



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO
MARANHÃO CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

BRUNA ALVES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO EM ÁRVORES MATRIZES DE *Eucalyptus pellita* NA
PRODUÇÃO E ENRAIZAMENTO DE MACRO-ESTACAS EM VIVEIRO.**

Imperatriz-MA
2024

BRUNA ALVES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO EM ÁRVORES MATRIZES DE *Eucalyptus pellita* NA
PRODUÇÃO E ENRAIZAMENTO DE MACRO-ESTACAS EM VIVEIRO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-UEMASUL, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Joabel Raabe

Imperatriz-MA

2024

S586i

Silva, Bruna Alves da

Influência da adubação em árvores matrizes de eucaliptus pellita na produção e enraizamento de macro-estacas em viveiro. / Bruna Alves da Silva. – Imperatriz, MA, 2024.

40 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2022.

1.Silvicultura do eucalipto. 2.Propagação vegetativa. 3.Enraizamento - macroestacas. 4.Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 674.031.883

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

BRUNA ALVES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO EM ÁRVORES MATRIZES DE *Eucalyptus pellita* NA
PRODUÇÃO E ENRAIZAMENTO DE MACRO-ESTACAS EM VIVEIRO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-UEMASUL, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Joabel Raabe

Aprovado em:



Documento assinado digitalmente

JOABEL RAABE

Data: 20/08/2024 09:33:06-0300

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

Prof. Dr. Joabel Raabe

Doutor em Ciências

Florestais

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-UEMASUL

(Orientador)



Documento assinado digitalmente

PATRICIA FERREIRA CUNHA SOUSA

Data: 20/08/2024 09:29:12-0300

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

Prof. Dr. Patrícia Ferreira Cunha Sousa

Doutorado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas)

(Membro)

Documento assinado digitalmente



DALTON HENRIQUE ANGELO

Data: 20/08/2024 10:23:44-0300

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

Prof. Dr. Dalton Henrique Angelo

Doutor em Ciências Florestais

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-UEMASUL

(Membro)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, força constante em meus momentos diários e razão da minha perseverança. Do início ao fim desta jornada, a sua presença se fez constante em todas as minhas ações. Nos momentos de escuridão, você me apresentou a sua luz, e quando me deparei com o impossível, mostrou-me que nada é impossível para ti. Grande é a tua fidelidade para mim.

Agradeço à minha família, em especial minha mãe e minha irmã, vocês foram e continuam sendo meu suporte, quero compartilhar minhas mais sinceras gratidões, pelo apoio incondicional e por serem meu maior exemplo de garra. A alegria de vocês é a minha força. Também quero destacar meu amor pelos meus cachorros, que são minha paixão e meu conforto ao chegar em casa.

Ao meu noivo, deixo um agradecimento especial. Você foi muito mais do que um companheiro nesta caminhada. Espero compartilhar a minha vida ao seu lado, e que o nosso futuro seja de plenitude em paz, alegria e amor. Nosso amor é como o poema "Bilhetes" de Mario Quintana, onde pequenas notas de afeto e simplicidade revelam a profundidade de nossos sentimentos e a beleza de nosso cotidiano juntos

Ao meu Professor Orientador, Joabel Raabe, expresso minha profunda gratidão pela orientação dedicada não somente neste trabalho de conclusão de curso, mas também por todo o apoio oferecido ao longo da minha jornada acadêmica. Sua competência e dedicação diária tornaram-se um grande exemplo de profissionalismo para mim. É uma honra ter tido o prazer de caminhar ao seu lado e fazer parte do LATECMA.

Agradeço à Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMMARH) de Imperatriz-MA, onde tive a oportunidade de estagiar e ter meu primeiro contato com atividades relacionadas à minha graduação. Também expresso meus profundos agradecimentos à empresa Suzano SA, em especial a meus colegas de trabalho. Desde meus primeiros passos como aprendiz e, posteriormente, como estagiária superior, encontrei na Suzano SA o maior suporte para minha maturidade e aprendizado profissional.

RESUMO

O gênero *Eucalyptus* é notável por sua adaptabilidade a diversas condições, rápido crescimento e múltiplos usos. No entanto, poucos estudos exploram técnicas de resgate, manejo e produção de mudas clonais para testes genéticos e conservação de germoplasma. Nesse contexto, este estudo visa avaliar a influência da adubação mineral de árvores matrizes de *Eucalyptus pellita* na produção de brotações e posterior enraizamento das macro-estacas em viveiro. O experimento foi conduzido em duas etapas, uma em campo, na fazenda Rodominas que se localiza na cidade de Bom Jesus das Selvas. Onde primeiramente foram realizadas as atividades de alocação, adubação, abate e resgate de material vegetativo, na etapa posterior as atividades foram realizadas em viveiro de pesquisa localizado na fazenda Boa Fé, Cidelândia-MA. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com dois tratamentos: árvores adubadas e árvores não adubadas, com cinco repetições, cada repetição consistiu em 5 árvores, totalizando 25 árvores por tratamento e 50 árvores no total. As variáveis analisadas incluíram a produção de macroestacas, o enraizamento, e a massa seca e verde das raízes, com análises em diferentes períodos de resgates (45 e 60 dias). Para a obtenção dos resultados, foram empregadas estatísticas descritivas, como média e desvio padrão. Posteriormente, foi utilizado o teste t de Student para a comparação de médias e a ANOVA de dois fatores para verificar a interação entre os tratamentos e o tempo. Os resultados para produção de macro-estacas demonstraram que não houve diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos tratamentos adubados e não adubados, tanto dentro de cada período (45 e 60 dias) quanto na comparação entre esses períodos. Para o enraizamento, foi observado que aos 45 dias após o abate, o tratamento adubado apresentou melhor média de melhor enraizamento; no entanto, aos 60 dias, não houve diferença significativa. Em relação a massa verde e seca das raízes, as análises revelaram que a adubação teve um impacto significativo, aumentando a massa das raízes em ambos os casos. Os resultados encontrados são relevantes para o manejo de adubação em árvores matrizes visando o resgate de material vegetativo. Dessa forma, embora a adubação não tenha influenciado a produção de macroestacas, foi significativa para o enraizamento, o que justifica seu uso. Esses achados também servem de base para pesquisas futuras.

Palavras-chave: *Eucalyptus*; propagação vegetativa; enraizamento.

ABSTRACT

The Eucalyptus genus is notable for its adaptability to diverse conditions, rapid growth and multiple uses. However, few studies explore techniques for rescuing, managing and producing clonal seedlings for genetic testing and germplasm conservation. In this context, this study aims to evaluate the influence of mineral fertilization of Eucalyptus pellita mother trees on the production of shoots and subsequent rooting of macro-cuttings in a nursery. The experiment was conducted in two stages, one in the field, on the Rodominas farm located in the city of Bom Jesus das Selvas. Where initially the activities of allocation, fertilization, slaughter and rescue of vegetative material were carried out, in the subsequent stage the activities were carried out in a research nursery located on the Boa Fé farm, Cidelândia-MA. A completely randomized experimental design (DIC) was used with two treatments: fertilized trees and unfertilized trees, with five replications, each replication consisted of 5 trees, totaling 25 trees per treatment and 50 trees in total. The variables analyzed included the production of macrocuttings, rooting, and the dry and green mass of the roots, with analyzes in different rescue periods (45 and 60 days). To obtain the results, descriptive statistics were used, such as mean and standard deviation. Subsequently, Student's t test was used to compare means and two-way ANOVA to verify the interaction between treatments and time. The results for the production of macro-cuttings demonstrated that there were no statistically significant differences between the averages of the fertilized and unfertilized treatments, both within each period (45 and 60 days) and in the comparison between these periods. For rooting, it was observed that at 45 days after slaughter, the fertilized treatment showed a better rooting average; however, at 60 days, there was no significant difference. In relation to the green and dry mass of the roots, the analyzes revealed that fertilization had a significant impact, increasing root mass in both cases. The results found are relevant for the management of fertilization in parent trees aiming to rescue vegetative material. Therefore, although fertilization did not influence the production of macrocuttings, it was significant for rooting, which justifies its use. These findings also serve as a basis for future research.

Keywords: Eucalyptus; vegetative propagation; rooting.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 O gênero <i>Eucalyptus</i>.....	14
3.2 Seleção de árvores matrizes e resgate de brotação.....	15
3.3 Propagação vegetativa	16
3.4 Principais fatores que influenciam o enraizamento das macroestacas.....	17
3.4.1 Fatores intrínsecos ao material de origem.....	18
3.4.2 Fatores exógenos.....	19
3.5 Importância da nutrição mineral em árvores matrizes.	19
4 MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 Localização e caracterização da área de estudo	20
4.1.1 Fazenda Rodominas	20
4.1.2 Viveiro de pesquisa Boa Fé	21
4.2 Delineamento experimental.....	22
4.3 Etapas da pesquisa	23
4.3.1 Seleção das árvores matrizes.....	25
4.3.2 Adubação	25
4.3.3 Abate e resgate do material vegetativo	27
4.3.4 Produção das mudas.....	28
4.4 Avaliação.....	30
4.4.1 Produção de macroestacas.....	30
4.4.2 Enraizamento das macroestacas	31
4.4.3 Matéria verde e seca das raízes	31

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Produção de macroestacas	31
5.2 Enraizamento das macroestacas	34
5.3 Matéria verde e seca das raízes.....	35
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus*, destaca-se por sua ampla adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, rápido crescimento e sua vasta abundância de usos. No estudo conduzido por Wilcken *et al.* (2008), o eucalipto foi introduzido em solo brasileiro no ano de 1904, com a finalidade de produção de dormentes, postes e lenhas. No entanto, depois de anos de pesquisas apresentou ampla versatilidade, sendo empregado como fonte de energia, na indústria de celulose e papel, como quebra-ventos em plantios, na extração de óleos essenciais e outros.

