



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FITOTECNIA

**CONDUÇÃO DE MINICEPAS EM AMBIENTE DE ESTUFIM E EFEITO DO
ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO (AIB) NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS
E NA QUALIDADE DE MUDAS DE EUCALIPTO NO VIVEIRO E CAMPO**

ANA PAULA OLIVEIRA CAETANO

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
2023

ANA PAULA OLIVEIRA CAETANO

**CONDUÇÃO DE MINICEPAS EM AMBIENTE DE ESTUFIM E EFEITO DO
ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO (AIB) NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS
E NA QUALIDADE DE MUDAS DE EUCALIPTO NO VIVEIRO E CAMPO**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. D.Sc. Adalberto Brito de Novaes

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA-BRASIL
2023

C131c

Caetano, Ana Paula Oliveira.

Condução de minicépas em ambiente de estufim e efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas e na qualidade de mudas de eucalipto no viveiro e campo. / Ana Paula Oliveira Caetano, 2023.

133f. : il.

Orientador (a): D.Sc. Adalberto Brito de Novaes.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2023.

Inclui referência F. 104 - 121.

1. *Eucalyptus* spp. 2. Clones. 3. Morfoanatomia de raízes adventícias. 4. Deformações radiciais. 5. PRR. I. Novaes, Adalberto Brito de. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós- Graduação em Agronomia. III. T.

CDD. 634.97342

Catálogo na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção** – CRB 5/1890

UESB - Campus Vitória da Conquista – Ba.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista, BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CONDUÇÃO DE MINICEPAS EM AMBIENTE DE ESTUFIM E EFEITO DO ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO (AIB) NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E NA QUALIDADE DE MUDAS DE EUCALIPTO NO VIVEIRO E CAMPO".

AUTOR (A): Ana Paula Oliveira Caetano

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTORA EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:

Adalberto Brito de Novaes, D.Sc., (UESB)

Poliana Coqueiro Dias Araujo, D.Sc., (UFERSA)

Nilton José Sousa, D.Sc., (UFPR)

José Geraldo Mageste da Silva, D.Sc., (UFU)

Luís Carlos de Freitas, D.Sc., (UESB)

Data de realização: 04 de Setembro de 2023.

A minha família, amigos, professores.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, esse ser tão misterioso e fascinante, que molda nossas vidas, que faz nossos destinos percorrerem caminhos tão minuciosos, cruzando tantos outros caminhos de pessoas maravilhosas...

Ao meu pai e minha mãe, Juarez Caetano e Angélica Oliveira, pelo amor incessante, pelo companheirismo diário, pela educação, pela força e por ter me ensinado a ser sempre uma pessoa melhor. O meu maior presente é ter nascido do amor de vocês e ter crescido ao lado dos melhores pais do mundo, amo vocês da maneira mais pura e forte. Obrigada por me ajudarem quando eu comecei a trabalhar em meio ao doutorado, sem vocês eu nada serei.

As minhas irmãs, Alê Caetano e Drica Caetano, por executarem o papel de irmãs, só vocês não desistem de mim nos meus momentos mais péssimos, amo vocês.

Aos meus tios e tias pelo carinho e cuidado, obrigada.

Ao grupo mais antigo da história; Alê, Drica, Édila e Ila. Vocês não sabem como foi importante pra mim conversar com vocês quando estive longe, isso me aproximava de casa, me deixava bem. Obrigada pela amizade de anos, meninas. Nós somos pra vida toda!

Aos meus colegas de pós graduação, obrigada pelos grupos de estudo, pelo apoio durante as aulas e a jornada dentro da universidade.

Em especial, à Anne Cangussu, que me acompanha desde a graduação, que é uma das pessoas mais incentivadoras da minha carreira, além de compartilhar momentos de vida comigo.

A Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), por meio do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado;

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UESB, pelos ensinamentos. Ao Grupo do viveiro de produção de mudas PlantBem; Ian Pinheiro, Ricardo e a Ana. Obrigada por disponibilizar informações e material de propagação, espaço e pessoas para ajudarem na condução do experimento. Obrigada a Sérgio, pessoa de alma iluminada, que me tratou da melhor forma possível e me ajudou na execução do experimento, você foi um companheiro extraordinário!

Ao professor e Orientador Adalberto Brito de Novaes, obrigada pela orientação, pela contribuição durante os quatro anos de curso. Obrigada principalmente pela paciência que o senhor teve comigo por acreditar que eu poderia desenvolver um trabalho em outra área, e me acolher no Laboratório de Silvicultura.

Ao Laboratório de Silvicultura; Aldair, Ana Ruth, Ariane, Carolina, Joanna, Lucas Rafael, Ronaldo, Thalita e Vinícius. Obrigada pelo companheirismo, pela ajuda durante as análises e as execuções dos trabalhos acadêmicos. Vocês me ajudaram e me ensinaram muito, e também rimos bastante nas tardes de laboratório. Em especial, obrigada a Ana Ruth, Joana e Aldair por serem pessoas de almas tão boas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos.

Obrigada a todos que se envolveram em mais essa etapa da minha vida!

“Fundamental é mesmo o amor, é impossível ser feliz sozinho.

”Antônio Carlos Jobim

A natureza com seus caprichos e mistérios,
condensa em pequenas coisas o poder de dirigir as
grandes, nas sutis a potência de dominar as mais
grosseiras, nas coisas simples a capacidade de reger
as complexas.

Ana Primavesi

RESUMO

CAETANO, A. P. O. **Condução de minicepas em ambiente de estufim e efeito do ácido indol-3-butírico (aib) no enraizamento de miniestacas e na qualidade de mudas de eucalipto no viveiro e campo.** Vitória da Conquista-BA, UESB, 2023. 129 p. (Tese: Doutorado em Agronomia; Área de concentração: Fitotecnia).*

A presente pesquisa teve como objetivo, testar o uso de estufim durante o crescimento de miniestacas de eucalipto oriundas dos clones I144 (*Eucalyptus urophylla*) e VE41 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), e a influência de diferentes concentrações do ácido indol-3-butírico-AIB no enraizamento dessas miniestacas, visando a produção de mudas de qualidade e o seu desempenho nas condições ambientais do Planalto de Conquista. A pesquisa constou de quatro etapas: 1. Obtenção e avaliação dos propágulos, onde usou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial duplo, 2 x 2, correspondendo a dois clones (I 144 e VE 41), e dois ambientes de produção de minicepas (com e sem estufim), portanto, quatro tratamentos com cinco repetições. 2. Produção e avaliação da qualidade das mudas no viveiro; em delineamento inteiramente casualizado (DIC), fatorial triplo, 2 x 2 x 5 (0; 1.000; 2.000; 4.000 e 8.000 mg L⁻¹). 3. Determinação do potencial de regeneração de raízes, onde adotou-se os mesmos tratamentos de viveiro em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 5 repetições por tratamento. e 4. Avaliação do desempenho das mudas no campo, com delineamento experimental em blocos casualizados (DBC). Foram realizadas avaliações morfológicas e fisiológicas nas minicepas aos 25 dias após estaqueamento, avaliações de viveiro em mudas aos 90 dias de idade, PRR durante 30 dias e em plantas no campo, durante seis meses e ao final deste período. Minicepas provenientes dos clones I144 e VE41, conduzidas em ambientes com estufins, produzem maior número de miniestacas. Concentrações de AIB, próximas a 4.000 mg L⁻¹, exercem efeitos positivos no aumento do percentual de enraizamento de miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41 em ambientes com e sem estufins, promovendo melhor qualidade e desempenho de suas mudas no campo. O clone I14 apresentou as maiores médias e ritmo de crescimento em altura e diâmetro de coleto no período de seis meses no campo. Os mais baixos valores para todas as características avaliadas em viveiro e campo foram obtidos na concentração 8.000 mg L⁻¹ de AIB. Mudas com maior potencial de regeneração de raízes (PRR) foram obtidas do clone VE41, refletindo no campo, resultados satisfatórios e próximos aos encontrados para o clone anterior. Características radiciais como comprimento, profundidade e deformações radiciais exercem efeitos diretos no desempenho das plantas no campo. O potencial de regeneração de raízes (PRR), avaliado em tubos, destaca-se como um importante parâmetro indicador da qualidade e predição das mudas após o plantio.

Palavras-chave: *Eucalyptus* spp; clones; morfoanatomia de raízes adventícias; deformações radiciais; PRR

*Orientador: Prof. Dr. Adalberto Brito de Novaes, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

ABSTRACT

CAETANO, A. P. O. **Conducting mini-cuttings in a greenhouse environment and the effect of indole-3-butyric acid (aib) on the rooting of mini-cuttings and on the quality of eucalyptus seedlings in the nursery and field.** Vitória da Conquista- BA, UESB, 2023. 129 p. (Thesis- PhD's in Agronomy; Area of Concentration: Crop Science).*

The objective of this research was to test the use of stucco during the growth of eucalyptus minicuttings from clones I144 (*Eucalyptus urophylla*) and VE41 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), and the influence of different concentrations of indole-3-butyric acid -AIB in the rooting of these minicuttings, aiming at the production of quality seedlings and their performance in the environmental conditions of the Conquista Plateau. The research consisted of four stages: 1. Obtaining and evaluating propagules, using a completely randomized design (DIC), in a double factorial scheme, 2 x 2, corresponding to two clones (I 144 and VE 41), and two mini-stump production environments (with and without greenhouse), therefore, four treatments with five replications. 2. Production and evaluation of the quality of seedlings in the nursery; in a completely randomized design (DIC), triple factorial, 2 x 2 x 5 (0; 1,000; 2,000; 4,000 and 8,000 mg L⁻¹). 3. Determination of root regeneration potential, where the same nursery treatments were adopted in a completely randomized design (DIC) with 5 replications per treatment. and 4. Evaluation of the performance of seedlings in the field, with an experimental design in randomized blocks (DBC). Morphological and physiological evaluations were carried out on ministumps at 25 days after staking, nursery evaluations on seedlings at 90 days of age, PRR for 30 days and on plants in the field, for six months and at the end of this period. Ministrains from clones I144 and VE41, grown in greenhouse environments, produce a greater number of niniscuttings. Concentrations of IBA, close to 4,000 mg L⁻¹, have positive effects on increasing the rooting percentage of minicuttings from clones I144 and VE41 in environments with and without greenhouses, promoting better quality and performance of their seedlings in the field. Clone I14 presented the highest averages and growth rate in height and stem diameter over the six-month period in the field. The lowest values for all characteristics evaluated in the nursery and field were obtained at a concentration of 8,000 mg L⁻¹ of IBA. Seedlings with greater root regeneration potential (PRR) were obtained from clone VE41, reflecting satisfactory results in the field, close to those found for the previous clone. Radial characteristics such as length, depth and radial deformations have direct effects on the performance of plants in the field. Root regeneration potential (PRR), evaluated in tubes, stands out as an important parameter indicating the quality and prediction of seedlings after planting.

