALE**
Data: 06/03/2025 10:32:31-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Doutor Paulo Arthur Almeida do Vale
Membro Externo - FUNTAC

Rio Branco, AC, Brasil
Fevereiro de 2025.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

L768p Lira, Poliana de Menezes, 1995-
Produção de mudas de Jacaranda mimosifolia D. DON mediante diferentes substratos e dosagens de fertilizante de liberação controlada / Poliana de Menezes Lira; Orientador: Prof. Dr. Nei S. Braga Gomes: Coorientador; Prof. Dr. Felipe Coelho de Souza – 2025.
40 f.: il.; 30 cm.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal do Acre, requisito para obtenção do título de Mestre.

1. Substrato orgânicos. 2. Parâmetros morfológicos. 3. Adubação mineral. 4. Nutrição das plantas. I. Gomes, Nei S. Braga (orientador). II. Souza, Felipe Coelho de (coorientador). III. Título.

CDD:

631.86

Bibliotecário: Marcelino G. M. Monteiro CRB-11º/258.

“Deleita-te no Senhor, e Ele atenderá os
desejos do seu coração.” Salmos 37:4

AGRADECIMENTOS

À Deus, por proporcionar esta experiência que possibilitou um grande crescimento pessoal e profissional, dedicado a cada conquista e sonho, cujo mérito é d'Ele.

À minha família, especialmente aos meus pais, José Neto Lira e Maria da Conceição Carneiro de Menezes, expresso minha eterna gratidão pelo incentivo e motivação que me conduziram para esta realização. Tudo é por vocês. Obrigada por tornarem esse processo menos doloroso e por serem a razão para nunca desistir dos estudos. Essa conquista é pra vocês.

Aos meus irmãos Ana Paula Carneiro de Menezes por ser exemplo de força e determinação, e José Pablo de Menezes Lira, inspiração de fé em Deus.

Aos meus sobrinhos, *in memória* de João Vitor Menezes Martins, que me proporcionou a oportunidade de vivenciar, pela primeira vez, o papel de tia; e ao Davi Lucas Menezes Martins, que é minha calmaria e me inspira, diariamente, a luta para ser um exemplo por meio dos estudos.

Ao meu orientador Nei Gomes, pela oportunidade de concretizar esse sonho. Ao meu coorientador Felipe Souza, bem como ao professor Paulo Trazzi e a Luz Patricia pelo apoio, paciência, auxílio e ensinamentos que tanto enriqueceram minha jornada.

À equipe do Viveiro de Produção de Mudas do Parque Zoobotânico e a Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (FUNTAC), pelo espaço e apoio prestado durante esse período, assim como, aos servidores, em especial Manoel Rodrigues de Souza Sobrinho pela ajuda e todos seus ensinamentos, bem como, Maria Rosângela da Silva Melo, João Carlos Neves de Souza, Paulo Arthur Almeida do Vale e Saint-Clair Marinho, pela recepção e suporte durante todos esses meses.

A minha amiga e irmã, Patricia Mendes, por estar sempre presente em cada batalha e conquista da minha vida, saiba que és minha inspiração de pessoa e profissional. Este é um sonho que compartilhamos e que estamos realizando juntas.

Ao meu amigo e irmão, Wisley Farias, por ser canal de Deus em minha vida. Obrigada pelos conselhos, ajuda e motivação durante todos esses meses.

Às minhas amigas Larisse Cristine, Zandra, Ângela e Franciele por toda ajuda, apoio e orações que tornaram este momento possível. Meus sinceros agradecimentos a todos.

Sumário

Resumo	14
1. 15	
2. 16	
2.1 Local do experimento	16
2.2. Delineamento experimental	17
2.3 Confeção dos substratos	17
2.4 Coleta das sementes, semeadura e análise biométrica	15
2.5 Análise estatística	15
3. 16	
4. 31	
5. 32	

Produção de mudas de *Jacaranda mimosifolia* D. Don em diferentes substratos alternativos e dosagens de fertilizante de liberação controlada*

Poliana de Menezes Lira¹, Nei Sebastião Braga Gomes², Felipe Coelho de Souza³, Patricia Mendes de Oliveira⁴, Larisse Cristine Sá Costa Cruz⁵, Paulo André Trazzi⁶, Rean Augusto Zaninetti⁷, Paulo Arthur Almeida do Vale⁸

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal do Acre (UFAC), Caixa postal 500, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil; ^{2,3}Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, UFAC, Caixa postal 500, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil; ⁴Parque Zoológico, UFAC, Caixa postal 500, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil; ^{5,6}Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal do Acre (UFAC), Caixa postal 500, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil; ⁷Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre (UFAC), Caixa postal 500, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil; ⁸Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, FUNTAC, 69920-175, Rio Branco, AC, Brasil.

Autor para correspondência: poliana.lira@sou.ufac.br

Resumo

Os resíduos orgânicos são considerados como uma alternativa viável que pode ser reaproveitada como componentes de substratos na produção de mudas florestais. O manejo adequado do substrato aliado ao uso de fertilizantes é crucial para acelerar o crescimento das mudas e garantir a qualidade necessária em campo, seja para fins de recuperação de áreas degradadas, produção madeireira, projeto de reflorestamento e arborização urbana. O objetivo deste estudo foi avaliar a produção de mudas de *Jacaranda mimosifolia* D. Don., utilizando substratos alternativos e diferentes dosagens de Fertilizante de Liberação Controlada (FLC). A pesquisa foi realizada no viveiro de produção de mudas da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, entre março e agosto de 2024. O delineamento abordado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3x6 (substratos e doses de fertilizante), totalizando 18 tratamentos com 8 plantas por unidades amostrais e 3 repetições. Não houve efeito significativo dos substratos para as variáveis altura, diâmetro do coleto e massa seca total. No entanto, interação entre substratos e FLC observou-se diferença significativa na altura, diâmetro do coleto, relação altura/diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, das raízes e total e índices de qualidade de Dickson. Os substratos alternativos apresentaram desempenho semelhante ao substrato comercial para altura e diâmetro do coleto. Em contrapartida, o substrato comercial obteve melhor desempenho no crescimento do sistema radicular. Conclui-se que as mudas de *J. mimosifolia* produzidas em substratos alternativos apresentaram qualidade semelhante às cultivadas em substrato comercial. O FLC, em dosagens adequadas, influenciou positivamente a qualidade de mudas *J. mimosifolia* nos diferentes substratos.

Palavras-chave: Substrato orgânicos, parâmetros morfológicos, Adubação mineral, nutrição das plantas.

1. INTRODUÇÃO

O desmatamento e a degradação da terra são atualmente desafios globais para a preservação dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade (Eshetie *et al.*, 2024). Entre as principais preocupações globais está o aumento das emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera (cerca de 2 ppm por ano), um dos principais gases do efeito estufa (GEE), que acelera as mudanças climáticas e está associado às alterações na cobertura vegetal e mudanças no uso da terra, intensificando o desmatamento e degradação na Amazônia (Kesharwani *et al.*, 2021). A restauração de áreas degradadas surge como uma medida decisiva para a mitigação das mudanças climáticas, que têm afetado todos os aspectos da vida humana (Tsaktsira *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a recuperação de áreas degradadas torna-se essencial, frente ao compromisso do Brasil de restaurar 12 milhões de hectares nas suas metas nacionalmente determinadas (NDCs) (Câmara *et al.*, 2022). Um dos grandes desafios para a restauração dessas áreas é a produção de mudas de espécies nativas em quantidade suficiente para atender a demanda dos projetos (Nascimento *et al.*, 2024). Além de contribuir para a absorção de carbono, essa prática também responde à crescente demanda por recursos naturais e impulsiona melhorias socioeconômicas, principalmente em países em desenvolvimento, onde a recuperação ambiental alia-se ao desenvolvimento sustentável (Ivanova, 2021).

Entre as espécies promissoras para essa finalidade, *Jacaranda mimosifolia* D. Don (Bignoniaceae) se destaca por possuir propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobiana e anticancerígena, atribuídas em grande parte à presença de polifenólico e outros compostos bioativos (Naz *et al.*, 2020). Por ser nativa da América do Sul, *J. mimosifolia* é predominante em regiões tropicais, onde é utilizada na recuperação de áreas degradadas e no paisagismo, principalmente devido ao seu potencial madeireiro e a suas características morfológicas (Lorenzi, 2016).

A espécie possui um tronco de até 15 m de altura, copa arredondada e aberta, folhas opostas, compostas bipinadas, inflorescências terminais, dispostas em panículas terminais, com flores com coloração azul-violeta, que conferem a espécie potencial ornamental, além disso, os frutos são cápsulas lenhosas que contêm sementes aladas (Fauerharmel, 2021).

O sucesso de plantios florestais, seja para a restauração, produção ou conservação, está diretamente ligado à qualidade das mudas. Para alcançar maior produtividade é fundamental adotar boas práticas que envolvam todas as etapas, desde a coleta e seleção cuidadosa das sementes até o uso de substratos ricos em nutrientes, para promover o desenvolvimento saudável e vigoroso das mudas e maximizar o sucesso em campo (Ferreira *et al.*, 2020).

No processo de produção de mudas, o substrato possui grande importância pois apresenta a função de sustentar, fornecer nutrientes e propiciar condições adequadas para o crescimento inicial das plantas (Viçosi *et al.*, 2024). A escolha de substratos que ofereçam boa retenção de umidade, aeração e capacidade de drenagem adequada favorece o enraizamento e o fortalecimento das plantas, melhorando sua adaptação ao ambiente de viveiro e aumentando a taxa de sucesso no plantio em campo (Bachião *et al.*, 2018; Antunes *et al.*, 2018).

A busca por alternativas economicamente viáveis e o desenvolvimento da consciência ambiental têm impulsionado o campo de pesquisas relacionadas ao aproveitamento de resíduos agropecuários, agroindustriais, florestais e urbanos, contribuindo para a confecção de substratos à base de resíduos para a produção de mudas (Ferreira *et al.*, 2015; Kratz *et al.*, 2015; Kratz *et al.*, 2013). Os resíduos ao serem reutilizados se tornam um insumo barato, de fácil obtenção e reduzindo os custos com processo produtivo (Vieira e Weber, 2015).

A associação destes substratos alternativos com a nutrição mineral por meio do uso de Fertilizante de Liberação Controlada (FLC) pode aprimorar o desenvolvimento das mudas, e fornecer de forma eficiente e continuamente nutrientes ao longo do crescimento das plantas (Madrid-Aispuro *et al.*, 2020). Porém, são necessários estudos para avaliar a qualidade de mudas produzidas por meio destes substratos para que estes possam ser recomendados na produção de essências florestais.