Em virtude das potencialidades do gênero *Eucalyptus* e os muitos avanços tecnológicos desse mercado, justificam-se a crescente de estudos relacionados ao desenvolvimento de técnicas para o resgate, manejo e produção de mudas clonais. Isso, para a continuidade de testes genéticos e posterior multiplicação dos genótipos superiores em plantios comerciais e conservação de germoplasma.

Conseqüentemente, devido às técnicas de clonagem aplicadas em sua propagação, as florestas de eucalipto tornaram-se mais homogêneas, produtivas e resistentes às mais diversas pragas. Para Assis e Mafia (2007), a clonagem torna viável a produção de uma matéria prima com maior uniformidade, o que significa ganho econômico do ponto de vista industrial, proporcionando amplos ganhos, na redução de custos com foco na qualidade dos produtos.

Para a transferência dessas características desejáveis, recomenda-se a produção das mudas através da reprodução assexuada, no qual entra a propagação vegetativa. Ela permite a seleção de materiais com características genéticas iguais da planta matriz (Guirra *et al.*, 2021).

Hartmann *et al.* (2011), explicam que a propagação clonal de material vegetativo por enraizamento de estacas é influenciada por diversos fatores, que podem agir isoladamente ou em conjunto. Esses fatores incluem as condições fisiológicas da árvore matriz, a época e posição de coleta, a juvenilidade do material e a idade da planta matriz, entre outros.

Esse é um desafio que ressalta a necessidade de novas pesquisas para sanar essa questão. Em resposta, métodos recentes de manejo de resgate e enraizamento de brotações surgem como alternativa para suprir essa demanda. Nesse contexto, dos diversos fatores apresentados, um dos principais determinantes para um baixo enraizamento de estacas, é relativo ao estado nutricional da árvore matriz. Uma planta com composição nutricionalequilibrada irá aumentar a capacidade de produção de propágulos predispostos ao

enraizamento (Lopes et al., 2019).

Embora, a nutrição mineral e o enraizamento adventício estejam intimamente relacionados, o assunto é complexo, visto que a formação de raízes em estacas inclui múltiplas fases e poucos estudos têm distinguido a relação entre a nutrição mineral e as fases da rizogênese (Picolotto et al., 2015).

Os constituintes para um bom enraizamento estão atrelados principalmente a fatores internos da planta matriz. Segundo Vale (2003), os teores de reservas e nutrientes devem estar em níveis adequados, uma vez que, o estado fisiológico da árvore matriz influenciará diretamente no metabolismo dos brotos para iniciação radicular.

Sendo assim, é fundamental prestar especial atenção à nutrição da planta matriz, visando atender às exigências nutricionais necessárias para o processo de rizogênese adventícia (Cunha *et al.*, 2009). Apesar da importância da adubação no cultivo de árvores matrizes, ainda existem lacunas significativas no conhecimento científico sobre os efeitos específicos e sua influência no enraizamento de macroestacas em viveiro.

Pereira e Peres (2016) destacam que, embora os nutrientes minerais sejam reconhecidos por promover um bom enraizamento, ainda é necessário compreender melhor o efeito de cada nutriente e as faixas ideais para o processo de rizogênese. De acordo com cada espécie, esses parâmetros devem ser ajustados ao material genético, considerando as variações entre procedências e espécies.

Embora a tecnologia clonal tenha avançado significativamente, proporcionando resultados cada vez mais promissores na propagação vegetativa, ainda há uma carência de pesquisas que permitam sua aplicação mais eficiente na cultura do eucalipto. Esta pesquisa aborda questões conhecidas, mas não comumente implementadas nos procedimentos operacionais de manejo para o resgate vegetal e formação de mudas.

Especificamente, é necessário determinar se os efeitos observados são significativos a ponto de justificar sua implementação em maior escala. Portanto, este estudo visa preencher essas lacunas, fornecendo dados quantitativos que possam orientar futuras práticas de manejo e otimização da adubação em árvores matrizes.

Desse modo, espera-se que a adubação mineral das árvores matrizes resulte em melhorias tanto na quantidade das brotações quanto no enraizamento das macroestacas em viveiro. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da adubação mineral de árvores matrizes de *Eucalyptus pellita* na produção de brotações e no posterior enraizamento das macroestacas em viveiro. A meta foi determinar padrões operacionais que aprimorem o manejo nas atividades de resgate de material e produção de mudas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da adubação mineral de árvores matrizes de *Eucalyptus pellita*, quanto a produção de brotações e posterior enraizamento das macro-estacas em viveiro.

2.2 Objetivos específicos

Propor metodologia prática para a adubação de árvores de *Eucalyptus* visando melhorias na produção de brotos e enraizamento de macroestacas em viveiro.

Comparar a quantidade de macroestacas produzidas entre os tratamentos, bem como, o enraizamento das macroestacas aos 45 e 60 dias após o abate, bem como realizar uma comparação entre os períodos de resgate do material vegetativo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O gênero *Eucalyptus*

O eucalipto pertence à divisão *Angiospermae*, classe *Dicotyledonea*, ordem *Myrtales*, família *Myrtaceae* e gênero *Eucalyptus*. O gênero *Eucalyptus* possui cerca de 600 espécies (Oliveira *et al.*, 2021). As espécies florestais deste gênero são as mais importantes para a indústria de base florestal, por serem utilizadas pelos principais segmentos industriais, inclusive em substituição a outras espécies florestais como pinus (Júnior; Colodette, 2013).

As principais espécies cultivadas no Brasil são: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus saligna* e o *Eucalyptus urophylla*, além dos híbridos, como o *Eucalyptus urograndis* (*E. grandis* X *E. urophylla*) (Ferreira; Manuel; Belini, 2017).

A espécie *Eucalyptus pellita* tem sido amplamente utilizada em diversos estudos, conforme destacado por Zanatta *et al.*, (2010), principalmente por apresentar características desejadas pelo setor de base florestal, tendo excelente forma de fuste, apresenta estrutura reta até meia altura da copa, além disso pode superar 40 m de altura; e 1 m de diâmetro a altura do peito, alcançando entre 13 e 15 metros de altura em apenas três anos e meio.

A importância da cultura do eucalipto para o Brasil pode ser avaliada pela participação do setor florestal na economia do país, apoiado por incentivos fiscais ao reflorestamento, e pelos Programas Nacionais de Siderurgia a Carvão Vegetal e de Celulose e Papel (Santos; Auer; Junior, 2001). Outro fator bastante apontado pelo sucesso da cultura levantado por Paludzyszyn Filho e Santos (2013) trata-se da gama de usos, grande disponibilidade, e orientações técnicas de plantio, sanidade, condução e colheita.

Em face da enorme disponibilidade de indicações e orientações técnicas de como plantar, proteger, conduzir e colher, o produtor sente-se mais seguro para investir nessa cultura. Reis e Reis (1997), destacam que um dos aspectos que promovem a relevância do cultivo do *Eucalyptus* spp é a capacidade de regeneração da espécie. Essa habilidade provém de lignotúberes e gemas adventícias, que ficam localizadas na base da árvore de um grande número das espécies de eucalipto. O *Eucalyptus* apresenta uma ampla plasticidade e dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em diferentes situações edafoclimáticas, extrapolando àquelas das regiões de origem (Santos; Junior, 2001)

Adicionalmente, é possível acrescentar que a cultura do eucalipto permite a obtenção de novas plantas mais adaptadas com o uso de cruzamentos entre diferentes

espécies. O *Eucalyptus urograndis* é um exemplo de híbrido resultante da combinação entre o *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (Valadares; Ladau; Maia, 2020).

Para além, Valadares, Ladau e Maia (2020) mencionam que por seu alto potencial econômico, preferencialmente ocupam os grandes maciços florestais no Brasil, sendo que seu potencial é destacado em razão da sua boa adaptação a diferentes condições e rápido crescimento.

3.2 Seleção de árvores matrizes e resgate de brotação

Nos termos da lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a árvore matriz é definida como indivíduo fornecedor de material de propagação, do qual é responsável por preservar as características genéticas da planta de origem.

Os critérios de seleção das árvores matrizes ou plantas elites, dependem principalmente da finalidade de uso do material. Dessa maneira, pode uma característica ser considerada de grande valia ou não de acordo com a empregabilidade final do material. No entanto alguns atributos são quase sempre empregados no momento da seleção desses indivíduos, com destaque aos dendrométricos, tais como: diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (Ht) e volume. Outros fenotípicos, como a forma do fuste, forma da copa, persistência de bifurcações; além da resistência à presença de pragas e doenças, também podem ser utilizados (Santos; Xavier; Leite, 2006; Resende; Alves, 2021).

No entanto, Baccarin (2012) enfatiza que, dentro do programa de melhoramento genético, para a produção de uma floresta clonal com alto padrão de qualidade e produtividade, é necessário que todas as etapas sejam realizadas, as quais englobam desde a seleção das árvores matrizes, o resgate do material vegetativo, e a produção de mudas clonais em larga escala e por fim, a formação dos povoados florestais.

As matrizes selecionadas são propagadas vegetativamente, via estaquia, e plantadas em áreas de multiplicação clonal (atuais jardins clonais) (Higashi; Silveira; Gonçalves, 2000). Desta forma, as matrizes selecionadas são multiplicadas assexuadamente formando clones. O processo de multiplicação começa com o resgate do material superior (Pereira *et al.*, 2015).

Após a seleção, resgate e multiplicação assexuada, os novos indivíduos passam a ser classificados como clones. Esse processo é também conhecido como resgate do material superior. Para tanto, o próximo passo após a seleção da matriz é a promoção de

seu rejuvenescimento para se obterem brotos fisiologicamente aptos ao enraizamento (juvenis) (Alfenas *et al.*, 2009).