Keywords: *Eucalyptus* spp; clones; morphoanatomy of adventitious roots; roots; clones; root deformations; RRP

* Professor advisor: Prof. Dr. Adalberto Brito de Novaes, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estufim: ângulo lateral (A). Estufim: ângulo frontal (B).....	41
Figura 2 – Médias mensais de umidade relativa do ar (UR), temperatura (média) e acúmulo pluviométrico, no período de maio/2022 a setembro/2022. Eunápolis-BA.....	44
Figura 3 – Médias mensais de umidade relativa do ar (UR), temperatura (média) e acúmulo pluviométrico, no período de outubro/2022 a abril/2023. Vitória da Conquista- BA.....	49
Figura 4 – Percentual de sobrevivência de miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.....	55
Figura 5 – Percentual de enraizamento de miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.....	56
Figura 6 – Corte histológico na base das miniestacas dos clones I144 (A) e VE41 (B) antes do estaqueamento. Cortes transversais Id = idioblastos com óleo; Ep = epiderme; Fl = floema secundário; Md = medula; Pc = parênquima cortical; Xl = xilema secundário.....	62
Figura 7 – Micrografias de cortes histológicos da rizogênese direta (setas vermelhas) em miniestacas provenientes de minicepas conduzidas em ambiente com e sem estufins dos clones I144 (A e B, respectivamente) e VE41 (C e D, respectivamente). Rizogênese indireta (setas amarelas) em miniestacas oriundas dos clones I144 (E e F, respectivamente) e VE41(G e H, respectivamente), conduzidas em ambiente com e sem estufins. Cortes transversais.....	63
Figura 8 – Rizogênese direta e indireta em miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, em ambientes com e sem estufins.....	64
Figura 9 – Desenvolvimento em altura da parte aérea de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	66
Figura 10 – Desenvolvimento em diâmetro de colo de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	67
Figura 11 – Comportamento da variável biomassa fresca da parte aérea (BMFPA) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	70

Figura 12 – Comportamento da variável biomassa fresca da raiz (BMFR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	71
Figura 13 – Comportamento da variável biomassa seca da parte aérea (BMSPA) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	72
Figura 14 – Comportamento da variável biomassa seca da raiz (BMSR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	73
Figura 15 – Número de raízes laterais de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	75
Figura 16 – Número de raízes fisiologicamente ativas (NRFA) de mudas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	76
Figura 17 – Valores médios da altura da parte aérea de mudas oriundas dos clones I144 e VE41 no período de seis meses.....	82
Figura 18 – Ritmo de crescimento inicial em altura da parte aérea de mudas oriundas dos clones I144 e VE41 no período de seis meses.....	83
Figura 19 – Valores médios de diâmetro do coleto de mudas oriundas dos clones I144 e VE41 no período de seis meses.....	84
Figura 20 – Ritmo de crescimento inicial em diâmetro do coleto de mudas oriundas dos clones I144 e VE41 no período de seis meses.....	85
Figura 21 – Ritmo de crescimento inicial em altura de mudas oriundas do clone I144, submetidas a cinco concentrações de AIB no período de seis meses.....	86
Figura 22 – Ritmo de crescimento inicial em altura de mudas oriundas do clone VE41 submetidas a cinco concentrações de AIB no período de seis meses.....	87
Figura 23 – Ritmo de crescimento inicial em diâmetro do coleto de mudas oriundas do clone I144 submetidas a cinco concentrações de AIB no período de seis meses.....	88
Figura 24 – Ritmo de crescimento inicial em diâmetro do coleto de mudas oriundas do clone VE41 submetidas a cinco concentrações de AIB no período de seis meses.....	89
Figura 25 – Distribuição radicial de plantas oriundas do clone I144, seis meses após o plantio.....	93

Figura 26 – Distribuição radicial de plantas oriundas do clone I144, seis meses após o plantio.....	94
Figura 27 – Distribuição radicial de plantas oriundas do clone VE41, seis meses após o plantio.....	94
Figura 28 – Distribuição radicial de plantas oriundas do clone VE41, seis meses após o plantio.....	94
Figura 29 – Distribuição de raízes em quadrantes de plantas oriundas do clone I144, seis meses após plantio.....	96
Figura 30 – Distribuição de raízes em quadrantes de plantas oriundas do clone I144, seis meses após plantio.....	97
Figura 31 – Distribuição de raízes em quadrantes de plantas oriundas do clone VE41, seis meses após plantio.....	98
Figura 32 – Distribuição raízes em quadrantes de plantas oriundas do clone VE41, seis meses após plantio.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tratamentos experimentais adotados durante a condução das minicepas oriundas dos dois clones de <i>Eucalyptus</i> spp. no jardim clonal.....	39
Tabela 2 – Tratamentos experimentais adotados na produção das mudas clonais oriundas dos dois clones de <i>Eucalyptus</i> spp. no jardim clonal.....	39
Tabela 3 – Fertilizantes utilizados via fertirrigação no Mini Jardim Clonal-MJC.....	42
Tabela 4 – Fertilizantes utilizados na fertirrigação em casa de sombra e área de rustificação.....	44
Tabela 5 – Análise física da amostra de solo da área experimental (0 – 20 cm). Vitória da Conquista- BA, 2022.....	48
Tabela 6 – Análise química da amostra de solo da área experimental. Vitória da Conquista- BA, 2022.....	48
Tabela 7 – Valores médios do número de coletas (NC) e número de propágulos (NM) em minicepas oriundas dos clones I 144 e VE 41, em ambiente com e sem estufim.....	51
Tabela 8 – Valores médios do comprimento (COMP), distância entre pares de folhas (DEPF) e número de miniestacas por minicepa (NM) oriundas dos clones I144 e VE41, em ambiente com e sem estufim.....	53
Tabela 9 – Percentual de enraizamento (ENR) de miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.....	56
Tabela 10 – Percentual de calos (%calos) encontrados em miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.....	57
Tabela 11 – Valores médios de número de raízes > 3,0 cm (NR>3cm) obtidas em miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41 com e sem estufim, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.....	58

Tabela 12 – Valores médios do número total de raízes (NTR) obtidas em miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.....	59
Tabela 13 – Valores médios do comprimento da maior raiz (CMR) obtidos em miniestacas oriunda dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.....	60
Tabela 14 – Valores médios de comprimento de raízes (CM), obtidas em miniestacas oriunda dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.....	61
Tabela 15 – Valores médios de comprimento de raízes (CM), obtidas em miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, com e sem estufim, 25 dias após o estaqueamento.....	61
Tabela 16 – Valores médios do diâmetro de colo (DC) obtidas em mudas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	67
Tabela 17 – Valores médios da relação H/D, de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	68
Tabela 18 – Valores médios de biomassa fresca da parte aérea (BMFPA), de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	69
Tabela 19 – Valores médios da biomassa seca total (BMST) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	73
Tabela 20 – Valores médios da relação biomassa seca da parte aérea e biomassa seca de raiz (BMSPA/BMSR), de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	77
Tabela 21 – Valores médios do índice de qualidade de Dickson (IQD), de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	77
Tabela 22 – Valores médios do coeficiente de deformações radiciais (CDR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	78
Tabela 23 – Valores médios do coeficiente de deformações radiciais (CDR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.....	78

Tabela 24 – Valores médios do número total de raízes regeneradas (NTRR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, em ambiente com e sem estufins, submetidas à cinco concentrações de AIB, 28 dias após transplântio em tubos.....	80
Tabela 25 – Número de raízes regeneradas por quadrante (NRR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, em ambiente com e sem estufins, submetidas à cinco concentrações de AIB, 28 dias após transplântio em tubos.....	80
Tabela 26 – Número de raízes laterais, comprimento e profundidade do sistema radicial de plantas oriundas dos clones I144 e VE41, seis meses após o plantio.....	90
Tabela 27 – Número de raízes laterais, comprimento e profundidade do sistema radicial de plantas oriundas dos clones I144 e VE41 submetidas à cinco concentrações de AIB, seis meses após o plantio.....	91
Tabela 28 – Número de deformações radiciais encontradas em plantas oriundas dos clones I144 e VE41, seis meses após o plantio.....	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA	Ácido indol-3-butírico
AIB	Ácido indolacético
ANA	Ácido naftalenoacético
BMFPA	Biomassa fresca da parte aérea
BMFR	Biomassa fresca da raiz
BMSPA	Biomassa seca da parte aérea
BMSR	Biomassa seca da raiz
BMST	Biomassa seca total
CDR	Coefficiente de deformações radiciais
Cm	Centímetros
CM	Comprimento médio
CMR	Comprimento da maior raiz
CO ₂	Dióxido de carbono
COMP	Comprimento
CV	Coefficiente de variação
D	Deformações
DBC	Delineamento em Blocos Casualizados
DC	Diâmetro de colo
DEF	Deformações
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
ENR	Enraizamento
g	Gramas
H	Altura
H ₂ O	Água
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
ha	Hectare
IBÁ	Instituto Brasileiro de Árvores
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPyA	Indol-3-piruvato
IQD	Índice de qualidade de Dikson
Kg	Kilos
L	Litros
m	Metros
m ³	Metro cúbico
MAPA	Ministério de Agricultura e Meio Ambiente
mg	Miligramas
MJC	Minijardim clonal
mm	Milímetros
NaOH	Hidróxido de sódio
NB	Número de brotações
NC	Número de coletas
NF	Número de folhas
NR>3cm	Número de raízes maiores que 3 cm

NTR	Número total de raízes
PLUV	Pluviosidade
PROF	Profundidade
PRR	Potencial de regeneração de raízes
SOB	Sobrevivência
Spp.	Espécies
T	Temperatura
TFSA	Terra fina seca ao ar
UR	Umidade relativa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Gênero <i>Eucalyptus</i> spp.	20
2.2	Propagação vegetativa e fatores que afetam o enraizamento de miniestacas	23
2.3	Condução de minicepas nos jardins clonais.....	26
2.4	Reguladores de crescimento	29
2.5	Parâmetros utilizados na determinação da qualidade das mudas.....	31
2.5.1	Parâmetros morfológicos	31
2.5.1.1	Altura da parte aérea	32
2.5.1.2	Diâmetro de colo.....	33
2.5.1.3	Relação H/D.....	34
2.5.1.4	Biomassas fresca e seca das partes aérea, raiz e total	34
2.5.1.5	Relações morfológicas	35
2.5.2	Parâmetros fisiológicos - Potencial de Regeneração de Raízes (PRR).....	36
3	MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1	Localização dos estudos.....	37
3.2	Material genético.....	37
3.3	Tratamentos e procedimentos estatísticos	38
3.4	Instalação do experimento com estufins e avaliação das variáveis morfológicas.....	39
3.4.1	Construção dos estufins	40
3.4.2	Condução das minicepas e obtenção dos propágulos	40
3.4.2.1	Análises das minicepas e dos propágulos vegetativos.....	41
3.4.3	Recipientes, substrato e fertilização.....	42
3.4.4	Operação de estaqueamento.....	42
3.4.5	Avaliações radiciais	44
3.4.5.1	Dinâmica e morfoanatomia do enraizamento adventício	44
3.4.5.2	Avaliações morfológicas.....	45
3.5	Instalação e determinação do potencial de regeneração de raízes (PRR).....	46
3.6	Experimento de campo	47
3.6.1	Avaliação do desempenho das plantas no campo	49
3.7	Análises estatísticas	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1	Obtenção e avaliação dos propágulos	51
4.2	Produção e avaliação da qualidade das mudas no viveiro	54
4.2.1	Sobrevivência e enraizamento das miniestacas	54
4.2.2	Morfoanatomia do enraizamento adventício.....	62
4.3	Avaliação da qualidade das mudas produzidas no momento da expedição ...	66