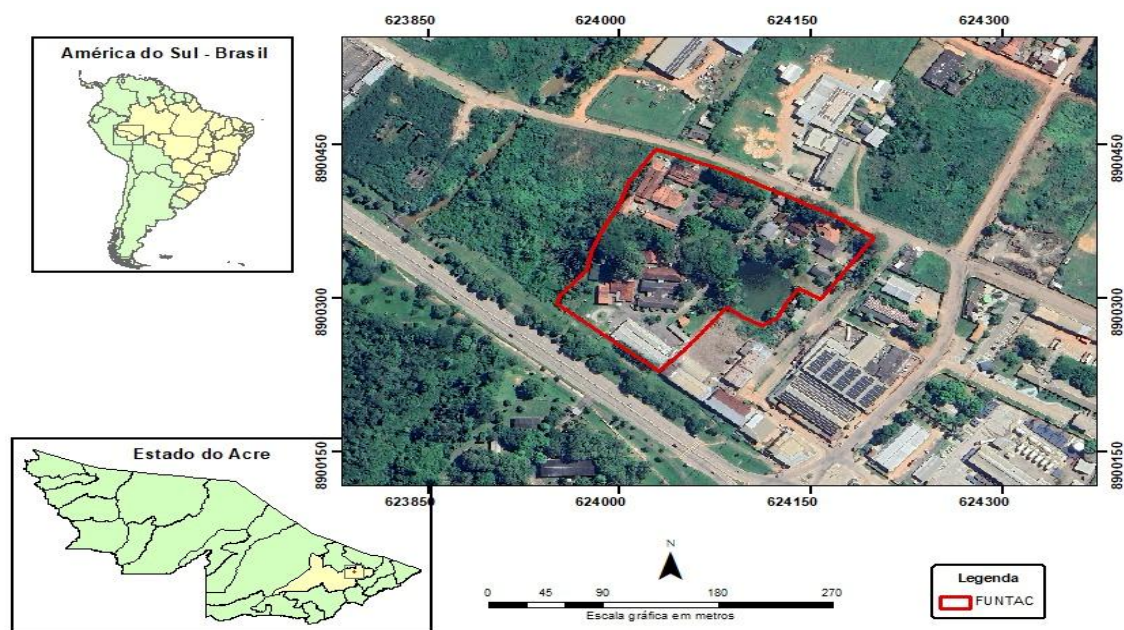
Este estudo tem por objetivo avaliar a produção de mudas de *Jacaranda mimosifolia* D. Don. mediante diferentes substratos e dosagens de Fertilizante de Liberação Controlada (FLC), para responder a seguinte pergunta: Os substratos alternativos, combinados com diferentes doses de FLC, influenciam significativamente o desenvolvimento inicial das mudas de *Jacaranda mimosifolia*?

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido entre março e agosto de 2024, no Viveiro de Produção de Mudas da Fundação de Tecnologia do Acre (FUNTAC), localizado em Rio Branco, Acre (Figura 1). O clima da região é classificado como tropical de monção (Am), segundo de Köppen, caracterizado por uma alternativa bem definida entre as estações seca e chuvosa, com ocorrência anual entre 1.600 e 1.900 mm, e temperaturas médias entre 24°C e 26°C (Alvares *et al.*, 2013).

Figura 1 - Localização do experimento conduzido na Fundação de Tecnologia do Acre (FUNTAC), Rio Branco - Acre.



Fonte: Autora (2025).

2.2. Delineamento experimental

Usou-se o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, com esquema fatorial 3x6, resultando em 18 tratamentos com 8 plantas por unidade amostral e 3 repetições (3 blocos), totalizando 432 plantas. As unidades experimentais foram constituídas por tubetes de polipropileno atóxico preto (5 cm de diâmetro, 18 cm de altura e 180 cm³ de capacidade volumétrica). Considerou-se o substrato como primeiro fator, sendo que foram utilizados os seguintes substratos: Substrato comercial (SC), composto orgânico da Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos (UTRE), e uma mistura de bagaço de cana + casca de café + caroço de açaí + poda de árvore (BCAP). Como segundo fator foram testadas as dosagens de Fertilizante de Liberação Controlada (NPK 16-08-12), considerando as seguintes doses: 0, 3, 6, 9, 12 e 15 kg.m⁻³. O FLC contém NPK (16-08-12) e micronutrientes, incluindo como, 8% pentóxido de fósforo (P₂O₅), 12% de óxido de potássio (K₂O), 5% de enxofre (S), 1,2% magnésio (Mg), 0,02% boro (B), 0,05% de cobre (Cu), 0,4% ferro (Fe), 0,06% manganês (Mn), 0,015% molibdênio (Mo).

2.3 Confecção dos substratos

O composto orgânico foi proveniente da Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos (UTRE), situada na margem esquerda do km 22 da BR 364, sentido Rio Branco - Porto Velho. A compostagem iniciou em 17 de maio de 2023, com revolvimento semanal do material com

retroescavadeira, ficando em pátio ao ar livre coberto com lona nos finais de semana. O processo durou cerca de 90 dias, formando camadas com casca de cupuaçu, poda de árvores, rúmen de boi, casca e polpa de frutas diversas (Figura 2).

Figura 2 – Processo de compostagem dos resíduos da UTRE de Rio Branco, Acre.



Fonte: Autora (2023).

Os resíduos orgânicos de BCAP (bagaço de cana, casca de café, caroço de açaí e poda de árvores) foram adquiridos no município de Senador Guiomard, Acre, a 28 km do município de Rio Branco. Já o substrato comercial é composto por casca de pinus bioestabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal, água e espuma fenólica, adquirida no comércio local.

A característica físico-química dos substratos foi realizada pelo Laboratório Ciência em Solo (Tabela 1), certificado pelo Instituto agrônômico de Campinas (IAC), seguindo a metodologia das instruções normativas 17 e 31, de 21 de maio de 2007 e 23 de outubro de 2008, do Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2007; Brasil, 2008; Carvalho, 2022).

Tabela 1 - Característica física (A) e química (B) dos substratos comercial (SC), Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos do Estado do Acre (UTRE) e composto de bagaço de cana + casca de café + casca de açaí + poda de árvores (BCAP) utilizados para a produção de mudas de *Jacaranda mimosifolia* D. Don.

(A)					
Substrato	CE	UM	D	CRA	CTC
	dS.m ⁻¹	%	kg.m ³	%	mmolc.dm ⁻³
SC	1,72	47,1	318	64,6	1794
UTRE	1,69	28,4	345	58,3	2131
BCAP	1,08	5,3	825	46,1	1929

Em que: CE – condutividade elétrica; UM- Umidade; D – densidade; CRA – capacidade de retenção de água; CTC – capacidade de troca catiônica.

(B)		Macronutrientes										
Substrato	pH	CO	N	P	K	Ca	Mg	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
		g.kg ⁻¹										
SC	5,6	310,2	7,0	2,0	14,9	20	4,6	3,7	4,0	18,0	28,0	8,0
UTRE	6,1	443,4	18,2	2,8	35,2	22	1,1	3,9	6,0	43,0	31,0	2,0
BCAP	5,9	171,9	8,8	4,5	2,5	33	2,4	3,3	10,0	3,0	46,0	4,0

Em que: pH – Potencial Hidrogeniônico; CO – Carbono Orgânico; N – Nitrogênio; P- Fósforo; K – Potássio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; S – Enxofre; P₂O₅ – Fosfato; K₂O – Óxido de Potássio; CaO – Óxido de Cálcio; MgO – Óxido de Magnésio.

(B)		Micronutrientes				
Substrato	Fe	B	Cu	Mn	Zn	C/N
	g.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹				%
SC	10,9	15	36	1216	103	44,3
UTRE	7,8	10	31	621	136	24,4
BCAP	19,5	4	16	461	65	19,5

Em que: Fe – Ferro; B – Boro; Cu – Cobre; Mn – Manganês; Zn – Zinco; C/N – Relação carbono e nitrogênio

2.4 Coleta das sementes, semeadura e análise biométrica

Foram coletadas sementes de *Jacaranda mimosifolia* de uma matriz localizada no Parque da Maternidade – Capoeira, em Rio Branco, Acre (Coordenadas: 9°58'11.4" S e 67°48'14,1" O). As sementes foram submetidas ao plantio direto em tubetes contendo os diferentes substratos e as dosagens de FLC, onde permaneceram por 150 dias em viveiro coberto por tela monofilamentosa que filtra 50% da luminosidade incidente. Os tubetes foram organizados em bandejas de apoio suspensas a 1 metro de altura do solo, estando em fileiras com espaçamento entre elas. A irrigação foi realizada por aspersão durante 10 minutos e por regador durante os fins de semana.

Aos 150 dias, realizou-se a análise biométrica das mudas, onde avaliou-se as seguintes variáveis: Altura da planta (H), aferida com régua graduada em centímetro (cm); Diâmetro do coleto (DC), medido a 1 cm acima da superfície do substrato do recipiente com o auxílio de um paquímetro digital (mm). Na sequência, as mudas foram removidas dos substratos e separou-se a parte aérea e radicular, para então, mensurar as medidas do comprimento radicular (CPR), utilizando uma régua graduada (cm).

A partir desses dados foi possível calcular a relação entre altura da planta e o diâmetro do coleto (H/DC). Posteriormente, as amostras foram inseridas em embalagens de papel kraft e acondicionadas em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65°C até atingir a massa constante. A aferição das massas secas, da parte aérea (MSPA), radicular (MSR) e total (MST), ocorreu utilizando uma balança analítica (0,01g).

Os valores obtidos foram tabulados no software Microsoft Excel e calculou-se o Índice de Qualidade Dickson (Dickson, Leaf, Hosner, 1960), com a seguinte fórmula:

$$IQD = \frac{MST(g)}{\left(\frac{A(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)} \right)}$$

Onde: MST = matéria seca total; A= altura; DC= diâmetro do coleto; MSPA= matéria seca da parte aérea; MSR= matéria seca da raiz.

2.5 Análise estatística

Os resultados do teste de enraizamento foram submetidos à análise de homogeneidade de variância (Cochran, $p < 0,05$) e normalidade dos erros (Shapiro-Wilk, $p < 0,05$). Atendidas as pressuposições, foi realizada a análise de variância ($F < 0,05$) com

base no delineamento em blocos casualizados (DBC), e, havendo diferença significativa, foi aplicado o teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para comparação entre as médias obtidas no fator substrato, e análise de regressão no fator adubação. Os testes de homogeneidade de variância e de normalidade dos erros, e as análises de variância, os testes de médias e análise de regressão foram realizados no programa IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, versão 19.0).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se diferença significativa ($p > 0,05$) para os fatores substrato e dose de adubação, de forma isolada (Tabela 2), além disso, houve interação entre os fatores citados.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância (ANOVA) para altura da planta (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura por diâmetro (H/DC), diâmetro da raiz (DR), comprimento da raiz (CPR), massas secas aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD).

Quadrado médio e significância											
Fonte de variação	GL	H	DC	H/DC	DR	CPR	MSPA	MSR	MSPA/MSR	MST	IQD
Bloco	2	4,59 ^{ns}	0,21*	0,30 ^{ns}	0,04 ^{ns}	584,1*	0,03 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,001*
Substrato (S)	2	2,76 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,70*	2,79*	81,04*	0,05*	0,07*	5,97*	0,06 ^{ns}	0,007*
Dose (D)	5	25,21*	0,86*	3,26*	1,02*	23,18 ^{ns}	0,51*	0,05*	1,48*	0,73*	0,12*
S X D	10	6,54*	0,17*	3,71*	0,30*	7,25 ^{ns}	0,75*	0,01*	1,42*	0,07*	0,001*
Erro	34	2,16	0,07	0,11	0,04	12,17	0,01	0,003	0,403	0,03	0,00
CV (%)		8,41	9,59	4,85	6,84	31,87	15,06	17,84	24,08	15,73	11,61

*Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS: não significativo; CV: coeficiente de variação; GL: grau de liberdade.