Após a seleção das melhores matrizes com idade geralmente de 3 anos, de acordo com as metas definidas de escolha, os indivíduos são derrubados em corte raso e deixados para rebrotar. Com corte feito em altura de 15 a 20 cm acima do solo, após em média 55 dias posterior ao abate o material vegetativo originado da rebrota é resgatado e utilizado na formação das minicepas em mini-jardim clonal e futuramente utilizado na multiplicação áreas clonais, é nesse momento de formação das mudas que são observados a capacidade de rebrota do material, assim como capacidade de enraizamento em viveiro (Floriano, 2004; Moura; Guimarães, 2003)

As mudas para plantio em minijardins vêm de matrizes selecionadas de diversas maneiras, geralmente a partir de estacas coletadas de árvores abatidas com cerca de 3 anos de idade (Floriano, 2004).

No campo, para facilitar a coleta de brotações com viabilidade para o processo de enraizamento e juvenilidade do material, o método comumente empregado em escala comercial é o corte raso das árvores matrizes, que permitirá a emissão de brotações juvenis e concomitante a perpetuação das informações genéticas para os novos propágulos (Souza; Wendling; Rosa; 2003; Navroski *et al.*, 2015).

Quando uma árvore é cortada ou queimada, surgem brotações do tronco cortado ou das raízes já estabelecidas, crescendo com mais vigor do que as mudas do sub-bosque (Navroski *et al.*, 2015). A coleta das brotações é feita com tesouras de poda e, sempre que possível, deve ser realizada nas primeiras horas da manhã para reduzir a perda de água por transpiração devido à menor temperatura e insolação (Wendlinger *et al.*, 2017).

3.3 Propagação vegetativa

A propagação vegetativa consiste em multiplicar assexuadamente partes de plantas (células, tecidos, órgãos ou propágulos), originando indivíduos geralmente idênticos à planta- mãe (Ferrari; Grossi; Wendling, 2004).

Floriano (2004), reitera que a reprodução vegetativa ou assexuada, ocorre através da capacidade de uma parte do material vegetal se regenerar, formando novos indivíduos geneticamente idênticos ao do material de origem. Essa é uma capacidade chamada de totipotência, baseada exclusivamente no processo de mitose.

A totipotência não se manifesta da mesma maneira em todas as espécies de plantas, sendo mais ou menos intensa nos diferentes tipos de células e sendo ativada por diferentes condições, dependendo da espécie (Floriano, 2004). A reprodução por vias vegetativas resulta em uniformidade de crescimento, forma, qualidades tecnológicas, bem como uma série de outras características selecionadas ou não (Assis; Júpiter; Aguiar, 1996). A propagação vegetativa através de estacas enraizadas está sendo largamente utilizada por diversas companhias florestais, devido aos altos ganhos genéticos obtidos em curto espaço de tempo, tanto em volume quanto em qualidade da madeira (Moura; Guimarães, 2003).

No Brasil, a propagação vegetativa ou clonagem teve início com a produção de mudas em escala comercial, tornando-se uma ferramenta essencial para o aumento da produtividade das florestas plantadas no país. Com a utilização de espécies principalmente do gênero *Eucalyptus*, essa técnica representa um avanço de grande potencial para os programas de melhoramento genético florestal. A importância é confirmada quando a maioria das florestas plantadas atualmente são oriundas dessa metodologia, proporcionando homogeneidade, produtividade e qualidade no produto final (Stuart *et al.*, 2018; Wendling *et al.*, 2021).

No entanto, a produção de mudas realizadas através da propagação vegetativa, encontra diversos desafios, onde é necessário a obtenção de brotos viáveis com boa capacidade de enraizamento, com dependência ligada principalmente a fatores de origem genética da planta mãe. Assim como o grau de nutrição da planta de origem, juvenildade em que se encontram as brotações, horário de coleta do propágulo, por substâncias de crescimento aplicadas em viveiro, sanidade do material coletado etc. (Ferrari; Grossi; Wendling, 2004; Wendling, 2003).

Wendling (2003) reitera que de modo geral a propagação vegetativa, apresenta uma gama de vantagens, proporcionando mudas para plantios que apresentam boa uniformidade, alta produtividade, indivíduos resistentes às mais diversas condições ambientais, e resistência a pragas. No entanto, muitos são os fatores de influência na produção dessas mudas para a sua disseminação em campo.

Para mais, o sucesso da propagação requer conhecimentos relacionados ao material vegetal, ao ambiente e à manipulação química de substâncias, além da habilidade técnica que somente é adquirida com a prática e a experiência de especialistas (Peixoto, 2017).

3.4 Principais fatores que influenciam o enraizamento das macroestacas

A produção de raízes em estacas é um processo anatômico e fisiológico complexo, associado a desdiferenciação e ao rendimento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação dos meristemas que darão origem às raízes adventícias (Alfenas *et al.*, 2009)

Segundo Alfenas *et al.* (2009), a macroestaquia é uma técnica que consiste na obtenção de brotos a partir de touças de árvores em condições de campo, distinguindo-se da miniestaquia pelo local de coleta. Na miniestaquia, a coleta é realizada em um mini-jardim clonal, utilizando estacas de até 10 cm de comprimento e com 2 a 3 pares de folhas inteiras. Em contraste, as estacas na macroestaquia possuem entre 8 e 12 cm de comprimento, apresentam apenas um par de folhas e têm sua área foliar reduzida em 50%.

Para Silva *et al.* (2022) o conceito de qualidade de enraizamento de muda é muito amplo, visto que pode variar em função dos objetivos, da espécie, das condições nutricionais da árvore matriz, do manejo em viveiro, etc. Conforme destacado por Alfenas *et al.* (2009), os aspectos nutricionais, hormonais e ambientais, juntamente com a expressão gênica, são fatores-chave na indução da rizogênese.

O sucesso na porcentagem de enraizamento é determinado por um complexo de interação entre ambientais e fatores endógenos (Oliveira *et al.*, 2001). A importância de se conhecerem os efeitos dos fatores que afetam a formação de raízes e suas implicações está relacionada ao sucesso ou fracasso da produção de mudas via enraizamento adventício (Cunha *et al.*, 2009).

3.4.1 Fatores intrínsecos ao material de origem

Os fatores endógenos referem-se a condições intrínsecas ao material genético, podendo estes influenciarem diretamente no potencial genético de enraizamento das estacas em viveiro. Tais como o conteúdo de água, teor de reservas e de nutrientes e o nível hormonal na ocasião da coleta das estacas (Oliveira *et al.*, 2001). Com destaque para as condições nutricionais da planta matriz (Alfenas *et al.*, 2009; Xavier; Wendling; Silva, 2009).

Plantas bem nutridas, sem sintomas de deficiência nutricional ou hídrica, em geral, fornecem estruturas de propagação de melhor qualidade (Carvalho; silva, 2012). Os efeitos dos nutrientes minerais no crescimento e produção são usualmente estudados em termos das suas funções no metabolismo das plantas (Zabolim; Ventura, 2016). Dessa forma, plantas com um bom fornecimento de nutrientes por parte do solo garantem um

superior desenvolvimento da parte aérea e da sua raiz (Nascimento, 2018).

3.4.2 Fatores exógenos

Alguns fatores que podem influenciar o enraizamento não estão diretamente relacionados às condições da planta-matriz ou das estacas, mas sim ao ambiente onde os propágulos serão acondicionados para o enraizamento (Fronza; Hamman, 2015).

Todavia, outros fatores ainda se fazem relacionados ao enraizamento do material vegetativo. Os diferentes tipos de substratos podem afetar o número de estacas enraizadas e a qualidade do sistema radicular destes propágulos, um bom substrato é capaz de prover condições de retenção de água suficiente para evitar acúmulo excessivo, evitar ambiente adequado de formação de patógenos, além disso, uma água com baixa salinidade e livre de agentes patogênicos, podem estes podem retardar os processos rizogênicos (Fronza; Hamman, 2015; Moura; Guimarães, 2003).

Os fatores abióticos (temperatura, luz, umidade) são os que mais influenciam (Moreno *et al.*, 2024). A temperatura é um dos principais fatores para o sucesso na propagação por estaquia. Temperaturas muito elevadas causam uma perda excessiva de água no propágulo, causando a desidratação das estacas (Fronza; Hamman, 2015).

3.5 Importância da nutrição mineral em árvores matrizes.

Os elementos essenciais, requeridos para a nutrição das plantas possuem funções específicas no metabolismo desses organismos, assim como no processo de enraizamento adventício de propágulos. Dessa forma, estes quando requeridos em maiores quantidades são classificados como macronutrientes, ou em menores quantidades sendo denominados de micronutrientes (Cunha *et al.*, 2009; Dechen; Nachtigall, 2007).

De maneira geral Malavolta (2006) apresenta que os nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), são requeridos pelas plantas em maior quantidade, por isso, classificados como macronutrientes. Já os micronutrientes, que são exigidos em quantidades inferiores, são: ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B) molibdênio (Mo) e cloro (Cl) (Mendes, 2007).

Cunha *et al.*, (2009) destaca que os nutrientes envolvidos em processos metabólicos e atividades meristemáticas são essenciais para a iniciação radicular. Elementos como nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre, boro, zinco e molibdênio desempenham

um papel crucial na síntese de proteínas e ácidos nucleicos, sendo fundamentais para o desenvolvimento saudável das raízes.

Cálcio, ferro, cobre e manganês são cruciais na fase de indução do enraizamento. Durante a formação das raízes, cálcio, ferro, cobre, boro, manganês e zinco são vitais para a formação da parede celular, lignificação e alongamento celular, essenciais para o desenvolvimento do sistema radicular. A ausência do enxofre provoca distúrbios metabólicos na planta provocando diminuição nas atividades de fotossíntese e queda na síntese de proteínas (Cunha *et al.*, 2009; Vitti *et al.*, 2006).