4.3.1	Altura (H), Diâmetro de colo e Relação H/D.....	66
4.3.2	Biomassa fresca das partes aérea e raiz	69
4.3.3	Biomassa seca das partes aérea, raiz e total	72
4.3.4	Número de raízes laterais e fisiologicamente ativas	75
4.3.4.1	Relações morfológicas e Índice de qualidade de Dikson (IQD).....	77
4.3.5	Coeficiente de deformações radiciais	79
4.4	Potencial de regeneração de raízes.....	80
4.4.1	Número total de raízes regeneradas	80
4.4.2	Distribuição horizontal de raízes regeneradas em tubos.....	81
4.5	Desempenho das mudas no campo	82
4.5.1	Índice de sobrevivência.....	82
4.5.2	Altura e diâmetro do coleto.....	83
4.5.3	Características radiciais em campo	92
4.5.3.1	Quantificação, comprimento e profundidade do sistema radicial.....	92
4.5.3.2	Distribuição radicial no campo	94
4.5.3.3	Deformações radiciais.....	101
5	CONCLUSÕES	103
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal está continuamente em expansão no Brasil, registrando atualmente 7,53 milhões de hectares plantados com espécies do gênero *Eucalyptus* spp. Em decorrência das condições climáticas favoráveis no país somado aos esforços aplicados na área da pesquisa, o Brasil é líder em produtividade e exportação dos produtos advindos dos povoamentos florestais, particularmente com essas espécies.

O plantio em grande escala de eucalipto é realizado com a utilização de mudas produzidas em viveiros comerciais, principalmente, por meio de técnicas de propagação vegetativa. Desta forma, esta se torna uma das principais etapas que antecede a produção de madeira e com amplas possibilidades de definição de sua produtividade.

Atualmente, os viveiros de produção de mudas trabalham com a propagação clonal, utilizando o método de miniestaquia, que consiste na utilização de miniestacas provenientes de minicepas cultivadas em minijardins clonais, garantindo vantagens como a uniformidade das mudas e dos povoamentos após o plantio. As características apresentadas por essas mudas produzidas devem satisfazer altos níveis de sobrevivência e crescimento inicial no campo, para resultarem em ganhos volumétricos economicamente desejáveis.

Na propagação vegetativa em que se utiliza miniestacas como propágulo, uma importante etapa é a formação de raízes adventícias a partir da diferenciação das células que se formam na sua base, uma vez que este processo está diretamente associado com a formação do sistema radicial da muda produzida. Características inerentes ao material genético podem influenciar no enraizamento de miniestacas no momento da produção das mudas, devido a recalcitrância ao enraizamento que alguns clones possuem. Um desses fatores é a concentração de hormônios vegetais a ser utilizada, que podem promover ou inibir o enraizamento, variando a sua concentração conforme o genótipo, como é o caso do ácido Indolbutírico (AIB), que segundo Hartmann et al. (2011), trata-se da substância mais recomendada por ser fotoestável e com menor grau de toxicidade para as plantas quando comparadas com as demais auxinas consideradas sintéticas.

Desta maneira, o uso de hormônios sintéticos é amplamente utilizado em cenários como estes, podendo ser considerado como um fator externo capaz de promover o balanço hormonal necessário para que as miniestacas iniciem o processo de enraizamento, seja

pelos seus efeitos diretos ou por mediar respostas derivadas de outros fatores. Ressalta-se que o ambiente em que as matrizes se desenvolvem constitui-se também fator exógeno, capaz de afetar a emissão de raízes durante a propagação assexuada. Este ambiente pode ser modificado com a utilização de estufas de tamanho reduzido, construídas sob o jardim clonal, que podem provocar alterações morfológicas e fisiológicas das plantas (Oliveira, 2016). Por ser determinado por fatores internos e externos, necessárias à multiplicação, o enraizamento de miniestacas de eucalipto é estudado em clones testados e melhorados geneticamente. O material genético produzido em um local pode expressar diferentes respostas após o plantio em regiões de condições edafoclimáticas diferentes daquelas encontradas na região produtora de mudas.

Para além dessas informações, o foco deve estar voltado para a melhoria do padrão de qualidade das mudas produzidas, principalmente quando o objetivo é a produção de florestas de qualidade e, conseqüentemente, mais produtivas. Neste sentido e conforme Novaes (1998), na busca de povoamentos mais produtivos, são as características das mudas a serem produzidas que irão indicar a qualidade das árvores a serem formadas. Conforme este autor, no Brasil ainda existem muitos problemas pendentes, relacionados com a produção de mudas florestais em grande escala e com qualidade, forçando a discussão de alternativas que possam solucioná-los. Neste sentido, essas evidências acima mencionadas demonstram claramente a necessidade do uso de novas tecnologias de produção de mudas florestais em geral, voltadas para atingir os melhores padrões de qualidade desejados.

Diante desse cenário, a presente pesquisa teve como objetivo, testar o uso de estufim na produtividade de minicepas e de diferentes concentrações do ácido indol-3-butírico-AIB no enraizamento de miniestacas de eucalipto, oriundas dos clones I144 (*Eucalyptus urophylla*) e VE41 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), visando a produção de mudas com maior padrão de qualidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gênero *Eucalyptus* spp.

O gênero *Eucalyptus* faz parte da família Myrtaceae, representado por cerca de 750 espécies reconhecidas botanicamente, sendo nativas do continente da Oceania, mais precisamente, da Austrália (Darriba e Silva-Pando, 2016). Popularmente, condicionou-se denominar as plantas por eucalipto, referindo-se ao seu gênero.

Destaca-se, dessa forma, por ser a árvore mais plantada no mundo, com aproximadamente, 18 milhões de hectares espalhados por diferentes países, como Estados Unidos, China, Canadá e Suécia (IBÁ, 2022). O Brasil se destaca na área de florestas plantadas com eucalipto, chegando a 7,74 milhões de hectares plantados (IBÁ, 2022), este montante, elevou o país ao posto de oitavo produtor de celulose do mundo, sendo a Região Sudeste (53%) a que apresenta maior área plantada, seguida pelas Regiões Nordeste (15,8%), Centro-Oeste (13,4%), Sul (11,5%) e Norte (6,2%) (Santarosa et al., 2014). No estado da Bahia em 2018 foi registrado 657 mil hectares de florestas plantadas, dos quais, 94% formados por eucalipto, elevando o estado ao 4º lugar no ranking nacional de cultivo com a espécie. As regiões produtoras se espalham principalmente na periferia do estado, representados pelas regiões Sul (63%), litoral Norte (23%), Oeste (6%) e Sudoeste (4%) (ABAF, 2019). Quanto ao município de Vitória da Conquista situado no Planalto de Conquista na Bahia, os plantios de eucalipto têm ocorrido com a produção voltada para atender principalmente serrarias e madeira tratada para cercas e currais (ABAF, 2019).

Algumas espécies de eucalipto apresentam adaptação a situação de déficit hídrico, possibilitando sua implantação em áreas de cerrado (Custódio et al., 2017). O *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis*, *E. urophylla*. foram as primeiras espécies a serem plantadas fora de seu continente de origem, tornando-se importantes nos programas de melhoramento genético devido a sua plasticidade quanto a adaptação as diversas regiões ecológicas destacando-se o crescimento em solos relativamente pobres, resistência a longos períodos de seca ao passo que podem tolerar precipitação intensa (Martins et al., 2002). Estudos sobre a influência da variabilidade edafoclimática (Santos et al., 2017) e zoneamento agroclimático de espécies de eucalipto (Florêncio, 2022; Correa et al., 2020),

fomentam o gerenciamento ambiental e o planejamento da implantação de uma determinada espécie àquele local específico, adequando-a às condições ambientais.

Quanto aos usos, as espécies desse gênero são empregadas em diferentes vertentes da indústria, tendo como principais finalidades a confecção de celulose e papel, produção de energia visando a siderurgia, à fabricação de pisos laminados, madeira, serrados, móveis, e outros produtos sólidos (Rezende et al., 2013) e ainda, produção de óleos essenciais e usados na apicultura com a finalidade de produção de mel. Socialmente, a silvicultura, seja com eucalipto e com outras espécies florestais como por exemplo as espécies do gênero *Pinus* tem papel importante no país, por empregar mais de quatro milhões de pessoas, direta e indiretamente, além de gerar saldo significativo em tributos federais, estaduais e municipais (Mendes et al., 2016).

No cenário ambiental, o eucalipto é indicado para recuperação de áreas degradadas, principalmente, por possuir características referentes à sustentabilidade do local, como a manutenção de solo e água evitando a erosão, mantendo o acúmulo de matéria orgânica que conserva a microfauna do solo e potencializa a ciclagem de nutrientes e, dentre outros fatores, possuir efeito agregador de partículas do solo (Gonçalves e Stape, 2002; Martins et al., 2010; Silva et al., 2011).

Oliveira et al., (2012) destacam a relevância da implantação de projetos florestais com plantios de eucalipto devido ao seu crescimento rápido e adaptação às condições climáticas do Brasil. Seus híbridos e os diferentes clones apresentam diferenças entre si quanto a resposta aos estímulos ambientais de cada nicho ecológico (Ferreira et al., 2017), por isso, para que esses materiais sejam utilizados em uma determinada região, deve-se realizar testes para avaliação de sua capacidade de adaptação e produção.

Essa diferenciação genética conseguida por meio de cruzamentos entre espécies existe e é realizada para que se possa produzi-lo em locais com disparidade de atributos edafoclimáticos. As tecnologias voltadas para o setor florestal, visando o plantio e o manejo do eucalipto, são fortemente empregadas no país, motivo pelo qual as empresas do setor desejam incentivar a transferência de tecnologia e técnicas modernas de plantio e condução para pequenos e médios produtores rurais, fortalecendo parcerias com os mesmos e descentralizando a atividade em poder de grandes corporações (Mendes et al., 2016).

Quanto ao melhoramento de espécies de eucalipto, a hibridação interespecífica se constitui como forma rápida de ganhos genéticos, com o intuito de produzir indivíduos superiores em crescimento, adaptação e qualidade da madeira, a partir da complementariedade de característica entre espécies (Assis e Mafia, 2007). A hibridação entre espécies de *Eucalyptus* é resultante da compatibilidade interespecífica quanto ao cruzamento genético, permitindo a heterose e combinações entre características que atendem as exigências dos mais diferentes ambientes de plantio e às finalidades de usos, com a manifestação da heterose (Assis e Mafia, 2007).

Dentre as várias espécies de *Eucalyptus* destaca-se o *E. grandis*, natural da parte sul do Estado de Nova Gales, Austrália, ocorrendo naturalmente em altitudes variando de 450 m da costa litorânea a 1240, em áreas planas ou levemente onduladas, região com temperaturas médias variando entre 14 a 22 °C, e com precipitação média anual entre 640 a 2.480 mm, concentradas no verão e com um período seco de 0 a cinco meses por ano (Higa e Wrege, 2010).