Para o fator substrato, quando analisado separadamente, não houve diferença significativa para as variáveis altura (H), diâmetro do coleto (DC) e massa seca total (MST). Na análise do fator adubação, tanto isoladamente, como em interação com o fator substrato, notou-se interação significativa para todas as variáveis avaliadas, exceto para comprimento da raiz (CPR).

O crescimento em altura das mudas de *J. mimosifolia* produzidas com os substratos UTRE e BCAP ocorreu de forma similar em comparação com as produzidas em substrato comercial (SC), não havendo diferença significativa. Resultados similares foram encontrados por Pereira et al. (2024), Bortolini et al. (2017), Krefta et al. (2017) que, respectivamente, produziram mudas de *Jacaranda cuspidifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ceiba speciosa*, e observaram que não houve diferença significativa na altura das mudas

produzidas em substratos alternativos em comparação com as produzidas em substratos comerciais.

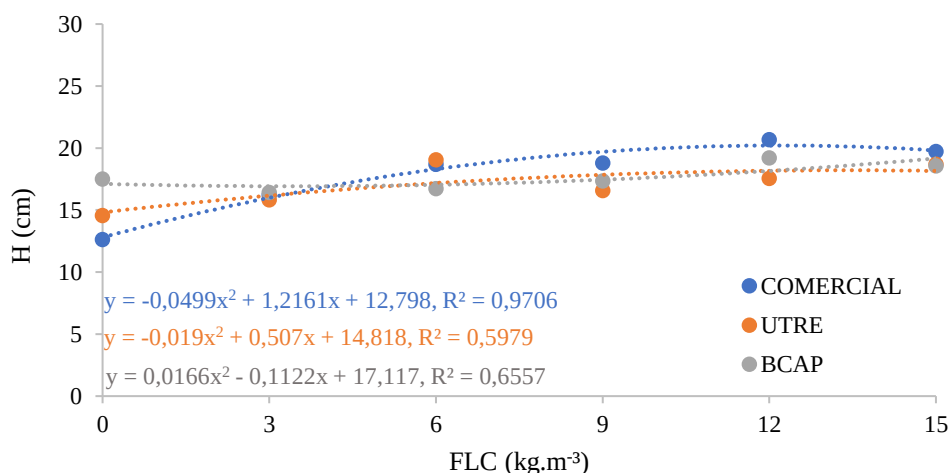
É válido destacar que os substratos alternativos (UTRE e BCAP) apresentaram maior densidade (345 e 825 kg.m³) em comparação ao substrato comercial (318 kg.m³) (Tabela 1). Soares et al. (2014) relatam que a faixa ideal de densidade de um substrato varia de 250 a 500 kg.m³. Como a densidade está inversamente relacionada à porosidade, esses substratos tendem a ter uma quantidade reduzida de poros, o que pode impactar no desenvolvimento em altura, assim como, dificultar a disponibilidade de água e oxigênio para as raízes (Capelesso *et al.*, 2019; Kratz *et al.*, 2013).

Segundo Suguino *et al.* (2011), quando o substrato apresenta maior porosidade, o crescimento vertical das plantas é favorecido, pois demanda menor esforço das mudas para se ramificar. No entanto, ressalta-se que no presente estudo, a maior densidade dos substratos UTRE e BCAP não resultou em menor crescimento em altura das mudas em comparação ao substrato comercial.

Outro fator essencial para o desenvolvimento de plantas são as propriedades químicas do substrato, em especial a disponibilidade do Fósforo (P), que quando absorvido pelo sistema radicular, desempenha um papel fundamental no crescimento inicial em altura, além de ser contribuir no processo de fotossíntese, estímulo da respiração e regulação proteica das plântulas (Meneghette *et al.*, 2017; Caione *et al.*, 2012). A maior concentração de P nos substratos UTRE e BCAP pode ter contribuído para que as mudas pudessem crescer em altura, atingindo resultados semelhantes ao substrato comercial.

Ainda em relação à altura (H), foi verificada interação significativa entre substratos e adubação. O comportamento do crescimento em altura obteve uma tendência crescente com adição das dosagens de fertilizante de liberação controlada (FLC), destacando comportamento quadrático em função dos substratos (Figura 3).

Figura 3 - A influência dos substratos alternativos e os diferentes níveis de adubação na variável Altura (H).



As concentrações de máxima eficiência ocorreram no substrato comercial com adição da concentração de FLC de 12 kg.m⁻³. Estes resultados corroboram com Brito *et al.* (2018), que obtiveram maior crescimento em altura para plantas de *Schinopsis brasiliensis* em dosagens de 12,86 kg.m⁻³, e Marco *et al.* (2019), na dose de 12 kg.m⁻³ em mudas de *Toona ciliata*.

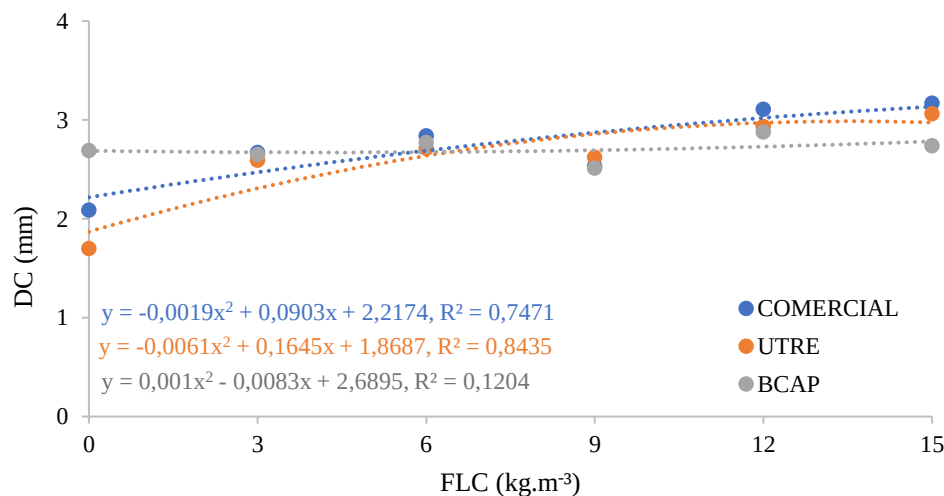
Rodrigues *et al.* (2022) e Lima *et al.* (2023) encontraram resultados opostos, onde a medida em que as dosagens aumentavam (acima de 14 kg.m⁻³), ocorria a mortalidade das plantas, o que provavelmente deve-se a toxicidade pelo excesso de nutrientes, ocasionando a morte de indivíduos de *Enterolobium schomburgkii* Benth, o que realça a relevância de determinar a concentração ótima de FLC para o crescimento saudável de mudas.

Assim como para a variável altura, as mudas produzidas nos substratos UTRE e BCAP apresentaram desempenho similar às produzidas em substrato comercial para o diâmetro do coleto (DC), tendo como variação apenas a aplicação de doses de FLC. Estudos anteriores alcançaram resultados semelhantes, em que mudas de espécies florestais, como *Trichilia catigua*, *Carapa guianensis*, *Myracrodruon urundeuva*, *Parapiptadenia rigida*, produzidas em substratos alternativos apresentaram valores de DC iguais às produzidas em substratos comerciais (Nacanishi *et al.*, 2024; Rodrigues *et al.*, 2024; Azevedo e Azevedo, 2023; Lobo *et al.*, 2021). Tais estudos destacam o potencial de uso de substratos alternativos à base de resíduos orgânicos na produção de mudas de espécies florestais.

Oliveira *et al.* (2024) constataram que não houve diferença significativa para DC de mudas de *Euterpe oleracea* nos substratos alternativos e comercial nos períodos de 60 e 90 dias, resultados semelhantes foram encontrados por Vaz *et al.* (2018) na produção de *Enterolobium contortisiliquum*, indicando que o uso de substratos orgânicos na produção de mudas florestais pode ser uma alternativa viável para o reaproveitamento de resíduos agroindustriais, florestais e urbanos. Embora alguns estudos tenham observado desempenhos inferiores em comparação aos substratos comerciais, a ampla disponibilidade de resíduos orgânicos reforça sua aplicabilidade (Azevedo e Azevedo, 2023).

Com relação ao diâmetro do coleto (DC), as maiores médias foram encontradas em mudas produzidas em substrato comercial que receberam altas doses de adubação (12 e 15 kg.m⁻³) demonstrando que a adição de adubação é um fator determinante no crescimento em diâmetro, com exceção do substrato BCAP. Quando observamos os substratos sem a adição de fertilizante essa tendência torna-se mais evidente, conforme apresentado na figura a seguir (Figura 4).

Figura 4 - A influência dos substratos alternativos e os diferentes níveis de adubação na variável Diâmetro do Coleto (DC).



Esse comportamento corrobora com estudos feitos com espécies florestais, como *Schinopsis brasiliensis*, onde o diâmetro do coleto respondeu positivamente à aplicação de 18 kg.m⁻³ de adubação (Brito *et al.*, 2018). Em estudo feito com *Anacardium giganteum* e *Euterpe edulis* observou-se que o crescimento foi otimizado com a aplicação de 12,3 e 12 kg.m⁻³ de adubo (Oliveira *et al.*, 2024; Roubuste *et al.*, 2020). Ademais, Lima *et al.* (2023) e Walter *et al.* (2022), avaliando diferentes doses de adubação observaram

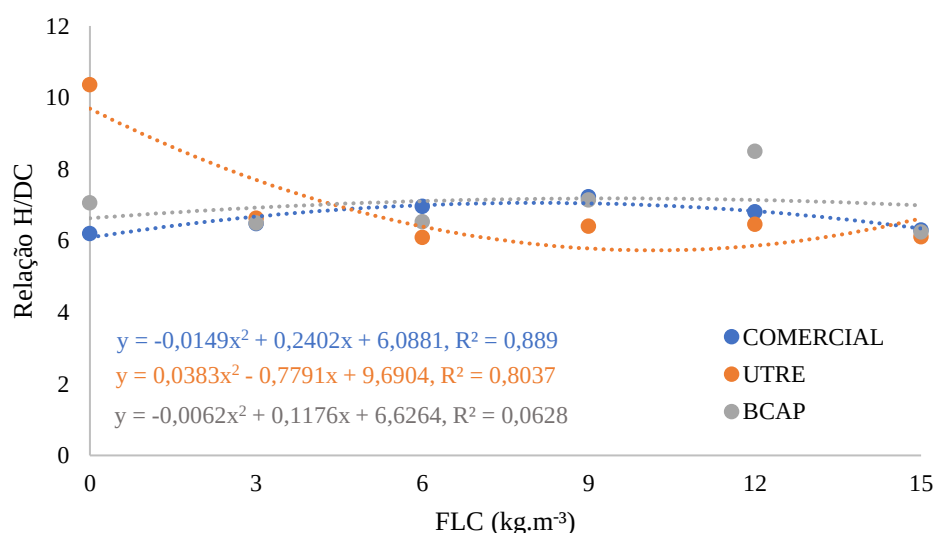
maior incremento diamétrico em mudas de *Enterolobium schomburgkii* e *Ilex paraguariensis* que receberam doses de adubação de 14 e 12,42 kg.m⁻³, respectivamente.