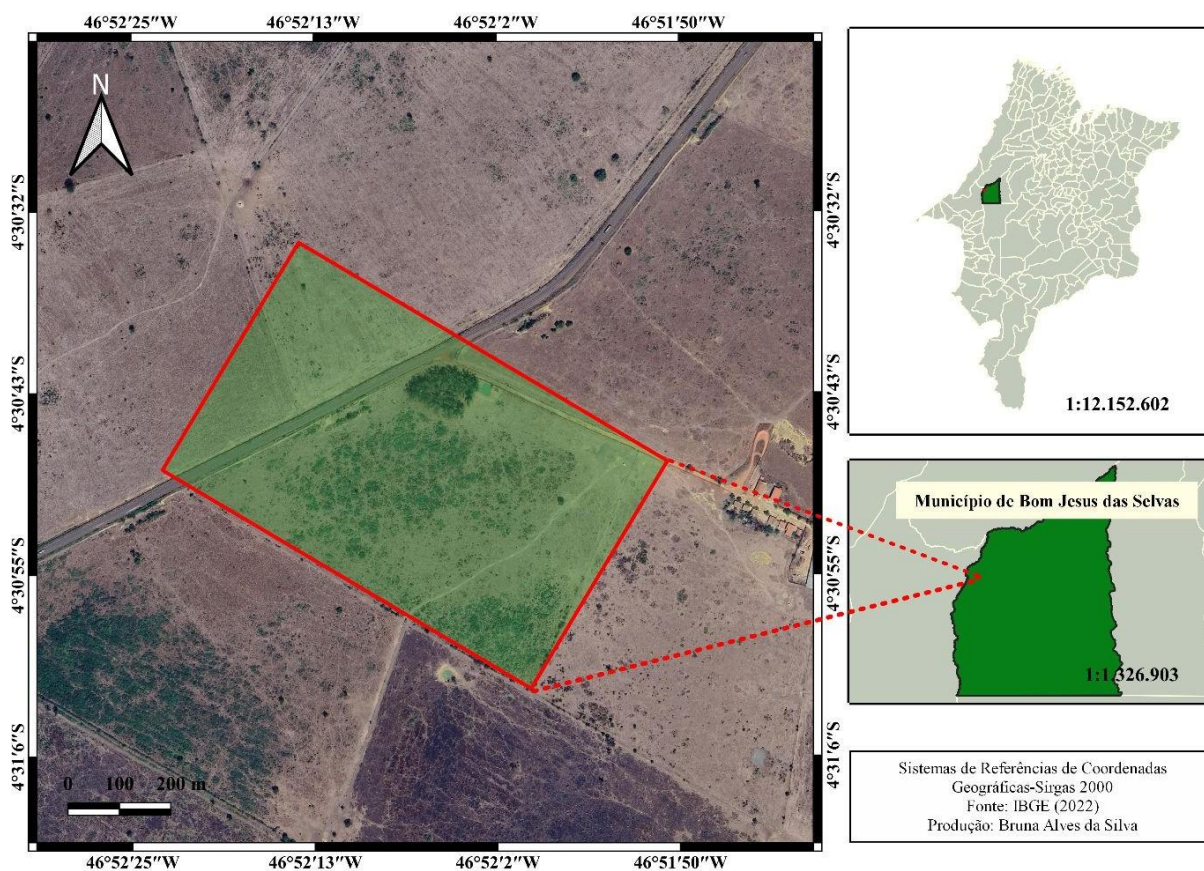
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

4.1.1 Fazenda Rodominas

O experimento foi conduzido em duas etapas distintas, com a primeira etapa sendo realizada em povoamento de caráter experimental, área pertencente a empresa Suzano SA, localizado na Fazenda Rodominas, no Município de Bom Jesus das Selvas, MA (4°36'48.5"S 46°54'34.5"W) (Figura 1). O município de Bom Jesus das Selvas, localizado nas margens da BR-222, na região oeste Maranhense, próximo ao rio Pindaré, caracteriza-se por apresentar clima tropical úmido, com variação de temperatura média anual entre em 25°C e 26°C (CRPM, 2011, p. 31). Segundo a classificação de Koppen o município apresenta clima tropical com estação seca (AW), com médias superiores a 203,8 mm.

Figura 1- Mapa de Localização da Fazenda Rodominas, Bom Jesus das Selvas-MA.

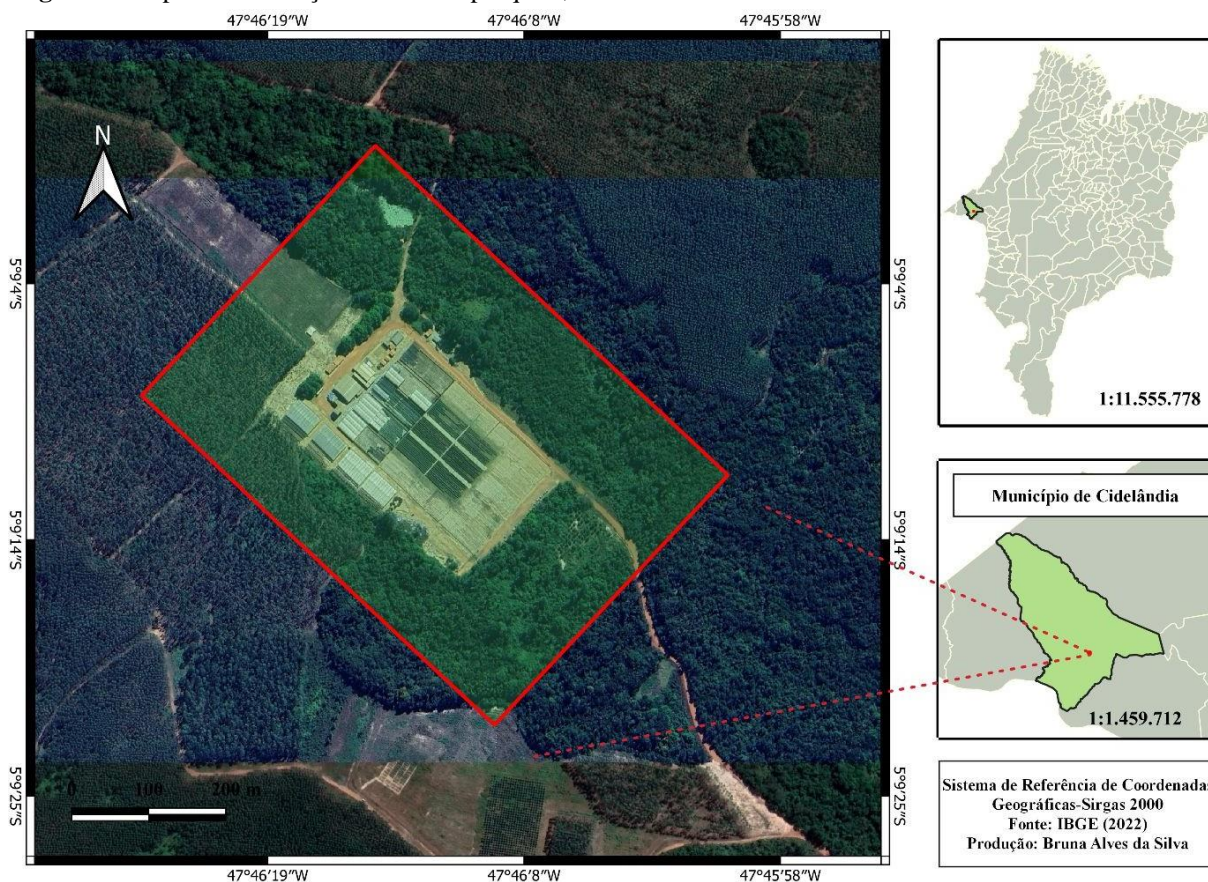


Fonte: Autora (2024).

4.1.2 Viveiro de pesquisa Boa Fé

Na segunda etapa, os materiais de propagação coletados foram transportados para o viveiro de pesquisa, situado na Fazenda Boa Fé, na cidade de Cidelândia- MA, conforme as coordenadas geográficas ($5^{\circ}09'10.1''S$ $47^{\circ}46'12.3''W$) (Figura 2). O ambiente fornece todas as condições necessárias para o desenvolvimento do estudo experimental, sendo equipado com um espaço para estaqueamento e casa de vegetação, onde é possível realizar controle de diversas variáveis definidoras de um bom enraizamento, como: temperatura, umidade do ar, luminosidade e sistema de irrigação.

Figura 2- Mapa de localização Viveiro de pesquisa, Cidelândia-MA.

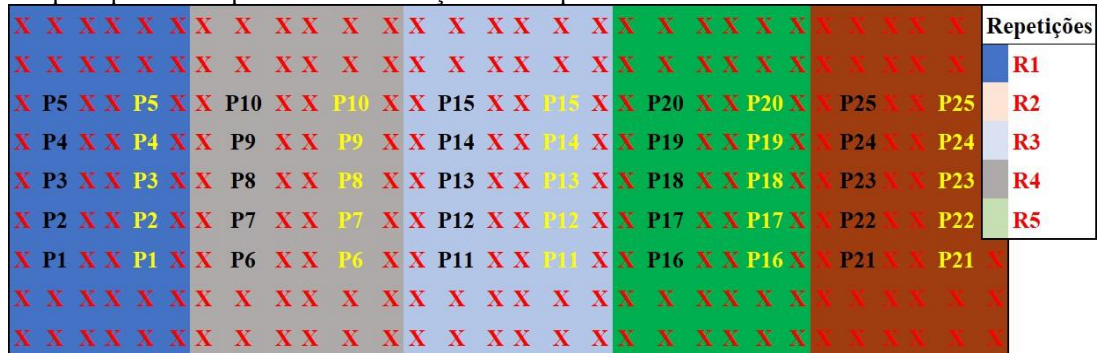


4.2 Delineamento experimental

Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) composto por dois tratamentos: Tratamento 1, com árvores adubadas, e Tratamento 2, com árvores sem adubação. Com cinco repetições por tratamento, totalizando 10 parcelas experimentais. Cada repetição consistiu de 5 árvores adubadas e 5 árvores não adubadas, resultando em um total de 25 árvores por tratamento e 50 árvores no total.