Já o *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, trata-se de uma espécie proveniente da Indonésia e do Timor leste, ocorrendo naturalmente desde o nível do mar até 3.000 m de altitude (Moura, 2014), concedendo variabilidade suficiente para que possa ocorrer desde solos rasos e pobres até profundos e férteis. Também permite a espécie adaptar-se a uma ampla variação de temperatura e precipitação, sendo características importantes por permitir adaptar-se a novos ambientes (Tordin, 2021).

Para além do país de origem, a maior área de plantio com a espécie de Eucalipto e seus híbridos está no Brasil e outros países da América Central e do Sul (Higa e Wrege, 2010), que por possuir espécies adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas, se tornou um dos gêneros mais plantados mundialmente. Além dessa alta adaptabilidade, o melhoramento genético contribuiu para intensificar a seleção de características que possibilitam aumento em produtividade (Zhang e Wang, 2022). Com o objetivo de se obter materiais superiores, desde a década de 1970 métodos de hibridação e clonagem são empregados em espécies deste gênero, com genótipos propagados principalmente via clonal para a obtenção de florestas plantadas mais uniformes (Rockwood et al., 2022).

2.2 Propagação vegetativa e fatores que afetam o enraizamento de miniestacas

Os plantios de eucalipto inicialmente eram realizados a partir da propagação de mudas via seminal, tendo resultados negativos provenientes da desuniformidade do material (Freitas et al., 2006). Entretanto, esse cenário mudou após introdução da propagação vegetativa, que consiste na utilização de uma parte da planta, que dará origem a um novo indivíduo idêntico a planta mãe. A propagação clonal é realizada por técnicas dentro da propagação vegetativa, que possibilita vantagens como a herdabilidade das características genéticas (Simões e Silva, 2010), formação de plantios uniformes com alta produtividade e aumento da multiplicação de indivíduos que possuem adaptações aos diferentes ambientes e resistências às pragas e doenças (Assis, 2014).

A propagação vegetativa vem ganhando notoriedade em pesquisas que testam diferentes métodos para as especificidades de cada espécie, correlacionando-os com fatores internos e externos que limitam ou proporcionam maiores ganhos no enraizamento de partes vegetativas das plantas (Xavier et al., 2001), avanços tecnológicos estes que são estimulados pela importância do gênero *Eucalyptus* no cenário da silvicultura brasileira. Os métodos empregados para a propagação do eucalipto são a estaquia, micropropagação, miniestaquia (Dutra et al., 2009), dentre outras técnicas que se mostram mais adaptadas aos diferentes genótipos existentes e objetivos esperados.

A estaquia é utilizada na propagação de espécies frutíferas (Véras et al., 2018), florestais nativas (Cunha et al., 2015; Gomes et al., 2015; Hernández, et al., 2023) e exóticas (Dias et al., 2012). Esta técnica vem sendo substituída por outros métodos de propagação que são mais eficientes principalmente na esfera econômica e logística, entretanto, Magalhães et al., (2022) afirmam que esta é a técnica de propagação mais adequada para o desenvolvimento inicial do *Eucalyptus* spp. em solo coeso, com o estabelecimento de plantio mais uniforme e de maior produção.

Já a propagação vegetativa *in vitro* ou micropropagação, consiste na multiplicação de plantas pelo cultivo asséptico de partes das plantas em condições controladas de nutrição, umidade, luz e temperatura (Quisen e Angelo, 2008; Malysz et al., 2011). Limitações para a obtenção de mudas homogêneas bem como a dificuldade de enraizamento de alguns genótipos justificam a utilização de técnicas de micropropagação

para produção em massa e neste sentido, pesquisas sobre este tema são atuais e amplamente difundidas (Bavaresco et al., 2017).

Quanto as minicepas, estas correspondem as plantas rejuvenescidas e propagadas inicialmente pelo método de estaquia ou via seminífera, são conduzidas sob condições controlada em um minijardim clonal e responsáveis por fornecerem propágulos, denominados de miniestacas, as quais se tornarão mudas, após estaqueamento e enraizamento em casas de vegetação. (Souza et al., 2014; Rocha et al., 2015; Xavier et al., 2021). Conforme Xavier et al. (2001), a miniestaquia é apontada como alternativa viável para a propagação de híbridos de *Eucalyptus grandis* frente a inviabilidade técnica, econômica e operacional do método de micropropagação. Para Dutra et al. (2009), mudas propagadas por micropropagação são mantidas *in vitro* por questões estratégicas, por empresas que desejam ter exemplares de materiais superiores ou para abastecer os minijardins clonais, entretanto, Xavier et al. (2001) ressaltou que toda técnica que viabiliza comercialmente a produção de mudas de determinados clones é atrativa.

Pesquisadores vêm trabalhando com a propagação por miniestacas em diversos cenários, principalmente para aqueles genótipos que possuem dificuldade de formação do sistema radicial com produção de raízes e ainda, são estudados enraizamento de miniestacas com aplicação de carvão ativado, ácido ascórbico (Goulart et al., 2010), diferentes lâminas de irrigação (Fernandes et al., 2018), concentrações de nutrientes (Rocha et al., 2013), composição de substratos (Azevedo et al., 2015), sistemas de produção de mudas (Rodrigues, 2020), dentre outras variáveis que utilizam essa técnica de multiplicação. A formação das raízes adventícias em miniestacas ocorre devido as plantas apresentarem crescimento indeterminado, em que o número de órgãos não é pré-definido, que as confere a capacidade de crescer e se desenvolver de maneira modular durante a vida pós-embrionária (Vernoux e Benfey 2005). Os meristemas são pequenos grupos celulares que proporcionam as plantas tal capacidade, que funcionam como mantenedoras de características juvenis e da potencialidade para diferenciação em diversos tecidos especializados durante todo o seu desenvolvimento (Vernoux e Benfey 2005; Dinneny e Benfey 2008; Rodrigues e Kerbauy, 2009). As formações das raízes adventícias ocorrem em estacas e se divide em três fases principais: desdiferenciação, em que as células se tornam competentes a receberem sinais rizogênicos; divisão celular ou

fase de indução, e origem do primórdio radicular a partir do caule (Villacota-Martín et al., 2015). O enraizamento adventício é um processo que envolve a regeneração de meristemas radiculares diretamente a partir dos tecidos associados com o tecido vascular (organogênese), ou a partir do tecido caloso formado na base da estaca, sendo a indução da regeneração radicular função da espécie, do genótipo e do nível de maturação da planta doadora (Wendling, 2003). Independente de sua fisiologia, as raízes advindas de estacas são caracterizadas como adventícias por originarem-se de outra região vegetal e não de uma raiz primária (Almeida e Almeida, 2014).

Alguns problemas associados com a propagação vegetativa são devido a idade ontogenética, cronológica e fisiológica das brotações, permitindo que propágulos de árvores envelhecidas apresentam desenvolvimento diferenciado, nem sempre expressando características com o crescimento juvenil (Higashi et al., 2000). Ainda segundo estes autores, brotações originadas de diferentes partes da planta podem apresentar características diversas logo, propágulos de regiões inferiores ou centrais podem apresentar características mais juvenis, comparados aqueles das regiões superiores e periféricas da planta matriz, ressaltando-se ainda a influência das condições ambientais em que as plantas doadoras se encontram. As terminologias para definir as influências desses fatores no desenvolvimento são: ciclófise, processo de maturação dos meristemas apicais; topófase, resultado do potencial de desenvolvimento fisiológico dos meristemas apicais; e (Assis e Mafia, 2007).a perífise, efeito do ambiente que pré-condiciona o material vegetal (Hallé et al., 1978).

A época do ano influencia a fisiologia dos vegetais, sendo uma condição extrínseca à planta, mas capaz de modificar processos metabólicos ao longo do tempo devido as condições ambientais em que as plantas se encontram. Ao propagarem clones do híbrido *Eucalyptus grandis* HILL x *E. urophylla* S. T. BLACK em diferentes épocas do ano, Souza et al. (2013) observaram que os valores para enraizamento das miniestacas foram maiores no verão quando comparado ao inverno. Em espécies florestais nativas, a época de coleta das brotações afetou o enraizamento de miniestacas de canjerana (*Cabralea canjerana* (Vellozo) Martius) (Burin et al., 2018), e houve efeito significativo sobre a porcentagem de sobrevivência na saída da casa de vegetação e maior taxa de enraizamento das miniestacas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Pires et al.,

2015). Canguçu (2020) trabalhando com clones de *Eucalyptus grandis* HILL x *E. urophylla* S. T. BLACK e (*Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*) x *Eucalyptus urophylla*, alcançou maiores médias de enraizamento de miniestacas quando coletadas no verão e no inverno, para os respectivos híbridos, mostrando diferentes respostas dependente da interação entre genótipo e ambiente.

São vários os fatores externos sujeitos a interferência antrópica que alteram o processo de enraizamento de miniestacas tais como, aspectos nutricionais (Lobo et al. 2020; Ramalho et al., 2020); quantidade de luz (Faria et al., 2019); humidade do ar e do solo (Fernandes et al., 2018); temperatura (Costa & Streck, 2018); substrato, recipiente (Resende et al., 2019) dentre outros que, isolados ou combinados entre si, podem contribuir ou dificultar o sucesso do desenvolvimento do sistema radicial das mudas propagadas via assexuada.

2.3 Condução de minicepas nos jardins clonais

Na maioria dos viveiros, os minijardins clonais (MJC) podem ser formados pela condução das minicepas plantadas em canaletas de alvenaria, preenchidas com brita no fundo e areia lavada até a borda, formando um sistema semi-hidropônico, uma vez que o sistema automatizado de irrigação por gotejamento, fornece a nutrição necessária para cada clone (Souza et al., 2014). Essas estruturas podem ser erguidas ao ar livre, sob estufas ou casa de vegetação (Oliveira et al., 2019).

As minicepas presentes nos minijardins clonais de espécies do gênero *Eucalyptus* são formadas a partir do enraizamento de mudas propagadas pelo método da estaquia convencional ou miniestaquia (Alfenas et al., 2009). As miniestacas enraizadas têm seus ápices podados na altura de 10 cm, que após seu estabelecimento, constitui as minicepas que fornecerão as brotações (miniestacas) para propagação vegetativa (; Xavier et al., 2013; Souza et al., 2014).

Cunha et al. (2005) compararam dois sistemas de condução de minicepas de *E. benthamii*: canaletas e tubetes, alcançando médias iguais a 8,1 e 4,1 miniestacas por minicepas respectivamente, no intervalo de coleta de 25 e 30 dias, concluindo que o jardim clonal em sistema de hidroponia revelou-se superior em termos de produtividade de brotos, sendo uma opção mais promissora para a produção de propágulos vegetativos.

O estabelecimento de MJC em canteiros suspensos se faz eficiente na operação de coleta de propágulos para o controle de pragas, doenças e nutrição, também possibilitando o revigoramento de diferentes espécies comerciais (Xavier et al., 2013).