A incorporação de fertilizante de liberação controlada ao substrato pode ser uma prática eficiente, pois sua composição permite que os nutrientes sejam liberados gradualmente para as mudas, reduzindo a necessidade de reaplicação e diminuindo os custos operacionais (Stüpp *et al.*, 2015), mitigando problemas nutricionais durante o ciclo de produção das mudas, principalmente em sistemas de baixo nível tecnológico, tornando a produção mais eficiente e uniforme (Walter *et al.*, 2022).

Os resultados evidenciam que os substratos e o FLC exercem um papel determinante no desenvolvimento do diâmetro do coleto. Segundo Araújo *et al.* (2020), o aumento do diâmetro potencializa o transporte de água e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento e crescimento vegetativo, o acúmulo de massa seca e a eficiência dos processos metabólicos e fotossintéticos. Já Ferreira *et al.* (2021) ressaltam que o diâmetro é um indicador da capacidade de resistência da planta em campo, quando são submetidas a condições adversas.

A maior média da relação H/DC (10,36) foi observada em mudas produzidas no substrato UTRE com ausência de adubação, sendo que com o aumento na dosagem do FLC, a relação H/DC diminuiu para este tratamento. Para os demais substratos, os valores desta relação ficaram abaixo de 10 (Figura 5).

Figura 5 - A influência dos substratos alternativos e os diferentes níveis de adubação na variável Relação altura e diâmetro do coleto (H/DC).



Para assegurar a qualidade e o desenvolvimento equilibrado, as mudas devem apresentar uma relação H/DC inferior a 10, conforme recomendado por Stüpp *et al.*

(2015), Ribeiro *et al.* (2018) e Almeida *et al.* (2020), essa faixa evidencia desenvolvimento adequado das mudas. Abreu *et al.* (2017) alertam que mudas com relação H/DC superior a 10 podem sofrer estiolamento, o que reduz significativamente os índices de sobrevivência no campo, ocasionando o tombamento, a morte ou deformações das plantas após o plantio. Padilha *et al.* (2018) recomendam que quando a relação H/DC for muito elevada as mudas devem permanecer mais tempo no viveiro para reduzir o desequilíbrio entre essas variáveis e garantir um maior sucesso do transplante para o campo.

Quando avaliadas isoladamente as variáveis altura (H) e diâmetro (DC) fornecem indicativos sobre o potencial de crescimento e sobrevivência em campo das mudas, respectivamente, porém é recomendado que seja analisada a relação entre essas variáveis. Segundo Cargnelutti Filho *et al.* (2018), a relação H/DC, ou índice de robustez, reflete o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, sendo que quanto menor o seu valor, melhor é a qualidade da muda e a capacidade de resistência e estabelecimento após o plantio em campo. Desta forma, verificou-se que as mudas produzidas em substratos alternativos apresentaram resultados de relação H/DC semelhantes ou até melhores, quando combinados com o FLC, em comparação com as produzidas em substrato comercial.

Em relação ao comprimento da raiz (CPR), só foi verificada diferença ($p < 0,05$) para o fator substrato. O substrato comercial apresentou a maior média, sendo estatisticamente superior aos substratos BCAP e UTRE, que não diferiram entre si, conforme indicado na Tabela 3. Este resultado corrobora com estudo de Padilha *et al.* (2018), no qual mudas de *Peltophorum dubium* produzidas em substrato comercial apresentaram comprimento de raiz 17,64% superior, quando comparadas às produzidas em substrato orgânico.

Tabela 3 - Média da variável comprimento da raiz (CPR).

Substrato	CPR (cm)
COMERCIAL	13,40 a
BCAP	9,72 b
UTRE	9,72 b

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$)

Deve-se destacar que o substrato comercial apresenta menor densidade (318 kg.m³) e maior capacidade de retenção de água 64,6% (Tabela 1), o que pode ter favorecido o desenvolvimento radicular das mudas. Maggioni *et al.* (2014) relatam que os substratos com densidade menor, proporcionam maior porosidade, melhor drenagem, menor restrição física ao crescimento do sistema radicular, elevando assim, a capacidade

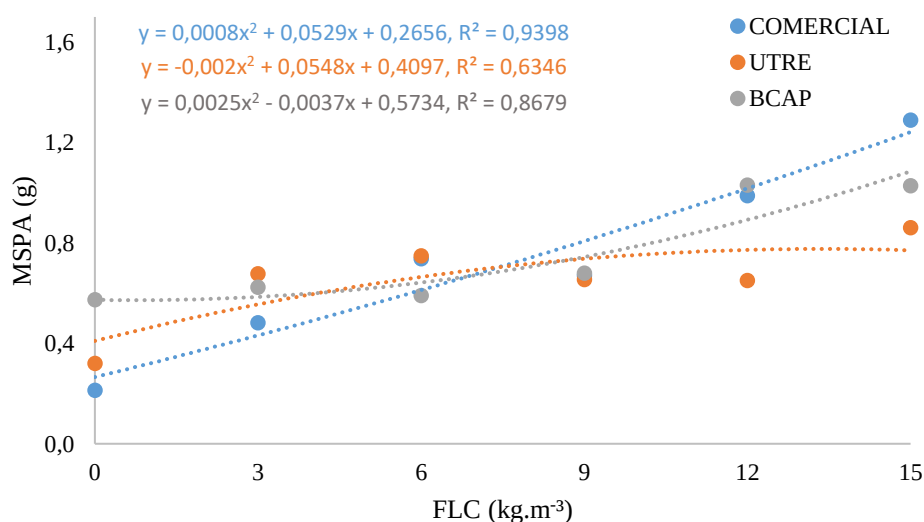
de retenção de água, aeração, estabilidade de agregados e disponibilidade de nutrientes, favorecendo o maior comprimento radicular.

Além disso, a maior densidade dos substratos UTRE e BCAP pode ter limitado a disponibilidade de oxigênio para as raízes e afetando o crescimento radicular. Para Brito *et al.* (2017), substratos com alta densidade, aliada a grande quantidade de partículas, tendem a ter baixa porosidade e espaço de aeração reduzido, dificultando o desenvolvimento das raízes.

É importante destacar que embora o substrato comercial tenha promovido mudas com maior crescimento radicular, o crescimento em altura e DC não foi significativamente superior em comparação com as mudas produzidas mediante os substratos UTRE e BCAP, indicando que apenas o comprimento da raiz não pode ser considerado como fator principal para determinar a qualidade das mudas.

A produção de matéria seca pelas mudas é um parâmetro importante para avaliar a qualidade das mudas, pois reflete o crescimento das mesmas e a distribuição da biomassa acumulada (Davide e Melo, 2012; Costa *et al.*, 2023). Considerando a massa seca da parte aérea (MSPA) constatou-se diferença significativa entre os substratos, em que, na ausência de adubação, o substrato BCAP se destacou dos demais. Salienta-se que tanto as mudas produzidas com BCAP, quanto com UTRE, apresentaram bom desempenho quando submetidas a dose de 3 kg.m⁻³ de FLC (Figura 6).

Figura 6 - A influência dos substratos alternativos e os diferentes níveis de adubação na variável da Massa Seca da Parte Aérea (MSPA).



Na concentração de doses de FLC mais elevadas (12 a 15 kg.m⁻³), o substrato comercial e o BCAP mantiveram o aumento da MSPA, enquanto o substrato UTRE

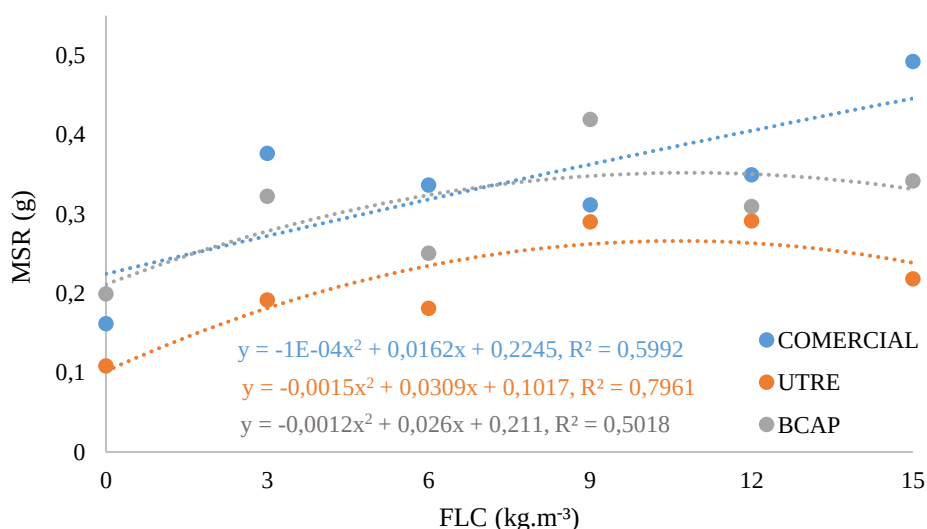
apresentou tendência a redução para este parâmetro. Um comportamento similar foi observado por Brito *et al.* (2018), que analisando doses de adubação para produção de mudas de *S. brasiliensis*, observaram que as doses de 13,02 e 17,99 kg.m⁻³ de FLC resultaram em maior acúmulo da biomassa seca da parte aérea.

Em contraste, em mudas de *Eucalyptus dunnii* dosagens elevadas de fertilizantes de liberação controlada ocasionaram diminuição da massa seca, tanto aérea como radicular, no qual se percebeu sintomas de toxicidade, o que pode causar a diminuição do crescimento das mudas (Navroski *et al.*, 2015). Isso reforça que nem sempre doses elevadas de FLC serão eficazes em todos os substratos, podendo até prejudicar o crescimento das plantas.

Dessa forma, considerando que os substratos proporcionaram eficiência no transporte de fósforo e nitrogênio, é possível que associação entre esses nutrientes tenha contribuído para o melhor acúmulo de massa seca da parte aérea. Segundo Dias *et al.* (2012), as plantas têm a capacidade de transportar esses nutrientes das raízes para parte aérea, sendo translocados pelo xilema. Os autores ainda enfatizam que doses adequadas de P e N na composição de FLC influenciam diretamente no desenvolvimento de mudas.

Analisando o acúmulo de massa seca radicular (MSR), verificou-se diferença significativa entre os substratos e também considerando as dosagens de FLC. Sendo assim, o substrato UTRE apresentou menores valores para MSR em comparação aos demais substratos (Figura 7), independentemente das doses de fertilizantes aplicadas. Esse resultado indica que as características química e física desse substrato podem ter restrição ao desenvolvimento radicular.

Figura 7 - A influência dos substratos alternativos e os diferentes níveis de adubação na variável Massa Seca da Raiz (MSR).



Uma explicação possível para esse menor acúmulo de MSR no substrato UTRE pode ser devido às maiores concentrações de Zn (136 mg.kg^{-1}), o que pode ter induzido a redução do crescimento das plantas pela menor capacidade de absorção de água e nutrientes (Pereira *et al.*, 2013). Soares *et al.* (2001) observaram que o excesso de Zn resultou em sintomas de toxicidade, manifestando principalmente como clorose, escurecimento das raízes e inibição do crescimento das plantas de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla*.