Além disso, para garantir a precisão dos resultados, foi implementada uma margem de segurança entre as repetições. Dessa forma, o experimento contou com 270 árvores no total, das quais 50 eram árvores úteis para o experimento, e as demais foram utilizadas como bordas. A Figura 3 ilustra a disposição das árvores no experimento.

Figura 3- Croqui experimental para teste de adubação em campo.

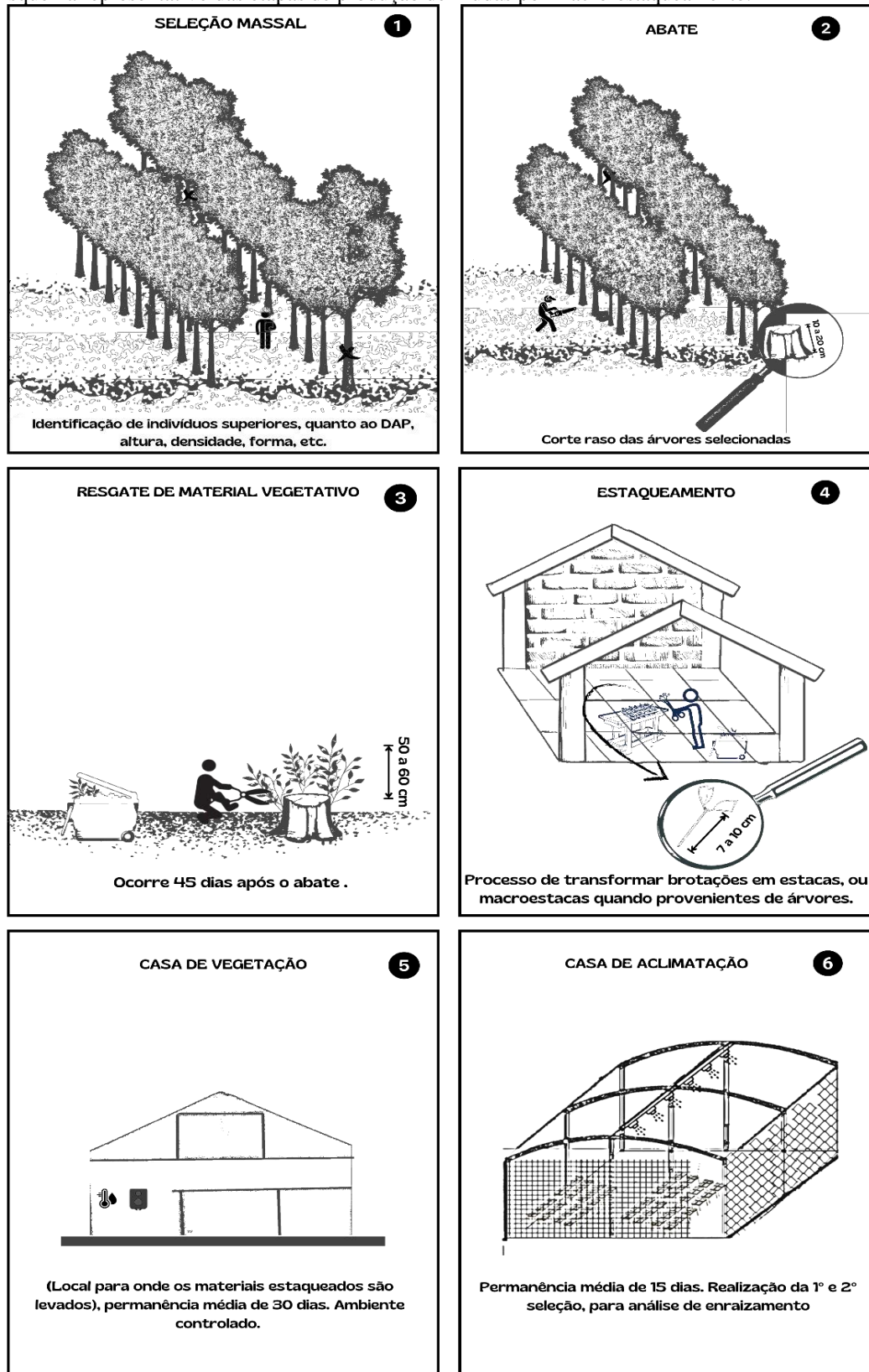


Fonte: Autora (2024).

4.3 Etapas da pesquisa

O teste foi conduzido em duas etapas distintas, conforme mencionado anteriormente. A primeira etapa foi composta de três fases: i) seleção das árvores matrizes; ii) alocação experimental e adubação; iii) abate e coleta de material vegetativo. A segunda etapa consistiu na produção das mudas. Ambas as etapas (1 e 2) estão resumidamente demonstradas em esquema (Figura 4).

Figura 4-Esquema representativo das etapas de produção de Mudas por macro-estaqueamento.



Fonte: Autora (2024).

4.3.1 Seleção das árvores matrizes

Nos testes de seleção massal, as árvores passam por um processo classificatório para identificar indivíduos superiores em termos de forma, altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e densidade da madeira. Consequentemente, as árvores selecionadas apresentam um espaçamento considerável entre si.

No entanto, para este teste, foi escolhida uma área específica onde as árvores apresentavam padrões médios dos critérios quantitativos e qualitativos adotados para a seleção massal, visando facilitar a coleta de dados (Figura 5). Assim, todas as árvores foram alocadas dentro do mesmo perímetro. A área selecionada possui árvores com idade semelhante ao padrão de avaliação da empresa, aproximadamente 3 anos.

Figura 5-Seleção de árvores superiores: A- avaliação de caracteres fenotípicos, como forma do caule; copa; etc. B- Medição de DAP.



Fonte: Autora (2024)

Legenda: A- Medição de DAP; B- avaliação de caracteres fenotípicos, como forma do caule; copa; etc.

4.3.2 Adubação

Posteriormente a seleção, os indivíduos foram adubados, com distribuição da nutrição ao redor da planta, na projeção da copa. Sendo priorizados fertilizantes solúveis para otimizar a solubilização e absorção das árvores. Estes foram pesados previamente e

levados juntos em um único saco plástico (por planta) para aplicação juntamente com a solução de micronutrientes (Figura 6). A adubação ocorreu em forma de lua, envolta ao raio de sombreamento da copa da árvore (Figura 6). Os adubos foram aplicados 15 dias antes do corte das árvores.

Figura 6- Procedimentos de adubação.



Fonte: Autora (2024).

Legenda: A- medição do raio de adubação; B- adubação da árvore matriz.

O quadro 1 estabelece a dosagem de cada fertilizante utilizado. As dosagens utilizadas seguem faixas indicadas pela assessoria da empresa RR Agroflorestral, indicadas para a cultura de espécies do gênero *Eucalyptus*. Além disso, devido a distância que frequentemente ocorre entre as árvores selecionadas como matrizes, a análise de solo para essa atividade torna-se inviável para a maioria das empresas. Portanto, não foi utilizada no teste em questão.

Quadro 1- Dosagem utilizada para adubação de árvores para posterior coleta de brotos.

Fertilizante	Dose por cepa (gramas)
Fosfato monoamônico- MAP	100
Cloreto de potássio	100
Nitrato de cálcio	250
Sulfato de magnésio	100
Sulfato de amônio	80
Solução de micronutrientes	300 ml
Solução de micronutrientes	
fertilizante	Dose recomendada para 50 litros de água
ácido bórico	2,5 kg
Sulfato de Zn	1,7 kg
Sulfato de Cu	1,7 kg

Fonte: Consultoria RR Agroflorestral (2024).

4.3.3 Abate e resgate do material vegetativo

Após 15 dias da aplicação de adubação, os indivíduos de ambos os tratamentos foram abatidos, em corte raso (Figura 7). O corte foi feito com motosserra, tendo o cuidado de evitar danos à casca da cepa remanescente, o que pode afetar a emissão de brotações (Alfenas et al., 2009).

Figura 7- Processo de Abate das Árvores para experimento de adubação.



Fonte: Autora (2024).

Legenda: A-abate das árvores em corte raso; B-Cepa ou toco.

Referente ao resgate do material vegetativo, foram determinados dois períodos: 45 e 60 dias após o abate das árvores. Aos 45 dias após o abate, foram realizados os primeiros resgates, nesse período as brotações atingiram uma média de 50 a 60 cm, tamanho ideal para a produção de macroestacas conforme os procedimentos operacionais da empresa. Quinze dias depois, totalizando 60 dias após a adubação e 15 dias após o primeiro resgate, foi realizada a segunda coleta. Este intervalo mais curto ocorre porque as novas brotações se formam mais rapidamente, beneficiando-se da estrutura estabelecida e dos nutrientes disponíveis.

A coleta ocorreu em período matinal, a fim de reduzir a evapotranspiração das macroestacas. Durante o processo, o material coletado foi armazenado em caixas de isopor contendo água fria, para minimizar a perda da turgescência celular dos tecidos vegetais.

Conforme relatado por Brondani *et al.* (2009) que aconselha que as macroestacas coletadas devem ser armazenadas em boas condições que garantam a sua sobrevivência. Nesse sentido, foi utilizado uma caixa de isopor contendo gelo na porção inferior, recoberto por papel toalha, seguindo os devidos padrões, para o transporte das cepas até o viveiro (Figura 8).

Figura 8-Resgate de matrizes no campo.