A densidade de plantio das canaletas varia para cada espécie estudada e neste sentido, trabalhando com a interação entre dois materiais genéticos (C1 - *E. grandis* x *E. urophylla* e C2 - *E. grandis*) e três densidades iniciais de plantio de minicepas (125, 100 e 84 minicepas m⁻²), Souza et al. (2014) observaram que a densidade com menor número de minicepas m⁻² resultou em uma menor taxa de mortalidade e maior produção de miniestacas por minicepa.

Sintomas de deficiência, toxicidade e respostas fisiológicas aos diferentes manejos nutricionais são justificativas para o crescente número de pesquisas voltadas para a formulação das soluções nutritivas empregadas na nutrição mineral das minicepas, uma vez que o percentual de sobrevivência e a produção de miniestacas dependem do seu estado nutricional e do genótipo avaliado (Freitas et al., 2017). Ao variarem as doses de N aplicadas às minicepas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, Rocha et al. (2015) conseguiram atingir produção máxima (13,1 estacas cepa⁻¹ mês⁻¹) com a dose estimada de 129 mg L⁻¹, reduzindo a produção ao elevarem as doses. Ao observarem que o enraizamento de miniestacas se comportou de maneira genótipo-dependente da nutrição mineral, Cunha et al (2009) sugeriram uma solução nutritiva específica para cada clone.

As condições ambientais como luminosidade, temperatura, umidade do ar e concentração de CO₂ e sua interação com o genótipo afetam primariamente o estado fisiológico das cepas (Wendling, 2003; Hartmann et al., 2011). Esses fatores quando favoráveis, podem diminuir o estresse das matrizes e maximizar a produção de fotoassimilados que aumentam as taxas de crescimento (Lima et al., 2018), importantes para a promoção do desenvolvimento das raízes adventícias nos propágulos (Alfenas et al., 2009). A incidência de luz solar tem influência direta no crescimento da parte aérea das minicepas por meio de seu envolvimento com a síntese de carboidratos e reguladores de crescimento da planta. Além do fotoperíodo, a temperatura também se modifica ao longo das estações do ano e com este, as fases fenológicas das plantas. miniestacas coletadas na primavera/verão durante o período vegetativo são mais herbáceas e tendem

a apresentar maior enraizamento, quando comparadas àquelas coletadas no outono/inverno que são mais lignificadas e possuem menor capacidade de enraizar (Fachinello et al., 2005). Pimentel et al. (2019) observaram maior produtividade das minicepas de clones de *Ilex paraguariensis* St. Hil. (erva-mate) nas estações mais quentes, comprovando a influência da sazonalidade.

Estudos apontam que o estado em que a planta matriz se encontra é de extrema importância para garantir o sucesso da propagação clonal, considerando que o ambiente e fatores externos controláveis, determinarão as quantidades de carboidrato, auxina e outros compostos metabólicos, fundamentais a iniciação e velocidade de formação do sistema radicular (Alfenas, 2009).

As minicepas tem produção variável dependente do genótipo, fatores ambientais e do manejo adotado pelo viveirista (Alfenas et al., 2009). Tecnologias aplicadas à condução das minicepas nos jardins clonais estão sendo amplamente difundidas, com o objetivo de aumentar a produção nos viveiros por meio da mitigação dos impactos causados pelos fatores ambientais. As estufas plásticas usadas sobre as canaletas proporcionam alterações ambientais, como modificações no balanço de energia, temperatura, umidade e redução na transpiração (Montavani et al., 2017). Ainda segundo o autor, as variações encontradas na estrutura de MJC são provenientes de cada viveiro de produção de mudas, e das metodologias experimentais para adequação à localização e adaptação fisiológica de cada espécie florestal.

O estufim é uma dessas tecnologias, que consiste em uma estrutura semelhante às estufas de produção agrícola, exceto pelo seu tamanho reduzido, funcionando como uma redoma protetora (Assis, 2014). Sua construção ainda não segue um padrão, podendo variar entre estrutura de aço (Cotella, 2021); ferro em formato tubular (Canguçu, 2020) ou armação de madeira com variações em suas dimensões (largura x comprimento x altura) mas sempre recobertos com filme plástico de polipropileno de baixa densidade (PEBD) com diferentes espessuras, dependendo da metodologia. O uso de cobertura plástica transparente mantém um ambiente úmido e quente, que favorece a produção de brotações pelas minicepas e seu enraizamento, melhorando sua qualidade e reduzindo a formação de calos (Assis, 2014).

A produtividade de miniestacas por minicepas é influenciada pelo efeito do ambiente. Na estação fria, Canguçu (2020) encontrou valores superiores para os tratamentos com estufim frente ao tratamento controle (sem estufim) para o clone híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. O aumento da produtividade proporciona menor uso de mão de obra no viveiro ou, possivelmente, aumenta o número de mudas produzidas com o mesmo número de colaboradores (Batista et al, 2015). Em estudos conduzidos por Assis (2014), o estufim foi eficiente em promover o enraizamento de clones de híbridos de *Corymbia* spp, possibilitando seu uso em programas operacionais de plantios além de constituir um fator de redução dos custos de estaqueamento, pela possibilidade de utilizar estacas com folhas inteiras, uma vez que o ambiente de estufim também proporcionou alterações morfológicas foliares, como redução do tamanho e largura das folhas das minicepas. Canguçu (2020) salienta que esta é uma ferramenta recente no meio florestal, e por esse motivo, se faz necessário pesquisas sobre o efeito do estufim em diferentes condições climáticas e ainda, compreender quais as mudanças fisiológicas ocorrem nas minicepas em consequência das mudanças do ambiente, relacionando-as à produção e qualidade das miniestacas e, conseqüentemente, das mudas geradas. Em seus estudos, Rocha (2019) reportou que o uso de estufins possibilitou o aumento da produção de miniestacas, seu enraizamento e a redução da formação de calos, entretanto, seus efeitos sobre os processos rizogênicos diferem conforme o material genético (Canguçu, 2020) e os parâmetros avaliados (Gribeler et al., 2022).

2.4 Reguladores de crescimento

A auxina (do grego *auxein*, “aumentar” ou “crescer”) trata-se do primeiro hormônio de crescimento a ser descoberto, e por ter sua estrutura relativamente simples, foi sintetizada uma ampla série de moléculas com atividade auxínica (Taiz e Zeiger, 2017). Ainda segundo estes autores, ao que parece esta substância pode ser sintetizada em baixos níveis em praticamente todos os tecidos das plantas, entretanto os meristemas apicais de caules, folhas jovens e frutos jovens são seus sítios principais.

No processo de miniestaquia, ao retirar o propágulo da planta matriz, já inicia-se a diferenciação fisiológica, induzindo a formação de novas raízes na base da estaca (Steffens e Rasmussen, 2016). Ainda segundo estes autores, a partir dessa retirada se

observa a redução dos níveis de inibidores da iniciação radicial (citocinina e estrigolactonas) os quais são restaurados na medida em que o novo sistema radicial se estabelece. Na indução das raízes adventícias a biossíntese do AIA ocorre a partir do triptofano, que é convertido em indol-3-piruvato (IPyA) pela família de triptofanos aminotransferase, que posteriormente, é transformado em AIA pela família de flavinas monoxigenase (Taiz e Zeiger, 2017). Já o ácido indol-3-butírico (AIB), segundo estes autores, trata-se de um composto usado rotineiramente na agricultura para promover o enraizamento de estacas, tanto livre quanto conjugado, o AIB ocorre naturalmente nas plantas e serve como fonte de auxina para processos específicos do desenvolvimento.

Como reguladores de crescimento mais conhecidos e utilizados no enraizamento de estacas de espécies florestais tem-se o ácido indolacético (AIA), o ácido naftaleno acético (ANA) e o ácido indolbutírico (AIB) (Blazich, 1994). O AIB é o mais efetivo na iniciação radicial e têm sido o de maior uso na propagação vegetativa do eucalipto, por ser fotoestável e menos tóxico para as plantas que as demais auxinas sintéticas (Hartmann et al., 2011). Estudos comprovam que a aplicação de reguladores de crescimento se mostrou eficiente no enraizamento de *Spondias* sp. (Véras et al., 2018), *Khaya grandifoliola* C. DC (Azevedo et al., 2021), e em diferentes clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (Goulart et al., 2008). Brodani et al. (2008) relataram que a aplicação de AIB veiculado em gel promoveu resultados promissores no enraizamento e vigor vegetativo de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*, constituindo como alternativa para a promoção dos processos rizogênicos. Lana et al. (2008) não encontrou diferença estatística ao comparar diferentes meios de veiculação do AIB, sendo elas pasta e pó, para o parâmetro enraizamento de mudas de *Eucalyptus urophylla*.

A elevada recalcitrância aos processos de enraizamento que algumas espécies possuem pode ser relacionada às adaptações fisiológicas de cada uma delas (Brandoni et al., 2008). Spassin e Garcia (2016) obtiveram 15% de enraizamento em miniestacas de *Eucalyptus dunnii* não tratadas com AIB frente a 7,5% e 5% de enraizamento após o uso das doses 1000; 2000 mg L⁻¹ e 3000 e 4000 mg L⁻¹ respectivamente.

A resposta fisiológica de cada espécie à aplicação exógena de auxina, depende da concentração endógena nas estacas, e sua aplicação pode causar desbalanceamento desta substância, potencializando o estímulo ou a inibição do enraizamento. Ao constatarem a

prescindibilidade da aplicação de AIB em estacas de *Ficus carica* L., Ferraz et al. (2018) concluíram que esta espécie produz níveis hormonais capazes de promover o enraizamento, dispensando sua compensação. Resultados semelhantes foram encontrados para outras espécies de plantas como *Vitis rotundifolia* (Coradini, et al., 2014); *Enterolobium contortisiliquum* (Freitas, et al., 2017); *Rubus* sp. (Schaffer et al., 2023).

Rodrigues et al. (2017) não conseguiram aumentar percentuais de enraizamento de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos) após aplicar diferentes doses de AIB na base das miniestacas. Aplicações de diferentes concentrações de AIB também não se mostraram cruciais no aumento das taxas de enraizamento de 11 clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (Borges et al., 2011).

2.5 Parâmetros utilizados na determinação da qualidade das mudas

Nos dias atuais, as técnicas utilizadas para mensuração da qualidade de mudas baseiam-se em avaliações de parâmetros fisiológico, aferindo aspectos internos e morfológicos, fundamentados em aspectos externos ou fenotípicos das plantas (Wakeley, 1954), sendo esse último, mais aceito pelos viveiristas. Para Carneiro (1995), esses parâmetros são influenciados pelo sistema de produção de mudas ao que se refere à forma, volume e composição do recipiente, fertilidade e características físicas do substrato, e outras variáveis que contribuem para, ao final da produção, gerarem mudas vigorosas. O autor considera ainda que os parâmetros morfofisiológicos estão intimamente relacionados com a rusticidade e o vigor das mudas e, conseqüentemente, com a sobrevivência e crescimento inicial no campo após o plantio.