Os mesmos autores esclarecem que a translocação de Fe é altamente inibida pelo excesso de Zn, e esta deficiência induzida é uma das possíveis causas de fitotoxidez do Zn em eucaliptos. Para a espécie de timbaúva teve sua atividade enzimática afetada a partir de 187 mg.kg^{-1} , proporcionando menor produção de raízes (Silva *et al.*, 2018).

Outra possível justificativa do substrato UTRE ter apresentado menor MSR é a maior concentração de N ($18,2 \text{ g.kg}^{-1}$) em relação aos demais substratos. Esse resultado corrobora com Farias *et al.* (2018) e Nunes *et al.* (2016), que relataram um teor de N de $37,25 \text{ g.kg}^{-1}$ em resíduos orgânicos, e afirmaram que valores elevados de N podem reduzir o crescimento das raízes das plantas, possivelmente por provocar fitotoxidez nas mudas, além de causar, um desequilíbrio nutricional resultando no menor desenvolvimento da planta.

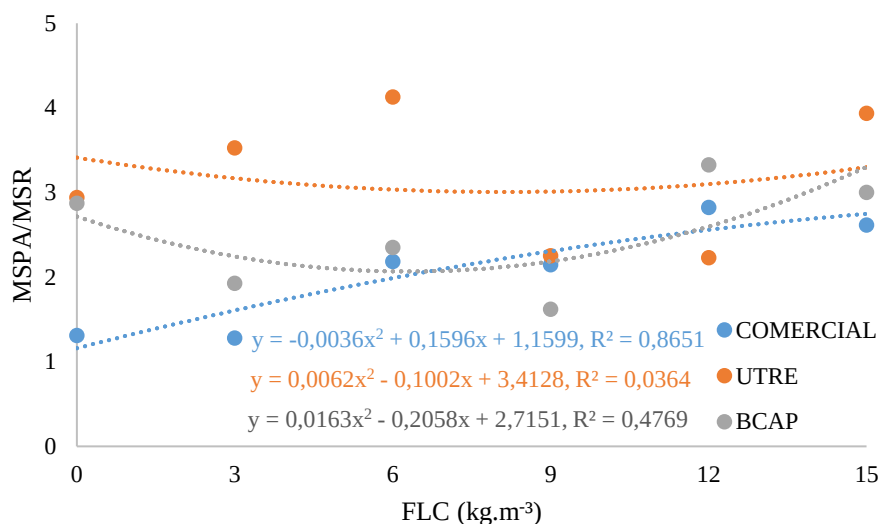
Em geral, os trabalhos têm demonstrado que as espécies florestais respondem positivamente à aplicação de FLC ao comparar os parâmetros morfológicos de crescimento. Brito *et al.* (2024) observaram efeitos positivo do uso de FLC na alocação de massa seca da raiz em plantas de *Khaya grandifoliola*, com isso, a parcela fornecida de nutriente ao longo do tempo contribuiu para o suprimento adequado de nutrientes, resultando em maior produção de raízes. Plantas com maior quantidade de raízes são favorecidas, por absorverem nutrientes e águas de maneira eficiente, o que acelera as taxas de crescimento e melhora o desenvolvimento geral (Hayashi *et al.*, 2012; Navroski *et al.*, 2016).

De forma complementar, Ramos *et al.* (2021) verificaram que o K contribuiu para o aumento no peso da matéria seca raiz (MSR) e total (MST), à medida que se elevou a quantidade de adubação fornecida às plantas, evidenciando assim, resultados promissores deste nutriente no desenvolvimento de plantas de *Tabebuia aurea*.

A relação MSPA/MSR é um critério utilizado para a escolha de mudas de boa qualidade, sendo que reflete a proporção entre o desenvolvimento do sistema radicular e

da parte aérea das mudas (Marco *et al.*, 2019). No presente estudo, os valores dessa relação variaram de 1,28 a 4,13 (Figura 8).

Figura 8 - A influência dos substratos alternativos e os diferentes níveis de adubação na variável Relação Massa Seca da Parte Aérea e Massa Seca da Raiz (MSPA/MSR).



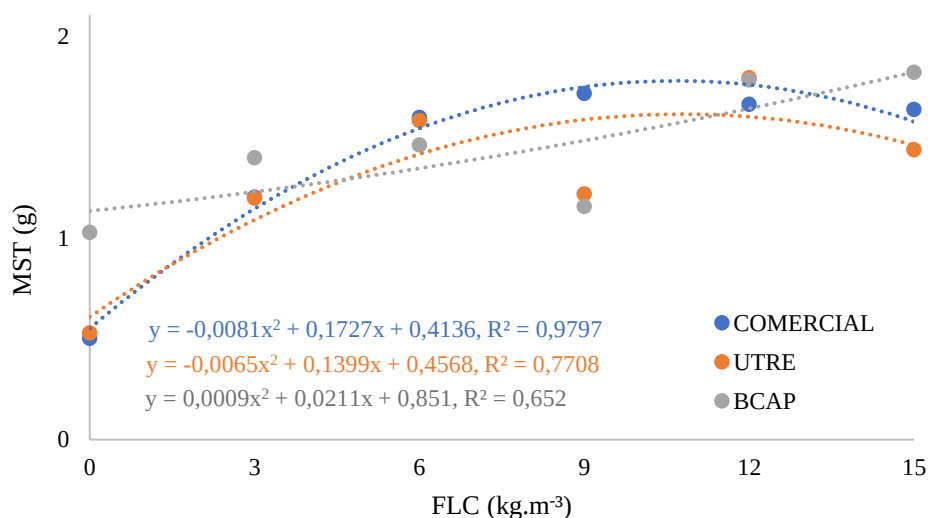
Segundo Gomes e Paiva (2011) e Caldeira *et al.* (2012), um valor próximo de 2,0, é um indicativo de mudas vigorosas e com potencial de sobrevivência em campo. Sendo assim, no presente estudo, os substratos alternativos apresentaram valores próximos ao ideal para a relação MSPA/MSR nas dosagens de FLC 3 kg/m³ (BCAP), 9 kg/m³ (BCAP e UTRE) e 12 kg/m³ (UTRE), o que é mais um indicativo do potencial destes substratos para produzirem mudas com bom padrão de qualidade.

No entanto, valores muito altos (acima de 2,0) para esse parâmetro podem ser prejudiciais às mudas, pois favorece desequilíbrio no crescimento e, consequentemente, aumento ao risco de tombamento (Caldeira *et al.*, 2012). Além disso, Grossnickle (2012) e Caldeira *et al.* (2013) ressaltam que o crescimento excessivo da parte aérea em relação ao sistema radicular pode comprometer a absorção de água pelas raízes e perda de água pela transpiração, afetando assim, a sustentação da planta o que interfere na qualidade e resistência das mudas em campo.

Desse modo, os resultados reforçam a importância do equilíbrio entre o crescimento da parte aérea e o desenvolvimento radicular, assegurando que as mudas possuam um sistema radicular bem desenvolvidos, capaz de resistir a fatores ambientais extremos em campo, sendo assim, plantas com raízes bem nutridas tendem a ser mais tolerantes e resistentes às condições do ambiente de plantio.

Para a massa seca total (MST) não houve diferença estatística ($p>0,05$) entre os substratos. No entanto, o fator adubação apresentou efeito significativo com redução da MST para substratos SC e UTRE em concentrações acima de 12 kg/m^3 , enquanto para o substrato BCAP houve aumento (Figura 9). Esses resultados demonstram a importância de se adequar a aplicação de fertilizante FLC para cada tipo de substrato para que se tenha um melhor desenvolvimento das mudas e possível redução de custos na produção destas.

Figura 9 - A influência dos substratos alternativos e os diferentes níveis de adubação na variável massa seca total (MST).



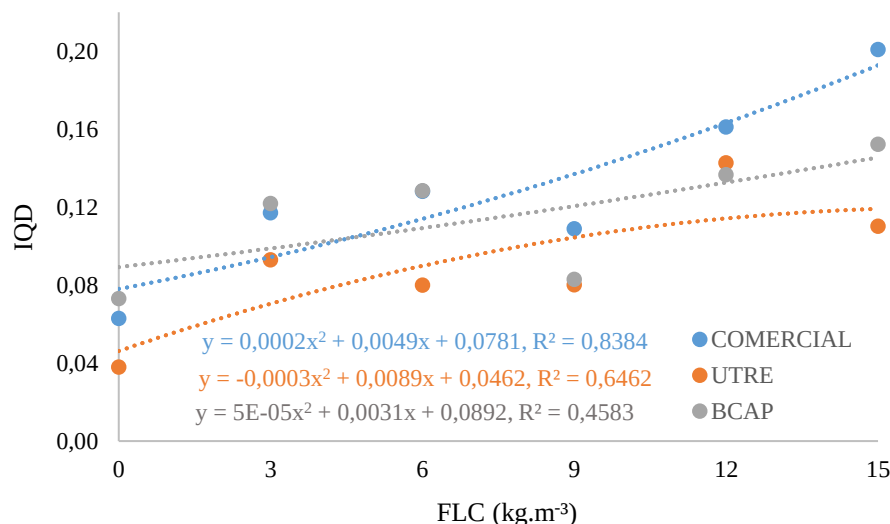
O acúmulo na produção de massa seca em mudas é resultado da assimilação do carbono fotossintético (Smiderle *et al.*, 2020). A massa seca total pode ser considerada um indicativo capaz de expressar o potencial da planta em armazenar os produtos gerados na fotossíntese, proveniente do balanço fotossintético e de tudo que é consumido na respiração e fotorrespiração (Santos *et al.*, 2022).

Gilbson *et al.* (2019) observaram maior MST com o aumento das doses de FLC. Tais autores observaram ganhos significativos no acúmulo de nutrientes na parte aérea (P, Ca, Mg e S) em relação ao tratamento sem FLC, dessa forma, a aplicação de FLC nos substratos pode ter proporcionado condições adequadas de nutrição para as mudas, com melhor balanço fotossintético, o que consequentemente resultou em maior crescimento das plantas de *J. mimosifolia*.

Em relação ao Índice de qualidade de Dickson (IQD), verificou-se diferença significativa considerando os substratos e as concentrações de FLC. O substrato comercial apresentou mudas com maior valor médio de IQD, enquanto plantas produzidas em UTRE apresentaram o menor valor para este índice. Em todos os substratos verificou-

se aumento no IQD conforme elevou-se a dosagem de fertilizante aplicada, com maiores valores de IQD obtida em dosagens de 12 e 15 kg/m³ de FLC.

Figura 10 - A influência dos substratos alternativos e os diferentes níveis de adubação na variável índices de qualidade de Dickson (IQD).



O índice de qualidade de Dickson (IQD) é considerado um dos indicadores mais completos para avaliar a qualidade de mudas florestais, pelo fato de abranger múltiplas variáveis em sua equação (Sousa *et al.*, 2019), incluindo em seu cálculo o índice de robustez (relação H/DC) e o equilíbrio da distribuição da biomassa das mudas (Smiderle e Souza, 2016). Dessa forma, o IQD pondera os resultados de variáveis características morfológicas importantes empregadas para avaliação de qualidade (Smiderle *et al.*, 2018; Costa *et al.*, 2020).