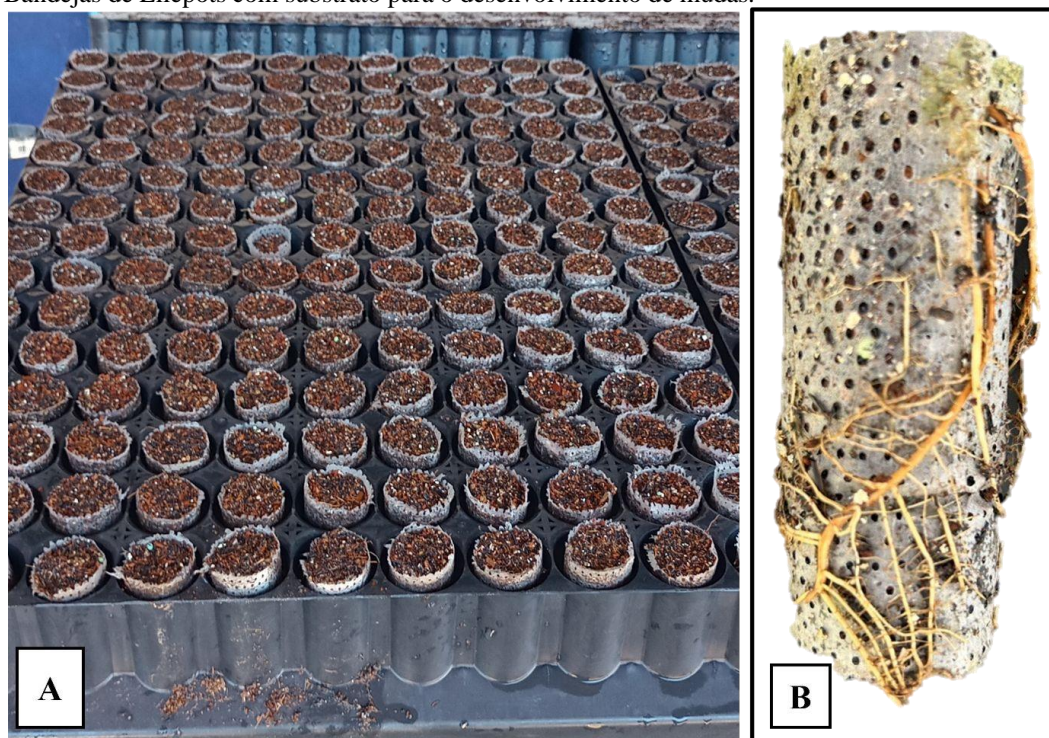
Fonte: Autora (2024).

Legenda: A- Brotação; B-acondicionamento do material vegetativo.

4.3.4 Produção das mudas

Antes do processo de estaqueamento, procedeu-se à atividade de preparo do substrato. Esta etapa é fundamental para garantir que as macroestacas tenham um ambiente adequado para enraizar e desenvolver-se de forma saudável. O substrato utilizado tinha em sua composição fibra de coco, vermiculita e casca de arroz queimada, além dos fertilizantes super simples e Basacote, na proporção de 4 kg de super simples para 1 kg de Basacote e 2 sacos de substrato, cada um pesando 20 kg. Para o acondicionamento do substrato e estaqueamento foi empregado o sistema Ellepot no lugar dos tradicionais tubetes (Figura 9).

Figura 9 - Bandejas de Ellepots com substrato para o desenvolvimento de mudas.



Fonte: Autor (2024)

Legenda: A- Bandeja de Ellepots, com acondicionamento do substrato; B- Processo de enraizamento em Ellepot.

Ao chegar no viveiro, as brotações devidamente acondicionadas foram levadas à sala de estaqueamento. Lá, foram seccionadas em macroestacas, com padrões de 7 a 10 cm de comprimento e um par de folhas. A área foliar foi reduzida em 50% para proteger os brotos de desidratação. As macroestacas selecionadas tiveram como padrão um certo grau de amadurecimento de modo a sustentar a parte aérea. Por fim, foram aprofundadas de 1,5 a 2 cm no substrato. Paralelamente foram levemente pressionadas ao substrato para evitar formações de bolsão de ar (Figura 10).

Durante o processo de estaqueamento, as macroestacas foram regularmente irrigadas para reduzir a desidratação. Sendo tratadas com ácido indol butírico (AIB) misturado com talco inerte, em seguida inseridas nos Ellepots.

Figura 10-Padrão e processo de estaqueamento de macroestacas.



Fonte: Autora (2024).

Legenda: A- Processo de estaqueamento; B- Padrão de macroestacas.

Para promover os processos rizogênicos, após o estaqueamento, as bandejas foram levadas para a casa de vegetação por um período de 25 dias. Nesse ambiente, a temperatura foi mantida abaixo de 28°C, a umidade relativa em 80% ou mais, a luminosidade controlada e a irrigação feita pelo sistema Fogger (nebulização), com ciclos de 1 minuto a cada 10 minutos. O monitoramento das condições dentro da casa de vegetação foi realizado por sensores na casa de vegetação.

Após os 25 dias, as mudas foram transferidas para a casa de aclimação por um período de 15 dias, onde ocorreu a primeira e segunda seleção, analisando o enraizamento e separando o material vivo do morto. Nesse ambiente, as condições foram menos controladas, iniciando o processo de rusticificação do material vegetal. A irrigação foi feita por barra móvel, com ciclos de 5 minutos a cada 1 hora.

4.4 Avaliação

4.4.1 Produção de macroestacas

As estatísticas descritivas para a quantidade de macroestacas formadas foram calculadas separadamente para cada combinação de tratamento e período (45 e 60 dias). As análises incluíram a média, desvio padrão, mínimo e máximo para cada grupo. Para avaliar a significância das diferenças nas médias, foram realizados testes t de Student e uma Anova

de dois fatores. Os testes t de Student compararam as médias entre os tratamentos adubado e não adubado aos 45 dias e aos 60 dias, bem como entre os períodos de 45 e 60 dias para cada tratamento. A ANOVA de dois fatores foi utilizada para verificar a interação entre o tratamento e o tempo.

Para análise dos dados utilizou-se o software R, com o auxílio dos pacotes gráficos ggplot2 para geração dos gráficos de boxplot.

4.4.2 Enraizamento das macroestacas

Os dados foram submetidos a uma análise descritiva inicial, onde foram calculados as médias e os desvios-padrão de enraizamento para os tratamentos adubado e não adubado em ambos os períodos. Em seguida, foi realizado um teste t de Student para comparar as médias dos dois tratamentos. Para análise dos dados utilizou-se o software R.

4.4.3 Matéria verde e seca das raízes

As raízes foram secas em estufa a 70°C até peso constante, com pesagens regulares a cada 24 horas, utilizando uma balança digital de precisão. As raízes coletadas foram lavadas para remover o solo. A análise estatística dos dados da massa verde e seca das raízes das árvores adubadas e não adubadas foram realizadas utilizando o teste t de Student para amostras independentes. Para análise dos dados utilizou-se o software R para cálculo de médias.

Inicialmente, os dados foram organizados em dois grupos principais baseados nos tratamentos (adubado e sem adubação) e nos intervalos de tempo (45 dias e 60 dias). Para cada combinação de tratamento e tempo, foram calculadas as médias de massa verde e seca. Em seguida, o teste t foi aplicado para comparar as médias dos grupos, avaliando a significância estatística das diferenças observadas. Os resultados foram considerados estatisticamente significativos para p-valores menores que 0,05.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

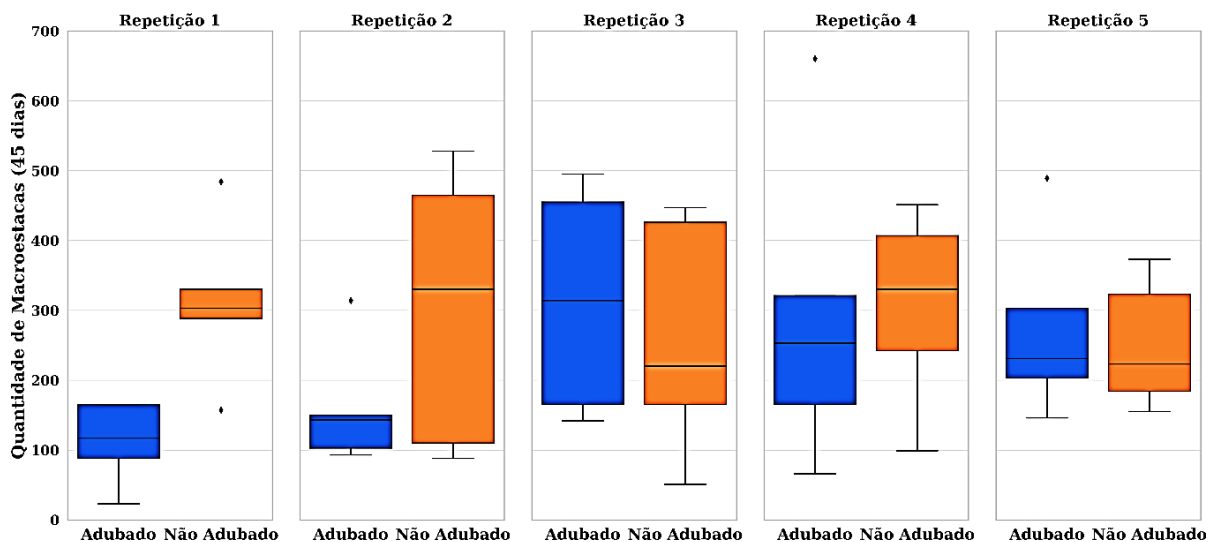
5.1 Produção de macroestacas

Na primeira avaliação, realizada com brotações coletadas após período de formação de 45 dias, observa-se que os tratamentos (adubado e não adubado) apresentaram

diferenças significativas para a quantidade de macroestacas formadas. As estatísticas descritivas para o tratamento adubado mostraram uma média de 230,76 macroestacas, com um desvio padrão de 156,13, indicando uma variabilidade considerável na produção. Com um valor mínimo de 23, enquanto o máximo chegando a 660 macroestacas formadas (Figura 10).