Parâmetros morfológicos

As principais variáveis que compõem o parâmetro morfológico para a avaliação de mudas florestais são altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (D), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), comprimento de raiz, relação H/D (Carneiro, 1995), relação MSPA/MSR e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (Fonseca et al., 2002). Carneiro (1995); Novaes (2002); Alfnas et al. (2009) consideram características como a qualidade, quantidade e distribuição de raízes importantes nestas avaliações.

O crescimento das plantas é avaliado, principalmente, por aumento em tamanho ou em massa, sendo o tamanho obtido pela medição da altura, diâmetro do caule ou área das folhas por outro lado quando se trata da produtividade da planta, usa-se as medidas de massas fresca e seca (Taiz e Zeiger, 2013).

De acordo Tsakalidimi et al. (2013), as variáveis morfológicas são capazes de prever com eficiência a sobrevivência de mudas de espécies florestais no campo. Entretanto, Eloy et al. (2013) chamam atenção para a melhoria das técnicas que visam a obtenção de um padrão de qualidade adequado das mudas produzidas, sinalizando que a depender da espécie estudada, as variáveis que apontam a qualidade de muda podem variar. Conforme Gomes e Paiva (2013), a qualidade sob o âmbito morfológico e fisiológico de uma muda dependerá da qualidade genética do propágulo, além de outros fatores como as condições ambientais, os métodos e as técnicas utilizadas no processo de produção. Estes parâmetros morfofisiológicos, conforme Carneiro (1995), estão diretamente associados à rusticidade e ao vigor das mudas e também, com os índices de sobrevivência e desempenho no campo.

Para uma melhor explicitação serão apresentados a seguir, os principais parâmetros morfológicos e suas respectivas influências na avaliação da qualidade das mudas florestais.

2.5.1 Altura da parte aérea

O fator altura da planta está mais relacionada às características intrínsecas da espécie e com o meio utilizado para produção da mudas e dessa forma, não há relatos na literatura que definam os tamanhos ideais das mudas no momento da sua expedição (Dutra et al., 2013). Alfenas et al. (2009) mostram que a maioria das empresas florestais tem considerado aptas para o plantio em campo mudas de *Eucalyptus* spp. com dimensões entre 20 e 30 centímetros de altura, associadas a outros critérios. Ainda assim, Figueiredo et al. (2014) observaram que mudas expedidas com maiores alturas apresentaram maior crescimento inicial após plantio no campo.

Apesar de ser corriqueiramente utilizado para inferir a qualidade de mudas florestais, autores como Carneiro (1995) ressalta a importância de integrar outros parâmetros avaliativos, uma vez que determinar apenas a altura das plantas pode decorrer

em resultados controversos, uma vez que essa variável pode sofrer alterações decorrentes do sombreamento, adensamento, estiolamento ou doses desbalanceadas de adubações, que por sua vez, diminuem a resistência às condições adversas encontradas no campo, ocasionando maior mortalidade, necessidade de replantios, disparidade de idade, menor crescimento e perdas econômicas.

As mudas que apresentam altura da parte aérea superior tendem a absorver maiores quantidades de água e nutrientes, podendo comprometer o seu desenvolvimento quando estabelecidas em sítios de condições ambientais adversas (Stewart e Bernier, 1995). Para Gomes e Paiva (2013), a altura da parte aérea é um dos parâmetros mais importantes para prever o desempenho das mudas em campo, principalmente quando as plantas se desenvolvem em locais livres de restrições físicas para seu desenvolvimento. Binotto (2010), por sua vez, constatou que, para mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus eliotti* essa característica foi mais eficiente quando relacionada ao diâmetro de colo das mudas mensuradas, salientando a interdependência entre estes fatores.

2.5.2 Diâmetro de colo

Essa variável também é dependente da espécie, do local e dos métodos e técnicas de produção, sendo possível encontrar na literatura valores estabelecidos como excelentes para determinadas espécies (Gomes e Paiva, 2013). Ainda segundo estes autores, as mudas com alto padrão de qualidade devem apresentar diâmetro de colo em equilíbrio com a altura da parte aérea conferindo à muda maior rusticificação e aumentando consideravelmente as chances de sobrevivência em campo. Essa característica pode ser correlacionada com a biomassa seca das mudas, conforme Binotto et al. (2010).

Leles et al. (2000) e Figueredo et al. (2010) obtiveram maior crescimento inicial no campo, após o plantio de mudas que apresentavam maiores crescimentos em diâmetro e altura no momento de serem repicadas do viveiro. José et al. (2005), verificaram que o diâmetro de colo apresentou correlação com as demais variáveis morfológicas, principalmente, com o potencial de crescimento radicial, podendo ser usado com eficiência para indicar o padrão de qualidade de mudas. Ainda que esse parâmetro seja considerado um bom indicador da qualidade das mudas produzidas, Carneiro (1995), reporta que a conjugação das medições da altura da parte aérea e do diâmetro de colo

deve ser considerada para a sua classificação, principalmente em decorrência da facilidade dessas medições.

2.5.3 Relação H/D

A relação H/D ou índice de robustez, corresponde ao equilíbrio de desenvolvimento das mudas entre as partes aérea e o diâmetro de colo, uma vez que conjuga dois parâmetros em apenas um só índice, resultando num valor absoluto sem exprimir qualquer tipo de unidade (Carneiro, 1995). O resultado da divisão da altura em função do diâmetro de colo traduz o equilíbrio de crescimento das mudas, por isso, valores muito baixos indicam hipertrofia da planta, assumindo estarem fora do padrão de qualidade desejado para a expedição, enquanto valores muito altos podem indicar estiolamento e futuras perdas por tombamento após o plantio em campo frente à condições adversas (Munguambe, 2013; Rudek et al., 2013; Rodrigues, 2020). Silva et al (2018) consideram que mudas de eucalipto possuem maiores incrementos no desenvolvimento em altura do que em diâmetro, de modo que aumente também o valor da relação H/D. Gomes et al. (2015) sugerem que o índice de robustez de mudas de eucalipto varia entre 6 a 10. De forma geral, mudas com maiores dimensões de altura da parte aérea e diâmetro de colo, conforme Gomes e Paiva (2013), apresentam maior potencial de crescimento inicial no campo e dessa forma, a sua avaliação é de grande importância.

2.5.4 Biomassas fresca e seca das partes aérea, raiz e total

A biomassa vegetal está intimamente relacionada com a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (Oliveira, 2017). Por outro lado, esse parâmetro aponta o vigor das plantas e sua tolerância a locais com menor disponibilidade hídrica (Gomes e Paiva, 2013; Rossa et al., 2013).

Para Carneiro (1995), quando da avaliação dessa variável, deve-se determinar as biomassas fresca e seca como padrão de qualidade considerando os pesos das partes aérea, raízes e total. O peso de matéria seca da parte aérea é importante e reflete o vigor das mudas, apresentando estreita relação com a sobrevivência das mudas no campo (Gomes

e Paiva 2013), já para raízes, conforme Carneiro (1995), esta característica é deficitária na avaliação da qualidade de mudas, em razão do grande número de raízes finas, fisiologicamente ativas, desaparecerem por ocasião da secagem, comprometendo a segurança dessa variável. Este autor muda com alto nível de qualidade deve apresentar um volume de raízes fisiologicamente ativas superior, pois essas raízes pois estas são responsáveis pelo processo de absorção, porém, não contribuem em biomassa seca por apresentarem menor acúmulo de sólidos. O mesmo autor afirma que a qualidade do sistema radicial deve ser analisada sob o aspecto fisiológico, por retratar com mais fidelidade a importância das raízes na sobrevivência e desempenho inicial das mudas no campo.

Resultados obtidos a partir de estudos desenvolvidos por Oliveira Júnior (2011) com mudas de *Eucalyptus urophylla*, revelaram que as biomassas secas das partes aérea, radicial e total, somadas à altura da parte aérea, constituíram os parâmetros que mais contribuíram com o potencial de regeneração de raízes. Muitos autores apontam dificuldades na utilização dessas variáveis em muitos viveiros florestais, por requerer a completa destruição da muda (Gomes; Paiva, 2013; Eloy et al., 2013). Para a determinação das biomassas secas, segundo Böhm (1979), é utilizada estufa a 105 °C, por 10 - 20 horas, podendo também ser efetuado em temperaturas variando de 60 a 75 °C.

2.6 Relações morfológicas

Para a determinação da qualidade de mudas florestais, são utilizadas relações entre os parâmetros testados, tais como altura/diâmetro de colo, biomassa seca da parte aérea biomassa seca de raiz e índice de qualidade de Dickson. A primeira relação é conhecida por indicar o índice de robustez da muda, correspondendo a um dos melhores indicadores de qualidade, principalmente avaliando seu potencial crescimento em campo, além de ser um método não destrutivo (Caldeira et al. 2012).

A segunda relação compreende a razão entre a massa seca da parte aérea e da raiz, significando, a distribuição da massa entre as porções aérea e radicial (Amaral et al., 2016). Mudas florestais devem apresentar relação biomassa seca da parte aérea/ biomassa seca de raiz (BSPA/BSR) próxima de 2,0 para serem consideradas como vigorosas (Dutra, et al. 2016). A correlação entre essas partes é de fundamental importância para a

organização e funcionamento dos processos fisiológicos, como crescimento e desenvolvimento das plantas (Taiz e Zeiger, 2013).

Quanto ao Índice de Qualidade de Dickson (IQD), considera-se em seu cálculo as variáveis relacionadas ao equilíbrio de distribuição da massa do vegetal, levando-se em consideração a relação biomassa seca da parte aérea e biomassa seca de raiz, por isso, é uma variável considerada como bom indicador de qualidade de mudas (Fonseca et al., 2002).

2.6.1 Parâmetros fisiológicos - Potencial de Regeneração de Raízes (PRR)

Além dos parâmetros morfológicos, os fisiológicos fornecem importantes informações sobre a qualidade de mudas, sendo considerados, por muitos pesquisadores, mais complexos, precisos e relevantes, uma vez que inferem sobre o potencial de sobrevivência das plantas no campo (Carneiro, 1995). Como principal parâmetro utilizado para essas avaliações, este autor considera o Potencial de Regeneração de Raízes (PRR), como a mais confiável e completa visão da avaliação da qualidade de mudas florestais.

Conceituado por Simpson e Ritchie (1997), o PRR trata-se da capacidade de uma planta emitir e alongar novas raízes em um determinado período de tempo sob condições favoráveis. Os maiores valores de PRR podem indicar maior vigor das mudas e melhor desempenho no campo após o plantio, uma vez que as raízes fisiologicamente ativas, quantificadas na avaliação, permitem à planta, maior capacidade em absorver água e sais minerais (Taiz e Zeiger, 2017).

Este importante parâmetro fisiológico apresenta as vantagens de maior rapidez na obtenção dos dados, menor custo e maior precisão nas medições da qualidade fisiológica (Feret e Kreh, 1985). Um dos procedimentos adotados para a sua determinação, segundo Stone (1967), consiste na padronização dos comprimentos de todas as raízes laterais e em seguida, as mudas são transplantadas em recipientes denominados rizotrons com substratos tipo areia ou outro material, possibilitando as mesmas desenvolverem-se livremente. Conforme este mesmo autor, após um curto período de dias, determina-se o número total de extremidades e comprimento de raízes regeneradas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa contemplou quatro etapas: a) condução das minicepas em estufim e avaliação do enraizamento das miniestacas; b) produção e avaliação da qualidade das mudas no viveiro; c) determinação do potencial de regeneração de raízes (PRR); e d) avaliação do desempenho das mudas no campo.