Navroski *et al.* (2016) relatam que quanto maior o índice de qualidade de Dickson, maior tende a ser o diâmetro e a massa seca da parte aérea, indicando melhor grau de qualidade das mudas. Vale destacar que a classificação do IQD, foi estabelecida com base em estudos realizado com pinheiros, por Sáenz *et al.* (2010), na qual valores <0,2 indicam baixa qualidade, já os valores entre 0,2-0,5 correspondem a qualidade mediana, e valores >de 0,5 indicam alta qualidade. Hunt (1990), sugere valor de IQD mínimo de 0,20 para espécies florestais, indicando que mudas com valor igual ou superior a este estariam aptas a serem plantadas em campo. Já visto que apenas o substrato comercial na concentração 15 kg/m³ obteve o valor recomendado.

Os demais substratos com níveis de dosagens apresentaram IQD entre 0,06-0,20, indicando que as mudas de *Jacaranda mimosifolia* não atingiram o padrão ideal de qualidade para o plantio, conforme sugerido por Sáenz *et al.* (2010) e Hunt (1990). Esses

resultados corroboram os achados de Sousa *et al.* (2019), que observaram valores de índice de qualidade de Dickson inferior que 0,20, para mudas de *Tabebuia serratifolia* avaliadas aos 100 dias de idade. Mediante a esses resultados os autores sugeriram que o tempo de avaliação dos tratamentos tenha influenciado nos resultados do IQD. O que pode ter ocorrido com avaliação de 150 dias das mudas de *J. mimosifolia*.

Estudos anteriores também indicam valores de IQD semelhantes para outras espécies florestais, como valores de 0,05-0,20 para *Corymbia citriodora* retirada em 100 dias (Steffen *et al.*, 2011), 0,01-0,09 para *Eucalyptus grandis* em 120 dias e 0,06-0,22 *Pinus elliottii* em 180 dias (Silva *et al.*, 2017). Vale salientar que o presente trabalho obteve um valor mínimo de 0,06 para espécie de *Jacaranda mimosifolia*, o que destaca que aplicação de FLC proporcionou aumento no valor do IQD acima de 0,06 para todas as mudas independente dos substratos. Esse resultado é similar com Binotto (2007), em *Eucalyptus urograndis*, que apresentou resultado de IQD acima de 0,05 conforme o aumento da dosagem de fertilizante mineral.

Ao analisar outras espécies de jacarandá, os resultados encontrados na literatura apresentam variação do IQD, em que foi observado valores entre 0,014 a 0,56 para *J. cuspidifolia* (Santos *et al.*, 2024), 0,052 a 0,13 para *J. cuspidifolia* (Bandeira *et al.*, 2018), 0,73 a 1,33 para *J. mimosifolia* (Oliveira *et al.*, 2024) e 0,05-0,85 para *J. copaia* (Carvalho *et al.*, 2022). Dentro desse contexto, a literatura evidencia que o IQD é uma característica variável (Souza *et al.*, 2019; Steffen *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2017; Binotto 2007; Santos *et al.*, 2024; Bandeira *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2024; Carvalho *et al.*, 2021), oscilando em função da espécie, do manejo das mudas no viveiro, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente e, principalmente, de acordo com a idade em que a muda foi avaliada (Gomes *et al.*, 2013; Melo *et al.*, 2018; Marco *et al.*, 2019; Sobrinho *et al.*, 2024).

Embora mudas produzidas nos substratos UTRE e BCAP apresentem valores de IQD inferiores ao substrato comercial, este não pode ser considerado como fator principal para indicar a qualidade destas. É importante analisar simultaneamente os diferentes parâmetros de avaliação, sendo que nesse estudo, para os três substratos não foi verificado diferença significativa para as variáveis H, DC e MST, que são os principais atributos avaliados nos viveiros comerciais para aferir a qualidade das mudas, indicando que é possível obter mudas com qualidade similar às produzidas em substrato comercial utilizando substratos alternativos.

Sendo assim, estes resíduos devem ser manejados de forma adequada, principalmente quando se refere aos cuidados necessários das propriedades físicas e

nutricional, sendo crucial a escolha de resíduos descartados que serão reaproveitados como substratos e distinguir as proporções adequadas para contribuir de forma eficiente para a decomposição do substrato. Essa abordagem viabiliza a comercialização de adubos orgânicos para pequenos produtores rurais e, conforme os resultados obtidos neste estudo, os substratos alternativos quando conciliados com o fertilizante de liberação controlada (FLC), em doses adequadas, potencializaram o desenvolvimento das mudas.

A análise química do tecido vegetal das mudas pode auxiliar na compreensão dos resultados obtidos no presente estudo. Ressalta-se que em condições isentas de aplicação de doses de fertilizante de liberação controlada, as mudas produzidas em substrato comercial apresentaram valores reduzidos para as variáveis H, H/DC, MSPA, MSPA/MSR e MST.

Salienta-se que o substrato comercial apresentou a maior relação C/N dentre os substratos analisados (44,3). Ribeiro et al. (2021) relatam que substratos com relação C/N entre 10 e 20 favorecem o desenvolvimento vegetal, pois nesta há maior taxa de mineralização, e conseqüentemente, maior liberação de nutrientes para as mudas, já em substratos com relação C/N elevada plantas, há a imobilização de N, resultando na limitação de processos fisiológicos do vegetal.

A análise química do tecido foliar das mudas revela que as mudas produzidas em substrato comercial, sem aplicação de FLC, possuem um teor reduzido de Fósforo e Enxofre, e um teor acentuado de Ferro (Tabela 4). Não é possível dizer que há diferença significativa no teor desses elementos em comparação com as plantas produzidas em outros substratos, contudo acredita-se que esse seja um dos fatores que possa explicar o resultado.

Tabela 4. Análise química de tecido vegetal (folhas) das mudas de *Jacaranda mimosifolia* em substratos alternativos e diferentes doses de fertilizante de liberação controlada.

Substratos	Doses	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	kg.m ⁻³	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
COMERCIAL	0	12,30	1,20	16,20	13,40	3,70	0,40	51,38	10,70	440,20	24,10	28,50
	3	8,90	2,00	13,90	7,90	2,70	0,80	16,65	5,20	238,80	20,10	19,10
	6	11,10	1,60	14,70	8,90	2,70	0,70	22,50	2,90	171,70	22,70	14,80
	9	9,70	1,40	14,80	8,50	3,10	0,70	17,44	3,60	273,00	30,90	16,50
	12	13,30	1,80	14,00	9,40	3,20	0,90	20,12	2,90	287,00	37,00	17,90
	15	14,60	1,70	14,50	9,70	3,30	1,10	20,02	1,50	245,70	60,90	16,50
UTRE	0	19,00	2,80	19,20	10,40	2,70	1,70	23,29	4,00	384,30	35,60	29,00
	3	20,30	3,20	11,40	12,60	4,10	1,90	28,36	4,00	405,20	58,50	32,40
	6	22,30	2,60	11,80	12,50	4,00	1,40	25,18	4,90	250,50	38,60	25,20
	9	21,70	2,80	11,90	11,00	3,70	1,80	25,18	7,20	309,20	41,70	22,00
	12	18,00	2,90	15,60	11,90	3,60	1,60	23,79	4,30	296,80	43,30	20,00

	15	15,90	2,80	17,50	7,30	2,80	1,50	20,61	3,70	249,10	30,40	16,00
BCAP	0	13,70	2,60	12,80	14,60	4,10	1,30	22,30	3,50	198,80	25,20	22,90
	3	15,00	2,10	11,00	13,20	3,60	1,40	23,79	5,40	308,70	33,90	17,40
	6	18,50	2,20	10,20	16,60	4,00	1,30	23,99	5,30	376,20	40,90	16,70
	9	18,30	2,30	14,30	13,30	3,80	1,80	19,52	7,30	303,60	51,30	21,20
	12	18,80	2,30	15,20	16,50	3,70	2,00	23,59	9,20	356,90	67,90	19,50
	15	17,80	2,80	13,00	12,00	3,40	1,80	24,58	3,40	289,10	100,50	15,70

Onde: N = Nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; S = Enxofre; B = Boro; Cu = Cobre; Fe = Ferro; Mn = Manganês; Zn = Zinco.

Jucoski et al. (2016) relata que a toxicidade de Fe em plantas é incomum, porém quando o elemento está presente em níveis tóxicos, pode ocorrer a presença de amarelecimento das folhas, escurecimento das raízes e redução do crescimento foliar. Os autores citam que em algumas espécies de plantas que apresentaram crescimento limitado em função da toxidez de Fe, o teor do elemento oscilou de 300 a 500 mg kg⁻¹, contudo, os autores narram que o nível tóxico de Ferro pode oscilar de acordo com a espécie.

Com relação ao baixo teor de S em plantas produzidas em substrato comercial isentas de adubação, destaca-se que esse é um micronutriente envolvido em funções metabólicas, especialmente reações enzimáticas e síntese de aminoácidos. Em espécies de *Eucalyptus* spp. teores de S inferiores à 0,5 g kg⁻¹ indicam deficiência do elemento (Rocha et al., 2015), porém é válido destacar que o nível de deficiência e toxidez de elementos químicos pode variar de espécie para espécie.

Já com relação ao fósforo, destaca-se que esse é um macronutriente fundamental para a planta, atuando em diferentes processos metabólicos, como a produção de fosfolípidos, e processos da respiração e fotossíntese, sendo que quando há o déficit desse elemento, há a redução do crescimento e desenvolvimento vegetal (Valoto, 2021).

Destaca-se que o crescimento inicial das mudas produzidas em substrato comercial foi beneficiado conforme houve a adição do fertilizante de liberação controlada. Os resultados obtidos refletem o potencial do uso de substratos à base de resíduos agroflorestais na produção de mudas, visto que, embora os melhores resultados tenham sido obtidos em mudas produzidas com substrato orgânico quando houve a aplicação de FLC (12 e 15 kg.m⁻³), ressalta-se que quando não houve aplicação de adubação, as mudas produzidas com os substratos UTRE e BCAP apresentaram desempenho tão bom ou até superior às produzidas no substrato comercial.

4. CONCLUSÃO

As mudas de *Jacaranda mimosifolia* produzidas em substratos alternativos (UTRE e BCAP) apresentaram padrão de qualidade próximo ao daquelas produzidas em substrato comercial, sendo um indicativo de que tais substratos podem ser utilizados na produção de mudas da espécie, reduzindo os custos de produção.

A adição de doses de FLC aos substratos resultou no aumento da qualidade das mudas de *J. mimosifolia* quando aplicadas nas dosagens adequadas. No caso do substrato comercial, o uso das dosagens de 12 e 15 kg.m⁻³ de FLC resultou em mudas com maior altura, diâmetro, acúmulo de massa seca da parte aérea e índice de qualidade de Dickson.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; OLIVEIRA, R. R.; FERREIRA, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1179-1190, 2017.

ALMEIDA, D. M.; SILVA, B. R. F.; UCELLA FILHO, J. G. M.; SOUSA, A. N.; COSTA, T. L. N. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento inicial de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 24619-24631, 2020.