Para o tratamento não adubado observou-se que a média de produção de formação de macroestacas apresentou valor um pouco maior, com 287,16 macroestacas, e um desvio padrão de 138,70; também indicando variabilidade entre os dados. Os valores observados variam de 51 a 528 macroestacas (Figura 11). Dessa forma, conforme os valores encontrados e analisados estatisticamente foi possível perceber variação significativa na quantidade de macroestacas formadas, tanto entre as árvores dentro de cada repetição quanto entre as repetições do mesmo tratamento, o que é evidenciado pelo alto desvio padrão. Essa alta variação, sugere que pode haver fatores adicionais, podendo ser ambientais ou de manejo, que estão influenciando a produção de macroestacas.

Figura 11- Distribuição da quantidade de macroestacas obtidas por repetição e tratamento aos 45 dias.

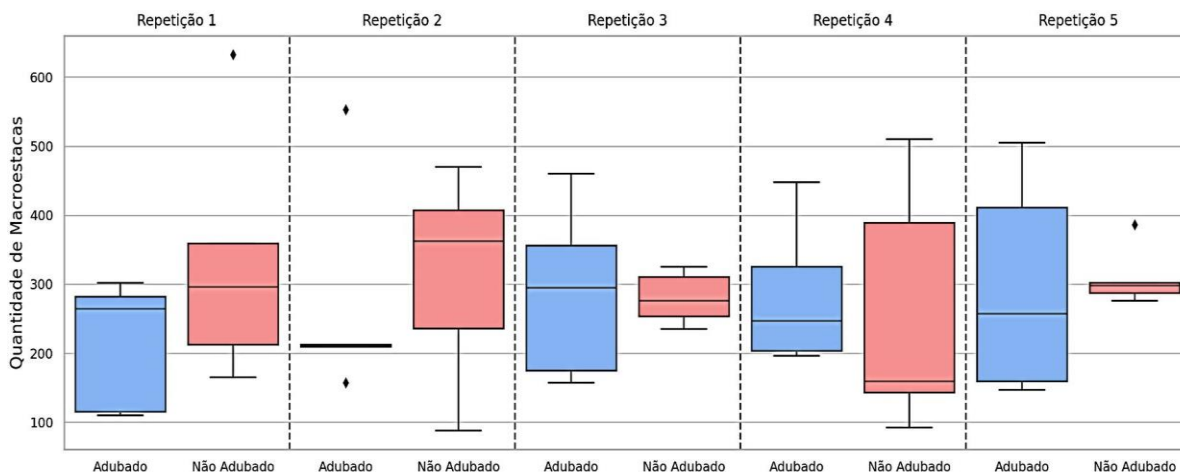


Fonte: Autora (2024)

Referente às análises do período de 60 dias, observou-se que o tratamento adubado apresentou média de 270,20 macroestacas, com um desvio padrão de 123,86 com valor mínimo e máximo de 110 e 523 macroestacas formadas respectivamente. Já o tratamento não adubado apresentou média ligeiramente maior de 298,76 macroestacas, com um desvio padrão de 127,35. Os valores variaram de 88 a 633 (Figura 12). Portanto, observa-se que ambos os tratamentos possuem médias de macroestacas formadas bem próximas, sendo

o tratamento não adubado com média ligeiramente maior. Podemos destacar que, assim como no período de 45 dias, a variabilidade dentro de cada tratamento foi significativa.

Figura 12- Distribuição da quantidade de macroestacas obtidas por repetição e tratamento aos 60 dias



Fonte: Autora (2024).

Para comparação entre as médias das quantidades de macroestacas entre os tratamentos e os períodos, utilizou-se o teste t de Student. Os resultados indicaram que não indicaram diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos tratamentos adubado e não adubado tanto aos 45 dias quanto aos 60 dias.

Especificamente, a comparação entre tratamentos adubado e não adubado aos 45 dias resultou em uma estatística t de -1,35 e um valor p de 0,183, enquanto a comparação aos 60 dias resultou em uma estatística t de -0,80 e um valor p de 0,425. Além disso, a comparação entre os períodos de 45 e 60 dias dentro de cada tratamento (adubado e não adubado) também não mostrou diferenças significativas, com valores p de 0,327 e 0,759, respectivamente.

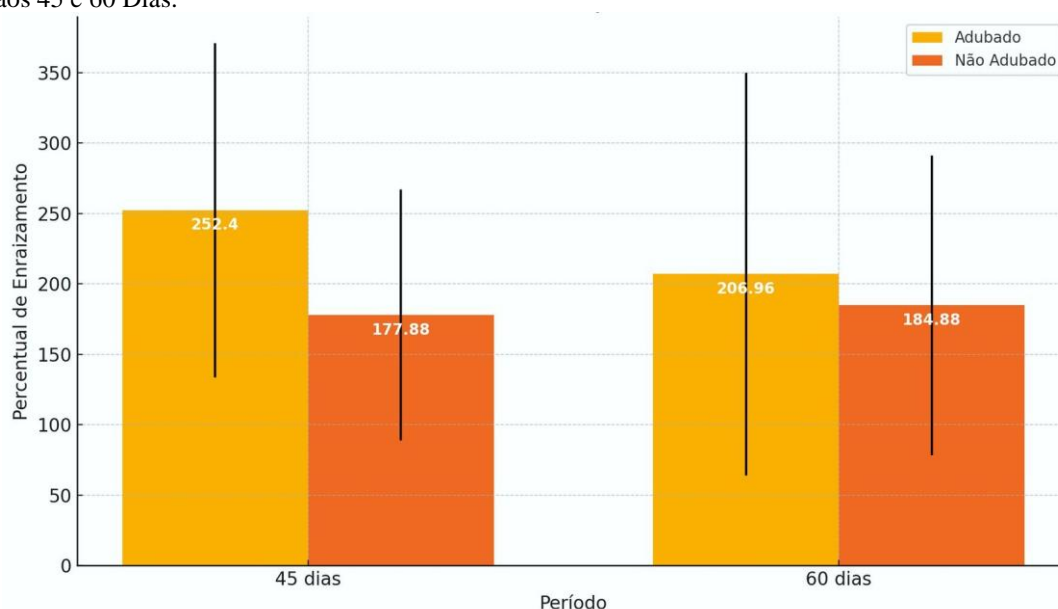
A ANOVA de dois fatores foi utilizada para verificar a interação entre o tratamento e o tempo. Os resultados indicaram que não houve efeito significativo do tratamento ($p = 0,125$) ou do tempo ($p = 0,354$) na quantidade de macroestacas formadas. Além disso, não houve interação significativa entre o tratamento e o tempo ($p = 0,613$), sugerindo que o efeito do a quantidade de macroestacas não é influenciada pela combinação do tratamento e do período de tempo.

Estudos futuros podem explorar a dinâmica de absorção de nutrientes ao longo do tempo e investigar combinações de nutrientes que possam manter o efeito benéfico da adubação por períodos mais longos.

5.2 Enraizamento das macroestacas

Para as macroestacas coletadas aos 45 dias, a média de enraizamento no tratamento adubado foi de 252,4 Enquanto no tratamento não adubado foi de 177,88 (Figura 11) . O teste t indicou uma diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos ($t = 2,51$; $p = 0,015$), rejeitando a hipótese de que não há diferença entre os tratamentos. Para as macroestacas coletadas aos 60 dias, a média de enraizamento no tratamento adubado foi de 206,96 , comparado a 184,88 no tratamento não adubado (Figura 13). O teste t para este período não indicou uma diferença significativa entre os tratamentos ($t = 0,64$; $p = 0,526$)

Figura 13- Comparação das Médias do Número de Macroestacas Enraizadas entre Tratamentos Adubado e Não Adubado aos 45 e 60 Dias.



Fonte: Autora (2024).

Os resultados da análise estatística indicam que a adubação teve um efeito positivo significativo no enraizamento das macroestacas aos 45 dias após o abate. A maior média de enraizamento no tratamento adubado sugere que a adubação proporcionou melhores condições para o enraizamento nesse período inicial. Contudo, aos 60 dias, não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, indicando que o efeito benéfico da adubação não se manteve ao longo do tempo.

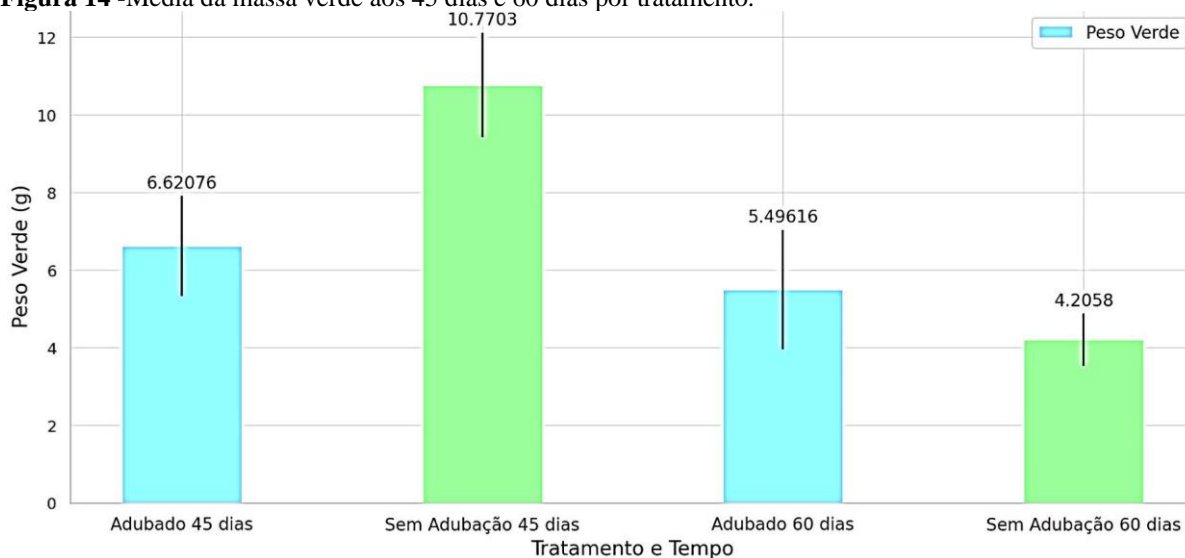
A maior média de enraizamento no tratamento adubado sugere que a adubação em no campo proporcionou condições nutricionais favoráveis para os brotos, resultando em macroestacas mais nutridas e com melhor capacidade de enraizamento. Este achado suporta a

hipótese de que a adubação da planta mãe pode melhorar a qualidade dos brotos e, consequentemente, do processo de enraizamento das macroestacas.