3.1 Localização dos estudos

As duas primeiras etapas foram conduzidas no viveiro da Organização de base florestal PlantBem situada no município de Eunápolis- BA, localizada a uma latitude de 16° 22' sul e longitude 39° 34' oeste, a 183 m de altitude.

A terceira e quarta etapas foram conduzidas na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* de Vitória da Conquista, que se encontra a uma latitude sul e longitude oeste de 14° 53' e 40° 47', respectivamente, a 914 m de altitude. O clima é semiárido com temperatura média anual de 21°C, precipitação pluviométrica variando de 700 a 1.100 mm anuais, distribuída nos meses de novembro a março (Novaes, 2005). Ainda segundo este autor a região apresenta uma altitude média de 800 m, apresentando uma vegetação denominada Mata de Cipó e o solo é classificado como latossolo vermelho amarelo distrófico.

3.2 Material genético

Foram selecionados dois materiais genéticos para a condução do experimento, correspondendo aos clones I144 (*Eucalyptus urophylla*) e VE 41 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), ambos desenvolvidos para o setor de celulose e papel, sendo o primeiro amplamente utilizado em plantios florestais nesta região, por resistir à períodos de seca e apresentar crescimento satisfatório. O segundo clone diz respeito a um material genético com baixo percentual de enraizamento e não testado em plantios comerciais em Vitória da Conquista, mas, conforme informações técnicas, com grandes possibilidades de adaptação às condições edafoclimáticas dessa região.

3.3 Tratamentos e procedimentos estatísticos

Na primeira etapa da pesquisa usou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial duplo, 2 x 2, correspondendo a dois clones (I 144 e VE 41), e dois ambientes de condução das minicepas (com e sem estufim), portanto, quatro tratamentos com cinco repetições (Tabela 1). Totalizou-se 20 parcelas com 200 minicepas cada, perfazendo um total de 4.000 minicepas em todo o experimento.

Tabela 1 – Tratamentos experimentais adotados durante a condução das minicepas oriundas dos dois clones de *Eucalyptus* spp. no jardim clonal.

Tratamentos	Clones	Ambiente das minicepas
1	I 144	Com Estufim (CE)
2	I 144	Sem Estufim (SE)
3	VE 41	Com Estufim (CE)
4	VE 41	Sem Estufim (SE)

A segunda etapa constou da produção das mudas, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial triplo, 2 x 2 x 5, correspondendo a dois clones (I144 e VE41), dois ambientes de condução das minicepas (com e sem estufim) e o fator correspondente ao Ácido Idolbutírico com cinco concentrações (0; 1.000; 2.000; 4.000 e 8.000 mg L⁻¹) aplicadas às miniestacas. Neste sentido, foram adotados, nesta etapa, 20 tratamentos com quatro repetições, totalizando-se 80 parcelas compostas por 60 miniestacas cada, perfazendo um total de 4.800 miniestacas em todo o experimento (Tabela 2).

Tabela 2- Tratamentos experimentais adotados na produção das mudas clonais oriundas dos dois clones de *Eucalyptus* spp. no jardim clonal.

Tratamento	Clone	Condução das minicepas	Concentrações de AIB
1	I 144	Com Estufim (CE)	0 mg L ⁻¹
2	I 144	Com Estufim (CE)	1.000 mg L ⁻¹
3	I 144	Com Estufim (CE)	2.000 mg L ⁻¹

4	I 144	Com Estufim (CE)	4.000 mg L ⁻¹
5	I 144	Com Estufim (CE)	8.000 mg L ⁻¹
6	I 144	Sem Estufim (SE)	0 mg L ⁻¹
7	I 144	Sem Estufim (SE)	1.000 mg L ⁻¹
8	I 144	Sem Estufim (SE)	2.000 mg L ⁻¹
9	I 144	Sem Estufim (SE)	4.000 mg L ⁻¹
10	I 144	Sem Estufim (SE)	8.000 mg L ⁻¹
11	VE 41	Com Estufim (CE)	0 mg L ⁻¹
12	VE 41	Com Estufim (CE)	1.000 mg L ⁻¹
13	VE 41	Com Estufim (CE)	2.000 mg L ⁻¹
14	VE 41	Com Estufim (CE)	4.000 mg L ⁻¹
15	VE 41	Com Estufim (CE)	8.000 mg L ⁻¹
16	VE 41	Com Estufim (CE)	0 mg L ⁻¹
17	VE 41	Sem Estufim (SE)	1.000 mg L ⁻¹
18	VE 41	Sem Estufim (SE)	2.000 mg L ⁻¹
19	VE 41	Sem Estufim (SE)	4.000 mg L ⁻¹
20	VE 41	Sem Estufim (SE)	8.000 mg L ⁻¹

A terceira etapa correspondeu a determinação do potencial de regeneração de raízes (PRR). Adotou-se os mesmos tratamentos da fase de viveiro em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 20 tratamentos e cinco repetições por tratamento, compreendendo 100 parcelas experimentais.

Quanto a quarta etapa, esta foi instalada no campo adotando-se os mesmos tratamentos de viveiro com delineamento experimental em blocos casualizados (DBC). Usou-se três repetições e seis plantas em cada parcela, perfazendo um total de 360 plantas em todo o experimento.

3.4 Instalação do experimento com estufins e avaliação das variáveis morfológicas

Esta etapa foi conduzida em minijardins clonais, construídos de alvenaria com altura correspondente a 1,0 metro. A calha foi preenchida com brita e areia lavada como

substrato para o desenvolvimento das minicepas. Já o sistema de irrigação foi instalado por gotejamento, caracterizando-o como semihidropônico.

3.4.1 Construção dos estufins

Visando avaliar o efeito dos estufins na produtividade das minicepas e no enraizamento das miniestacas, foram construídas sobre os canaletões, miniestufas denominadas estufins (Figura 1), com dimensões de 1,0 x 5,0 x 1,0 m (largura x comprimento x altura). Na sua construção dos estufins foram utilizadas estruturas tubulares de madeira, arame liso e ferro, cobertas com um filme plástico transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 μm .



Figura 1- Estufim: ângulo lateral (A). Estufim: ângulo frontal (B).

3.4.2 Condução das minicepas e obtenção dos propágulos

O Mini Jardim Clonal-MJC utilizado para a condução do experimento e obtenção dos propágulos foi constituído por minicepas dos materiais genéticos supracitados, com idade de aproximadamente oito meses, cultivados em canaletas de 20,0 metros de comprimento por 1,0 metro de largura por 0,40 metros de profundidade e comportando 100 minicepas por metro quadrado. Foram utilizadas duas canaletas, uma para cada clone, ficando uma porção da canaleta exposta às condições ambientais do viveiro e a outra coberta com o estufim, divididas em parcelas de 2,0 m de comprimento.

A irrigação foi realizada diariamente por gotejamento, acionado durante 3,0 minutos por quatro vezes ao dia, totalizando 12 minutos de irrigação diária. A adubação foi realizada via fertirrigação, com valores totais dos adubos à base de macronutrientes durante os 30 dias de condução do experimento, descritos em gramas por metro quadrado na Tabela 3. Decorrido esse período, após a instalação dos estufins, procedeu-se as coletas semanais das miniestacas para análises, avaliação e, posteriormente, produção das mudas.

Tabela 3- Fertilizantes utilizados via fertirrigação no Mini Jardim Clonal-MJC.

Período	Fertilizante	Dosagem (g/m ²)
15/05 a 15/06	Nitrato de Cálcio	128,00
	Cloreto de Potássio	49,00
	MAP Purificado	19,00
	Sulfato de Magnésio	65,00
	Uréia	5,40
	Quelato de Ferro	7,00

As miniestacas foram coletadas com dimensões de 8,0 cm de altura e dois pares de folhas, no período matinal, armazenadas em caixas de isopor e borrifadas constantemente com água, evitando-se perda excessiva de umidade por transpiração. Em sequência, foram levadas para o galpão de estaqueamento em condições de elevada umidade por meio de nebulizadores.

3.4.2.1 Análises das minicepas e dos propágulos vegetativos

Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a instalação dos estufins, foram avaliadas o número de coletas (NC) e o número de minicepas (NM). Já aos 30 dias da instalação, foram coletadas amostras aleatórias de miniestacas, contendo 10 brotações por parcela, para a determinação do diâmetro da base; altura; e a distância entre pares de folhas de cada brotação. A altura e a distância entre os pares de folhas foram mensuradas utilizando-se uma régua milimétrica, já e o diâmetro de colo, foi determinado por meio de um paquímetro com precisão de 0,1 mm (Eccofer).

3.4.3 Recipientes, substrato e fertilização

Foi utilizado como recipientes, tubetes de polipropileno de coloração preta, formato cônico com dimensões de 12,0 cm de altura, 3,0 cm de diâmetro na parte superior e 1,0 cm de diâmetro na parte inferior com estrias em sua face interna, apresentando capacidade volumétrica de 55 cm³.

Quanto ao substrato, este constituiu de 40% de fibra de coco, 40% de casca de arroz e 20% ouro Bahia (substrato comercial), com densidade de 0,5 Km/m, pH entre 6 a 7, Condutividade elétrica de 0,3 miliSiemens e 25% de umidade. Adicionou-se como fertilizantes 3,2 kg de Polyblen (21-00-21) e 2,0 kg de Super Fosfato Simples, quantidades essas em cada metro cúbico de substrato.

Os recipientes foram preenchidos com o substrato manualmente e com o auxílio de uma mesa vibradora. Posteriormente, foram acomodados em bandejas de polipropileno, com capacidade para 187 unidades nas dimensões de 43,0 cm largura x por 61,0 cm de comprimento e 16,5 cm de altura.

3.4.4 Operação de estaqueamento

Antes da operação de estaqueamento, as miniestacas foram submetidas a diferentes concentrações de AIB, este preparado previamente no Laboratório de Silvicultura da UESB. Este material foi dissolvido em hidróxido de sódio (NaOH) e posteriormente, misturado em 50 g de talco inerte. Cada miniestaca foi tratada com o AIB a partir da imersão da sua base no talco. O estaqueamento foi efetuado diretamente nos recipientes, já preenchidos com o substrato a uma profundidade de aproximadamente 2,0 cm.