ANTUNES, L. F. S.; SCORIZA, R. N.; FRANÇA, E. M.; SILVA, D. G.; CORREIA, M. E. F.; LEAL, M. A. A.; ROUWS, J. R. C. Desempenho agrônomo da alface crespa a partir de mudas produzidas com gongocomposto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 8, n. 3, p. 57-65, 2018.

ARAÚJO, C. S. D.; LUNZ, A. M. P.; SANTOS, V. B. D.; ANDRADE NETO, R. D. C.; NOGUEIRA, S. R.; SANTOS, R. S. D. Use of agro-industry residues as substrate for the production of *Euterpe precatoria* seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 50, p. 1-9, 2020.

AZEVEDO, G. A.; AZEVEDO, J. R. Produção de mudas de aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva* Freire Allemão) com utilização de substratos alternativos. **Revista Científica Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, Ariquemes, v. 14, n. 1, p. 402-413, 2023.

BACHIÃO, P. O. B.; MACIEL, A. L. R.; AVILA, R. G.; CAMPOS, C. N. Crescimento de mudas de cafeeiro em tubes com fertilizante de liberação lenta. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 1, p. 105-116, 2018.

BANDEIRA, S. B.; FERNANDES, H. E.; MEDEIROS, G. H.; DOTTO, M. C.; GONÇALVES, F. B.; RAMOS, N. S.; ERASMO, E. A. L. Qualidade de mudas de *Jacaranda cuspidifolia* produzidas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 79-84, 2018.

BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* - Engelm.** 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

BORTOLINI, J.; TESSARO, D.; GONÇALVES, M. S.; ORO, S. R. Lodo de esgoto e cama de aviário como componente de substratos para a produção de muda de *Cedrela fissilis* e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth). Brenan. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 4, p. 121-128, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento (MAPA). Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA). **Instrução Normativa SDA Nº 17 de 21 de maio de 2007.** Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 de maio 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento (MAPA). Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA). **Instrução Normativa SDA Nº 31 de 23 de outubro de 2008.**

BRITO, L. P. S. B.; BECKMANN-CALVALCANTE, M. Z.; AMARAL, G. C.; SILVA, A. A.; AVELINO, R. C. Reutilização de resíduos regionais como substratos na produção de mudas de cultivares de alface a partir de sementes com e sem peletização. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 116, n. 1, p. 51-61, 2017.

BRITO, L., P. S.; BEZERRA, T. T.; NUNES, E. M. B.; CAVALCANTE, M. Z. B.; SIQUEIRA FILHO, J. A. Produção de mudas de *Schinopsis brasiliensis* Engler sob prévia lavagem do pó de coco e submetida a doses crescentes de fertilizante de liberação controlada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1022-1034, 2018.

BRITO, M. S.; GRIEBELER, A. M.; LIMA, C. C.; JUCOSKI, G. O.; TURCHETTO, F. Efeito de diferentes fontes de adubação sobre o crescimento inicial de plantas jovens de *Khaya grandifoliola* C. D. C. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 22, n. 10, p. e7452, 2024.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex, Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, 2012.

CALDEIRA, M. V. W.; DERLARMELINA, W. M.; LÜBE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; ALVES, A. F. Biossólidos na composição de substrato para a produção de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 77-84, 2012.

CALDEIRA, M. V. W.; DERLARMELINA, W. M.; PERONI, L.; GONÇALVES, E. O.; SILVA, A. G. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 155-163, 2013.

CÂMARA, G.; SIMÕES, R.; RUIVO, H. M.; ANDRADE, P. R.; *et al.* Desafios do cumprimento da NDC brasileira no bioma Amazônia. **Revista Centro Brasileiro de Relações Internacionais**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 159-177, 2022.

CAPELESSO, C. T.; GIRARDI, D.; VALMÓRBIDA, J. R.; WENDT, M. V.; NEUMANN, W. R.; KLEIN, C. Análise Física de Substratos. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc**, São Miguel do Oeste, v. 4, p. e20868, 2019.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ARAUJO, M. M.; GASPARIN, E.; FOLTZ, D. R. B. Dimensionamento amostral para avaliação de altura e diâmetro de plantas de timbaúva. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 1, e00121314, 2018.

CARVALHO, C. A.; RIBEIRO, Í. F. N.; MELO, M. R. S.; OLIVEIRA, P. M.; ANDRADE, R. A.; SILVA, D. S.; GONÇALVES, V. E. C. **O substrato orgânico favorece crescimento inicial de mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.** Caderno de Agroecologia, Anais do 2º Congresso Online Internacional de Sementes Crioulas e Agrobiodiversidade, v. 17, n. 2, 2022.

COSTA, A. L.; OLIVEIRA, V. S.; OLIVEIRA, N. A. GONÇALVES, A. C. M.; VESTENA, S. Use of sewage sludge in the production and quality of *Jacaranda mimosifolia* D. Don seedlings. **Disciplinarum Scientia, Série: Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 153-169, 2023.

COSTA, R. S.; SANTOS, O. V.; LANNES, S. C. S.; CASAZZA, A. A.; ALIAKBARIAN, B.; PEREGO, P.; RIBEIRO-COSTA, R. M.; CONVERTI, A.; SILVA JUNIOR, J. O. C. Bioactive compounds and value-added applications of cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) agroindustrial by-product. **Food Science and Tecnology**, campinas, v. 40, n. 2, p. 401-407, 2020.

DAVIDE, A. C.; MELO, L. A. Produção de mudas de candeia. In: Scolforo, J. R. S. et al. (Org.). **O manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2012. p. 43-12.

DIAS, M. J. T.; SOUZA, H. A.; NATALE, W.; MODESTO, V. C.; ROZANE, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Semina: Ciência Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2837-2847, 2012.

ESHETIE, M.; GOBEZIE, T.; MUHIE, S.; ABEBE, G. The implications of biomass and carbon sequestration of exclosure for climate change mitigation in arid areas, Sekota district, Northern Ethiopia. **Discover Environment**, Cham, v. 2, n. 85, 2024.

FARIAS, G. A.; COSTA, A. C.; COSTA, S. F.; FARIAS, G. A.; PEREIRA, P. H. F.; CABRAL JUNIOR, L. F. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em substrato contendo resíduos vegetais. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 1, p. 141-148, 2018.

FAUERHARMEL, M. **Propagação vegetativa e seleção de genótipos de *Jacaranda mimosifolia* D. Don para o enraizamento adventício de miniestacas**. 2021. 75 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2021.

FERREIRA, K. B.; SOUZA, A. M. B.; MUNIZ, A. C. C.; FERREIRA, N. B.; PIVETTA, K. F. L. Biossólido na produção de mudas de palmeira real australiana. **Acta Iguazu**, Cascavel, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 58-66, 2021.

FERREIRA, M. C.; COSTA, S. M. L.; PASIN, L. A. A. Uso de resíduos da agroindústria de banana na composição de substratos para produção de mudas de Pau Pereira. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 2, p. 120-124, 2015.

FERREIRA, P. H. F.; BARRETTO, V. C. M. TOMAZ, R. S.; FERRARI, S.; VIANA, R. S.; LOPES, P. R. M. Vermicomposto e fibra de coco como substratos sustentáveis na produção de mudas de *Corymbia citriodora*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 70262-70274, 2020.

GILBSON, E. L.; GONÇALVES, E. O.; SANTOS, A. R.; ARAÚJO, E. F.; CALDEIRA, M. V. W. Controlled-Release Fertilizer on Growth of *Melanoxylon brauna* Schott seedlings. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 26, e20180418, 2019.

GOMES, D. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 123-131, 2013.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais**. Viçosa: Editora UFV, 2011.

GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: Influence of plant attribute. **New Forests**, London, v. 43, p. 771-738, 2012.

HAYASHI, A. M.; MALAGUETTA, H.; AGOSTINI, K. Influência da remoção dos cotilédones no desenvolvimento inicial de plântulas de *Canavalia ensiformis* e *Phaseolus vulgaris* (Leguminosae, Papilionoidae). **Bioikos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 63-70, 2012.

HUNT G. A. **Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings**. In: Target Seedlings Symposium, Meeting of the Western Forest Nursery Associations, Roseburg, 1990. Proceedings. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service; 1990. p. 218-222.

IVANOVA, A. Economic assessment of the carbon sequestration potencial of plantation forest. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, Bristol, v. 875, 012013, 2021.

JUCOSKI, G. O.; CAMBRAIA, J.; RIBEIRO, C.; OLIVEIRA, J. A. Excesso de ferro sobre o crescimento e a composição mineral em *Eugenia uniflora* L. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 720-728, 2016.

KESHARWANI, A.; TOPPO, P.; TOPPO, S.; SINGH, L. Biomass and carbon stock in *Acacia catechu* (Khair) plantation in tropical environment. **The Pharma Innovation Journal**, New Delhi, v. 10, n. 12, p. 1226-1230, 2021.

KRATZ, D.; NOGEUIRA, A. C.; WENDLING, I.; SOUZA, P. V. D. Substrato Renováveis para Produção de Mudas de *Mimosa scabrella*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 393-408, 2015.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; SOUZA, P. V. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1103-1113, 2013.

KREFTA, S. M.; BRUN, E. J.; FACCHI, S. P.; SANTOS, L. M.; KLEIN, D. R.; KREFTA, S. C.; GERMANO, A. D.; FRIGERI, J. V. Desenvolvimento inicial de mudas de *Bauhinia variegata* L e *Ceiba speciosa* (A. St. Hil.) Ravenna em substratos à base de cama de aviário. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 1, p. 99-106, 2017.

LIMA, T. J. L.; CARVALHO, C. A.; SILVA, M. C.; MOTA, B. B.; SILVA, M. C.; OLIVEIRA, R. V.; FERREIRA, R. L. F. Influence of controlled release fertilizer on the production of *Enterolobium schomburgkii* (Benth.). **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v. 16, n. 9, p. 26-31, 2023.

LOBO, T. F.; OLHER, I.; SIQUEIRA, M. V. B. M.; OLIVEIRA, F. C. Aproveitamento de Resíduos Agroindustrial na Produção de Mudanças de Angico Vermelho. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, Anápolis, v. 10, n. 1, p. 325-338, 2021.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. vol. 1. 7 ed. Nova Odessa: Plantarum, 2016.

MADRID-AISPURO, R.; PRIETO-RUIZ, J. A.; ALDRETE, A. HERNÁNDEZ-DIAS, J. C.; WEHENKEL, C.; CHÁVEZ-SIMENTAL, J. A.; MEXAL, J. G. Alternative substrates and fertilization doses in the production of *Pinus cembroides* Zucc. in nursery. **Forests**, Basel, v. 11, n. 1, 71, 2020.

MAGGIONI, M. S.; ROSA, C. B. C. J.; ROSA JÚNIOR, E. J.; SILVA, E. F.; ROSA, Y. B. C. J.; SCALON, S. P. Q.; VASCONCELOS, A. A. Desenvolvimento de mudas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do recipiente e do tipo e densidade de substratos. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 10-17, 2014.

MARCO, R.; CONTE, B.; PERRANDO, E. R. Tamanho de recipientes e doses de fertilizante de liberação lenta na produção de mudas de *Toona ciliata*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 109-117, 2019.