5.3 Matéria verde e seca das raízes

Os resultados da análise estatística revelaram que o tratamento com adubação teve um impacto significativo na massa verde das raízes. Aos 45 dias, a média da biomassa verde das árvores adubadas foi significativamente maior (6,62) em comparação com as árvores não adubadas (5,50), com um p-valor de 0,0073. Aos 60 dias, essa diferença se tornou ainda mais pronunciada, com médias de 10,77 para as árvores adubadas e 4,21 para as não adubadas, apresentando um p-valor menor que 0,0001 (Figura 14).

Figura 14 - Média da massa verde aos 45 dias e 60 dias por tratamento.



Fonte: Autora (2024).

Em relação a massa seca, não houve diferença significativa aos 45 dias entre os tratamentos (p-valor de 0,7636). No entanto, aos 60 dias, a massa seca das raízes das árvores adubadas (2,55) foi significativamente maior do que o das não adubadas (1,11), com um p-valor menor que 0,0001. Esses resultados indicam que a adubação promoveu um maior acúmulo de biomassa tanto verde quanto seca nas raízes ao longo do tempo.

Os resultados, demonstram que a adubação não só promove um crescimento inicial mais robusto, mas também sustenta um desenvolvimento contínuo e significativo das raízes ao longo do tempo, reforçando a importância da adubação para a otimização do crescimento radicular em viveiros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, a produção de macro-estacas não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos adubado e não adubado, tanto aos 45 quanto aos 60 dias após o abate das árvores. No entanto, a adubação teve um impacto positivo significativo no enraizamento das macro-estacas aos 45 dias, com maior número médio de macro-estacas enraizadas. Aos 60 dias, essa diferença não foi significativa, porém, a adubação aumentou o peso verde e seco das raízes em ambos os períodos.

O estudo indica que a adubação é mais eficaz para o enraizamento das macro-estacas, proporcionando efeito mais pronunciado quanto mais tempo a planta matriz contempla-se de adubação, melhorando a biomassa radicular. No entanto, não é necessária para aumentar a produção total de macro-estacas. Melhorias podem ser alcançadas ajustando formulações, doses ou até mesmo implementando outras práticas de manejo. A adubação, portanto, deve ser considerada principalmente para melhoria do enraizamento em macro-estacas.

REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2009. 500 p.

ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. **Hibridação e clonagem**. In: BOREM, A. Viçosa, MG: Editora Suprema, 2007. p. 93-121.

ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. **Melhoramento genético do eucalipto**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte (Brasil), v. 18, p. 32-51, 1996.

BACCARIN, F. J. B. **Métodos para resgate, conservação e multiplicação em larga escala de matrizes de Eucalyptus benthamii Maiden & Cambage**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. DOI:

BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. **Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências**. [Diário Oficial da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 5 ago. 2003.

BRONDANI, G. E. et al. **Propagação vegetativa de E. benthamii x E. dunnii por miniestaquia**. 2009. Disponível em : <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/657551>. Acesso em: 18 de jul. 2024.

CARVALHO, J. M. F. C.; SILVA, MM DE A. **Plantas matrizes na propagação vegetativa**. 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/62105/1/Doc242.pdf>. Acesso em: 22 de jul. 2024.

CRPM. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão**: relatório diagnóstico do município de Bom Jesus da Selva. Teresina, PI. 2011, 31p. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/15391/1/rel-bom_jesus_selvas.pdf. Acesso em: 21 de jun .2024.

CUNHA, A. C. M. C. M. *et al.* **Influência do estado nutricional de minicépas no enraizamento de miniestacas de eucalipto**. Revista Árvore, v. 33, p. 607-615, 2009.

CUNHA, A. C. M. C. M. *et al.* **Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas**. Pesquisa Florestal Brasileira, n. 58, p. 35-35, 2009.

REIS, G. G.; REIS, M.G. F. **Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas**. Série técnica IPEF, v. 11, n. 30, p. 9-22, 1997.

FERNANDES, S. J. O.; *et al.* **Período de enraizamento de miniestacas de eucalipto provenientes de diferentes lâminas de irrigação em minijardim**. Ciência Florestal, v. 28, p. 591-600, 2018.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22 p.

FERREIRA, E. A.; MANUEL, R. O.; BELINI, CMB. **Melhoramento florestal e biotecnologia**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional SA, 2017.

FLORIANO, E. P. **Produção de mudas florestais por via assexuada**. Santa Rosa, 2004. 37 p.

GUIRRA, B. S. *et al.* **Nutrição da planta matriz determina a qualidade de propágulos**. Minas Gerais. Caderno de Ciências Agrárias, v. 13, p. 1-6, 2001.

HARTMANN, H. T. *et al.* Hartmann and Kester's **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915 p.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de Eucalyptus: princípios básicos e a sua evolução no Brasil**. Circular técnica IPEF, v. 192, p. 1- 11, 2000.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Anual**. 2023. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>. Acesso em: 31 maio.2024.

JÚNIOR, D. L.; COLODETTE, J. L. **Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 33, n. 76, p. 429-438, 2013.

LOPES, A. S. *et al.* **Efeitos da nutrição mineral, coleta de brotações e ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento e histologia de miniestacas de Eucalyptus urophylla S. T. Blake**. Piracicaba, SP: Scentias florestalis. 2019. v. 47, n. 123, p. 482-493.

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

MENDES, Alessandra Monteiro Salviano. **Introdução a fertilidade do solo**. 2007.

MORENO, I. C. M. *et al.* **Enraizamento de estacas apicais e basais de amora-preta em diferentes estádios de desenvolvimento**. 38° Reunião Nordestina de Botânica, 2024.

MOTTA, L. **Evolução da produção de eucalipto (Eucalyptus spp. e outros gêneros, Myrtaceae)**. 2020.

MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. **Produção de mudas de Eucalyptus para o estabelecimento de plantios florestais**. 2003.

NAVROSKI, M. C. *et al.* **Resgate e propagação vegetativa de Sequoia sempervirens**. Floresta, v. 45, n. 2, 2015.

OLIVEIRA, E. B. *et al.* **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e**

desenvolvimento. 2021. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1131510>. Acesso em 26 de jul. 2024.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. **Escolha de cultivares de eucaliptos em função do ambiente e do uso**. 2013.

PEIXOTO, P. H. P. **Propagação das plantas: Princípios e práticas**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017.

PEREIRA, F. B.; PERES, F.S.B. **Nutrição e enraizamento adventício de plantas lenhosas**. Irati, PR. v. 36, n. 87, 2016.

PEREIRA, M.O. *et al.* **Resgate vegetativo e propagação de cedro-australiano por estaquia**. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 50, p. 282-289, 2015.

PICOLOTTO, L. *et al.* **Enraizamento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz**. Revista Ceres, v. 62, p. 294-300, 2015.

RESENDE, M. D.V.; ALVES, R. S. **Genética: estratégias de melhoramento e métodos de seleção**. 2021.

RESENDE, R. T.; OLIVEIRA, A.B.L.; LEITE, H.G. **Eucalipto: do plantio à colheita**. 1. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2022. E-book. Disponível em: <http://plataforma.virtual.com.br>. Acesso em: 31 maio.2024.

SANTAROSA, E. PENTEADO J., J. F.; GOULART, I. C. G. R. **Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 138 p.

SANTOS, Á. F.; AUER, C. G.; & GRIGOLETTI, J. A. (2001). **Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle** (Circular Técnica, No. 45, pp. 1-20). Colombo: Embrapa.

SANTOS, G. A.; XAVIER, A.; LEITE, H. G. **Desempenho silvicultural de clones de Eucalyptus grandis em relação às árvores matrizes**. Revista Árvore, v. 30, p. 737-747, 2006.

SOUZA JUNIOR, L.; WENDLING, I.; ROSA, L. S. **Brotações epicórmicas no resgate vegetativo de indivíduos adultos de Eucalyptus spp.** Nova Prata, RS, 2003.

STUEPP, C. A. *et al.* **Propagação vegetativa e aplicação da silvicultura clonal em espécies arbóreas nativas do Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 53, n. 9, p. 985-1002, 2018.

VALE, M. R. do. **Enraizamento de estacas herbáceas de goiabeira (Psidium guajava L.)**. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003. 88 p.

VITTI, G. C. *et al.* **Nutrição mineral de plantas**. SBCS, Viçosa. 432p, 2006.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto por sementes**. 2.

ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017b. p. 13-46.

WENDLING, I. *et al.* **Araucária**: particularidades, propagação e manejo de plantios. 2017.

WILCKEN, C. F. *et al.* **Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto**. Botucatu, SP: FEPAF. 2008. V. 8, 25 p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. Viçosa, MG: Ed. UFV, 272 p., 2009

ZANATA, M. *et al.* **Parâmetros Genéticos e Ganhos na Seleção em Teste de Progenies de Polinização Aberta de Eucalyptus pellita**, EM BATATAIS– SP. Revista do Instituto Florestal, v. 22, n. 2, p. 233-242, 2010.