MELO, L. A.; ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA, R. R.; SILVA, D. T. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. produzida em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 47-55, 2018.

MENEGHETTE, H. H. A.; LAZARINI, E.; BOSSOLANI, J. W.; PARRA, L. F.; HAYASHI, F. K. Doses de fósforo e potássio em plantas de amendoim na presença e ausência de adubação foliar. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2017.

NACANISHI, E. C. M.; NUNES, J. R. S.; MORAIS, F. F.; CORTELETE, B. C. P.; SILVA, E. F.; FERNANDEZ, J. R. C.; CASTRILLON, S. K. I. Influência de diferentes substratos e adubação no desenvolvimento de plântulas de *Triplaris catigua* A. Juss. **Revista Observatório de La Economia Latinoamericana**, Curitiba, v. 22, n. 7, p. 01-19, 2024.

NASCIMENTO, B. L. M.; STEFANUTTI, R.; OLIVEIRA, J. D.; ARAÚJO, W. C. Produção de mudas de espécies usadas na recuperação de áreas degradadas utilizando substratos à base de lodo séptico, cama de frango e esterco bovino. **Revista Caderno Pedagógico**, Curitiba, v. 21, n. 12, p. 01-24, 2024.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; PEREIRA, M. O. P.; FIOR, C. S. Influência do polímero hidroretentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais. **Interciência**, Caracas, v. 41, n. 5, p. 357-361, 2016.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; REININGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B.; PEREIRA, M. de O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 315-328, 2015.

NAZ, R.; ROBERTS, T. H.; BANO, A.; NOSHEEN, A.; YASMIN, H.; HASSAN, M. N.; KEYANI, R.; ULLAH, S.; KHAN, W.; ANWAR, Z. GS-MS analysis, antimicrobial, antioxidante, antilipoxygenase and cytotoxic activities of *Jacaranda mimosifolia* metanol leaf extracts and fractions. **PLoS ONE**, Califórnia, v. 15, n. 7, e0236319, 2020.

NUNES, A. R. A.; FERNANDES, A. M.; LEONEL, M.; GARCIA, E. L.; MAGALBO, L. A.; CARMO, E. L. Nitrogênio no crescimento da planta e na qualidade de raízes da mandioca-salsa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 242-247, 2016.

OLIVEIRA, A. L. M. C.; CASTRO, P. H. C.; BARATA, H. S.; GAMA, M. A. P.; ARAÚJO, D. G. **Desenvolvimento de Mudas de *Anacardium giganteum* Hancock. Ex. Engl. em Função de Doses de Fertilização de Liberação Controlada.** In: Manejo Fisiológicos e Nutricional de Plantas: Abordagens Práticas na Agricultura, v. 02, p. 33-24, 2024

OLIVEIRA, A. R. S.; SILVA, R. S.; GAMA, J. S. N. Utilização de caroços triturados para produção de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Magistra**, Cruz das Almas, v. 34, p. 1-10, 2024.

PADILHA, M. S.; BARETTA, C. R. D. M.; SOBRAL, L. S.; KRAFT, E.; OGLIARI, A. J. Crescimento de mudas de canafístula com o uso de adubação biológica e bioestimulante em diferentes substratos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 27, p. 95-106, 2018.

PEREIRA, A. C. C.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; SAMPAIO JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, J. A.; SANTOS, F. S.; MAZUR, N. Comportamento da *Cordia africana* Lam. cultivada em solo contaminado por metais pesados e tratado com materiais amenizantes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, p. 329-336, 2013.

PEREIRA, L. M.; REIS, G. M. F.; DIAS, M. A. N.; MILHOMEM, A. M.; MARQUES, R. B.; SARAIVA, K. F.; SANTOS, A. F.; SOUZA, P. B. Análise do crescimento e desenvolvimento inicial de mudas de *Jacaranda cuspodifolia* sob diferentes substratos. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 22, n. 3, p. e3595, 2024.

RAMOS, F. R.; FREIRE, A. L. O.; FRANÇA, G. M. Crescimento e acumulo de biomassa em mudas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore) sob estresse hídrico e adubação potássica. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 213-221, 2021.

RIBEIRO, Í. F. N.; CARVALHO, C. A.; ANDRADE, R. A.; SOUZA, F. C.; BRITO, R. S.; TEIXEIRA JUNIOR, D. L.; NASCIMENTO, M. M. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n.11, e87101119390, 2021.

RIBEIRO, R. R.; BRUN, F. G. K.; BRUN, E. J.; MEZZALIRA, C. C.; FRIGOTTO, T.; NAVROSKI, M. C.; SOUZA, M. A. M. Desenvolvimento e nutrição de mudas de acácia-

negra (*Acacia mearnsii* de Wild. De Wild.) em substratos a base de cama de aviário. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, Lages, v. 17, n. 1, p. 36-44, 2018.

ROCHA, J. H. T.; GONÇALVES, J. L. M.; GODINHO, T. O.; SOUZA FILHO, L. F. S. **Nutrição e fertilização com enxofre e uso de gesso em plantações de eucalipto**. Circular técnica. n. 208. IPEF: Piracicaba, 2015.

RODRIGUES, J. C. W.; BERGAMIN, A. C.; CAMPOS, M. C.; C.; SILVA, M. N. S.; GONDIM, P. J. S.; et al. Substratos alternativos na produção de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Revista Eletrônica Interdisciplina**, Barra do Garças, v. 16, n. 3, p. 290-302, 2024.

RODRIGUES, T.; CARVALHO, C. A.; LIMA, T. J. L.; ANDRADE, R. A.; BRITO, R. S.; SILVA, M. C. Influência de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de *Enterolobium schomburgkii* Benth. 9º Congresso Florestal Brasileiro, v. 1, n. 1, 591, 2022.

ROUBUSTE, T. R.; MISSIO, E. L.; STEFFEN, G. P. K.; MALDANER, J.; MORAIS, R. M. de; SALDANHA, C. W. Produção de Mudanças de *Euterpe edulis* Mart.: Fertilizante de Liberação Controlada e Volumes de Substratos. In: **Ciências Agrárias: Cenários Atuais de Inovações e Debates**, Arco Editora, p. 74-91, 2020.

SÁENZ, R. J. T.; VILLASEÑOR, R. F. J.; MUÑOZ, F. H. J.; RUEDA, S. A.; PRIETO R. J. A. **Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán**. ed. 17. SAGARPA/INIFAP/CIRPAC: Uruapan. 2010. 48 p.

SANTOS, J. M. S.; PEIXOTO, C. P.; ALMEIDA, A. T.; OLIVEIRA, E. R.; VIEIRA, E. L.; PEREIRA, V. S. Índices Fisiológicos de Girassol em Consórcio com Forrageira no Sistema Integração Lavoura-Pecuária. **Revista Concilium**, Paris, v. 22, n. 2, p. 441-450, 2022.

SANTOS, S. H.; VIEIRA, C. R.; MOREIRA, L. L.; BOTELHO, R. A.; COSTA, P. P. Calagem e adubação fosfatada no crescimento de mudas de jacarandá. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 2, n. 9, p. 01-20, 2024.

SILVA, R. F.; MARCO, R.; ROS, C. O.; ALMEIDA, H. S.; ANTONIOLLI, Z. I. Influência de diferentes concentrações de vermicomposto no desenvolvimento de mudas de Eucalipto e Pinus. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, e20160269, 2017.

SILVA, R. F.; ROS, C. O.; ANTONIOLLI, Z. I.; GROLLI, A. L.; SCHEID, D. L.; BERTOLLO, G. M.; MISSIO, E. L. Crescimento e tolerância de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* Vell. Cultivadas em solos contaminados com zinco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 979-986, 2018.

SMIDERLE, O. J.; MONTENEGRO, R. A.; SOUZA, A. G.; CHAGAS, E. A.; DIAS, T. J. Container Volume and Controlled-Release Fertilizer Influence the Seedling Quality of *Agonandra brasiliensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 50, e62134, 2020.

SMIDERLE, O. L.; SOUZA, A. G. Production and quality of *Cinnamomum zeylanicum* Blume seedlings cultivated in nutrient solution. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 11, n. 2, p. 104-110, 2016.

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G.; CHAGAS, E. A.; ALVES, M. S.; FAGUNDES, P. R. O. Parâmetros de crescimento e curva de absorção de nutrientes de mudas de mogno africano com e sem solução nutritiva. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, Viçosa, v. 8, n. 4, p. 83-91, 2018.

SOARES, C. R. F. S.; GRAZZIOTTI, P. H.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J. G.; MOREIRA, F. M. S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 339-348, 2001.

SOARES, I. D.; PAIVA, A. V.; MIRANDA, R. O. V.; MARANHO, Á. S. Propriedades físico-químicas de resíduos agroflorestais amazônicos para uso como substrato. **Nativa**, Sinop, v. 2, n. 3, p. 155-161, 2014.

SOBRINHO, S. P.; GONÇALVES, A. O.; LUZ, P. B. Crescimento de mudas de mangabeira em diferentes volumes e composição de substratos. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 6, n. 1, p. 254-265, 2024.

SOUSA, H. G. A.; DUARTE, V. B. R.; BORGES, A. V. S.; SOUZA, P. B. Ambientes na emergência e desenvolvimento de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) G. Nichols. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 18, n. 3, p. 276-281, 2019.

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; SCHIEDECK, G. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 66, p. 75-82, 2011.

STÜPP, Â. M.; NAVROSKI, M. C.; FELIPPE, D.; KNISS, D. D. C.; AMANCIO, J. C.; SILVA, M. A.; PEREIRA, M. O. Crescimento de mudas de *Mimosa scabrella* Benth em função de diferentes tamanhos de recipientes e doses de fertilizante. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 2, p. 40-47, 2015.

SUGUINO, E.; MARTINS, A. N.; MINAMI, K.; NARITA, N.; PERDONÁ, M. J. Efeito da porosidade do substrato casca de pinus no desenvolvimento de mudas de grumixameira. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 643-648, 2011.

TSAKTSIRA, M.; TSOULPHA, P.; SCALTSOYIANNES, A. E. A. Mitigation of Global Climate Change through Genetic Improvement of Resin Production from Resinous Pine: The Case of *Pinus halepensis* in Greece. **Sustainability**, Basel, v. 15, n. 10, p. 8052, 2023.

VALOTO, B. **Uso de fontes de fósforo e silício em arroz inundado**. 2021. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais. 2021.

VAZ, V. M.; GONÇALVES, D. S.; SOUZA, P. B. Influência da casca de arroz carbonizada no desenvolvimento de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Uniciência**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 76-80, 2018.

VIÇOSI, K. A.; GARCIA, G. O.; ZUCOLOTO, M.; BERILLI, S. S. Biossólido na composição do substrato para produção de mudas de porta-enxerto cítrico. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA**, Maringá, v. 17, n. Especial, 12254, 2024.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. dos S. Avaliação de substratos na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Revista Brasileira Multidisciplinar**, Araraquara, v. 18, n. 2, p. 153-166, 2015.

WALTER, L. S.; GONÇALVES, M. F.; KRATZ, D.; STUEPP, C. A. Growth and Quality of Yerba Mate Seedlings Affected by Fertilizer Doses in South Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 65, e22210394, 2022.