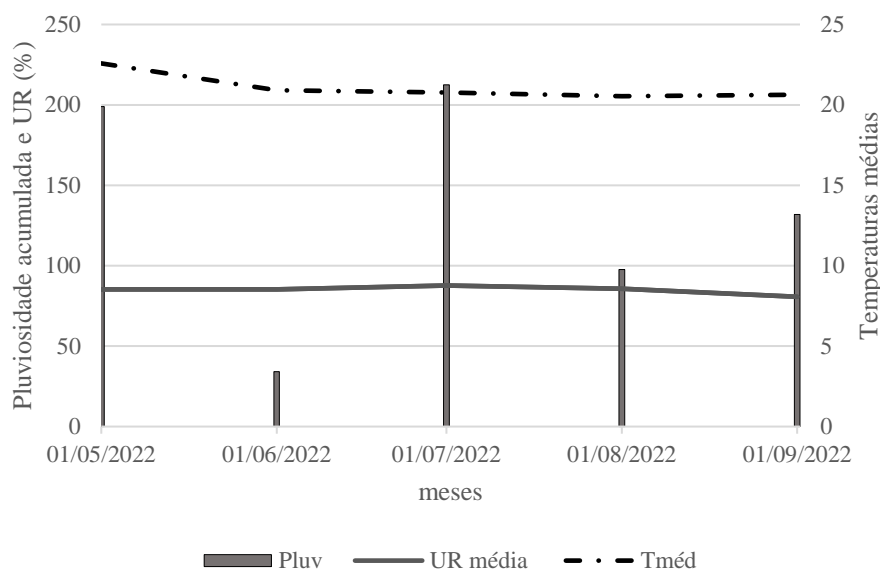
As bandejas contendo os propágulos foram levadas à câmara de enraizamento com temperatura constante de 35°C, umidade relativa de 80% e irrigação via nebulizadores em intervalos de 10 minutos com tempo de 15 segundos de duração, onde permaneceram por 25 dias.

Após 25 dias, as bandejas com as miniestacas já enraizadas foram transferidas para a área de crescimento (casa de aclimação), cobertas por tela de sombreamento de 50%, onde permaneceram por mais 30 dias. Neste período, a irrigação foi efetuada por

aspersão em intervalos de três horas, com duração de 15 minutos. Ainda nesta etapa, foi efetuado um raleamento, diminuindo a densidade para 50% da capacidade das bandejas. Ao final desse período, as mudas foram transportadas para a área a pleno sol, visando o processo de rustificação, permanecendo por mais 35 dias, totalizando 90 dias do estaqueamento. Neste período foi efetuada adubação via fertirrigação, utilizando-se os fertilizantes descritos na Tabela 4. Dados dos valores médios de temperatura, umidade relativa do ar e pluviosidade dos meses referentes à produção das mudas estão dispostos na Figura 2. Ao atingirem a idade de expedição, as mudas foram levadas ao Laboratório de Silvicultura da UESB, para as avaliações dos parâmetros indicadores de qualidade.

Tabela 4- Fertilizantes utilizados na fertirrigação em casa de sombra e área de rustificação.

Período	Fertilizante	Dose (g/L)
18/06 a 17/09	Nitrato de Cálcio	1,25
	Cloreto de Potássio	0,45
	MAP Purificado	0,34
	Sulfato de Magnésio	0,34
	Sulfato de Amônio	0,34
	Ácido Bórico	0,19
	Sulfato de Cobre	0,04
	Sulfato de Manganês	0,12
	Sulfato de Zinco	0,05
	Molibdato de Sódio	0,006



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET/Eunápolis - Bahia (2023).

Figura 2- Médias mensais de umidade relativa do ar (UR), temperatura (média) e acúmulo pluviométrico, no período de maio/2022 a setembro/2022. Eunápolis- BA.

3.4.5 Avaliações radiciais

3.4.5.1 Dinâmica e morfoanatomia do enraizamento adventício

A dinâmica do enraizamento foi realizada conforme o método definido por Melo et al. (2011), sendo quantificada na avaliação: a) sobrevivência (SOB%) b) porcentagem de miniestacas enraizadas (%ENR); c) número de raízes > 3,0 cm (NR>3); d) número total de raízes na base da miniestaca (NTR) e) porcentagem de miniestacas com presença de calos (CALOS%) f) comprimento da maior raiz (CMR); e g) comprimento médio das raízes (CM). As avaliações foram realizadas em casa de vegetação após 25 dias do estaqueamento, coletando-se 40 miniestacas por tratamento, 10 por parcela.

Para a realização do estudo morfoanatômico da rizogênese, foi realizada uma análise histológica do processo de formação de raízes, coletando-se cinco amostras aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o estaqueamento, para cada tratamento supracitados com posterior interpretação dos resultados por meio da análise descritiva.

O material coletado foi lavado em água corrente e conservado em frascos de vidro contendo etanol 70 % (v/v). Para cada amostra coletada foram preparadas cinco lâminas histológicas semipermanentes, cortando-se, com auxílio de uma lâmina cortante, secções

transversais do caule a mão livre à altura de 2,0 mm da base das miniestacas, no local em que se observou a emergência radicular ou presença de calos.

As secções transversais foram descoloridas em hipoclorito de sódio diluído na proporção de 1:1 (hipoclorito e água destilada) para retirada de pigmentos naturais. Posteriormente, as amostras foram lavadas em água destilada duas vezes e coloridas com solução aquosa de fucsina básica 1% (m/v) durante 20 segundos. As amostras coloridas foram transferidas para placa de Petri contendo etanol 80 % (v/v), acidificado para fixação dos reagentes e posteriormente, imersas em etanol 100 % (v/v) para retirada de excesso de pigmentos durante 60 segundos. Na sequência, as secções transversais foram imersas em água destilada e posteriormente montadas em lâminas com solução de glicerina 50 % (v/v).

As observações anatômicas ocorreram em microscópio óptico (marca Olympus CX21) no Laboratório de Biotecnologia Florestal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com auxílio de uma câmera fotográfica (Sony, Cyber-Shot, 14.1 Mp). Os dados foram interpretados a partir da análise descritiva das imagens histológicas obtidas. Após análise das imagens, a rizogênese foi classificada em direta e indireta.

3.4.5.2 Avaliações morfológicas

Decorridos 90 dias do estaqueamento, as mudas foram retiradas e levadas até o Laboratório de Silvicultura da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, onde foram avaliados a altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (DC) e as biomassas fresca e seca da parte aérea (BFPA) e (BMSPA). Determinou-se ainda, o número de raízes fisiologicamente ativas (NRFA), comprimento do sistema radicial (CR), número de raízes laterais (NRL) e suas deformações radiciais quanto a dobra, espiralamento e estrangulamento assim como, as biomassas fresca e seca da raiz (BMFR) e (BMSR). Os valores obtidos dessas variáveis foram utilizados para estabelecerem as relações altura/diâmetro (H/D), biomassa seca da parte aérea/biomassa seca da raiz (BSPA/BSR), Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e o coeficiente de deformação radicial (CDR) (número total das deformações radiciais / número de raízes laterais).

Para a avaliação, foram retiradas aleatoriamente 10 mudas por repetição de cada tratamento e, posteriormente, o sistema radicial foi submetido a uma lavagem cuidadosa, retirando para a retirada do substrato aderido às raízes, evitando-se ao máximo a sua

perda. As raízes fisiologicamente ativas foram contabilizadas neste momento, considerando aquelas de coloração esbranquiçadas. Posteriormente, as mudas foram postas sobre papel absorvente em uma bancada do Laboratório de Silvicultura, onde permaneceram por um período de 12 horas visando o escoamento da água superficial.

Após esse período, foi mensurada as variáveis morfológicas descritas acima. A altura da parte aérea foi mensurada com régua graduada, enquanto o diâmetro de colo (mm) utilizou-se um paquímetro digital. Foram quantificadas ainda, as deformações radiciais, considerando-se como dobra a mudança de direção do crescimento da raiz; espiralamento, o crescimento das raízes em espiral; e o estrangulamento, a sobreposição de raízes. Posteriormente, foi realizada a separação das mudas em parte aérea e sistema radicial, efetuando a pesagem das partes em separado, utilizando-se uma balança analítica de precisão para determinação da biomassa fresca da parte aérea e da raiz. Na sequência, as porções foram armazenadas em sacos de papel devidamente identificados e levadas à estufa de ar forçado à 65°C até atingir peso seco constante, o que ocorreu aproximadamente 48 horas depois, ocasião onde foi determinado, por meio de novas pesagens, a biomassa seca das partes aérea, raiz e total.

3.5 Instalação e determinação do potencial de regeneração de raízes (PRR)

Este experimento foi instalado utilizando-se tubos também denominados rizotrons, conforme metodologia utilizada por Novaes et. al. (2002). Utilizou-se garrafas pet transparentes as quais, após seccionadas à altura dos cargalos, tomaram formas de tubos com dimensões de 25,0 cm de altura e 9,9 cm de diâmetro e capacidade volumétrica para 1,9 litros, apresentando cinco furos na parte inferior visando facilitar a drenagem do excesso de água. Para a avaliação da distribuição espacial das raízes, foram efetuados na parte externa desses recipientes quatro riscos verticais, dividindo-os em quatro quadrantes A, B, C e D. Ainda foi efetuado um risco longitudinal em toda a sua extensão na parte mediana dos tubos dividindo-o em partes superior e inferior. Para o seu preenchimento, foi usado o substrato comercial Bioplant pré umedecido antes da operação de preenchimento, constituído por turfa de sphagnum, fibra de coco, casca de arroz, casca de pinus e vermiculita.

Após retiradas dos tubetes e antes do transplante para os tubos, as mudas foram submetidas a podas no seu sistema radicial, onde todas as raízes foram podadas com o auxílio de uma tesoura a uma distância aproximada de 3-4 cm do eixo principal. Em seguida, as mudas foram transplantadas nos respectivos recipientes os quais, após este processo, foram envolvidos com uma lona plástica de coloração preta para evitar a interferência da luz nas raízes (Novaes et. al., 2002). Para a instalação do experimento foi escolhido o local da casa de vegetação de maior homogeneidade de luz e temperatura. Os tubos foram dispostos seguindo a trajetória diária do sol, com os quadrantes A e B voltados para o leste e C e D voltados para o oeste, onde permaneceram por 30 dias. Durante esse período foi efetuada a irrigação de forma manual, com uso de regador.

A avaliação do potencial de regeneração de raízes, foi efetuado em dias alternados, a partir da contagem dos pontos tocados pelas raízes nas paredes dos tubos, momento em que foram marcados com pincel atômico, visando acompanhar a distribuição espacial das raízes nos respectivos quadrantes, por meio da contagem do número de extremidades de raízes novas presentes nos respectivos quadrantes e nas partes superior e inferior dos recipientes. A avaliação foi finalizada quando as primeiras raízes principiaram a tocar o fundo dos respectivos recipientes.

3.6 Experimento de campo

Este experimento foi instalado em uma área experimental localizada no campo agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Após a limpeza da área, foi efetuado o preparo do solo que constou da abertura de covas nas dimensões 40,0 x 40,0 x 40,0 cm (largura, comprimento e profundidade) utilizando o espaçamento de 3,0 x 3,0 m. Ressalta-se que, tendo em vista as dificuldades encontradas para a aquisição do implemento subsolador, optou-se pelo método de abertura de covas, também considerando o curto período de avaliação das mudas no campo, compreendido de seis meses. Na ocasião, foram retiradas amostras compostas do solo, visando a realização das análises física (Tabela 5) e química (Tabela 6).

Tabela 5- Análise física da amostra de solo da área experimental (0 – 20 cm). Vitória da Conquista- BA, 2022.

Comp. Granulométrica (g kg ⁻¹ TFSA)				
Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm	Classe textural
460	160	20	360	Argila arenosa

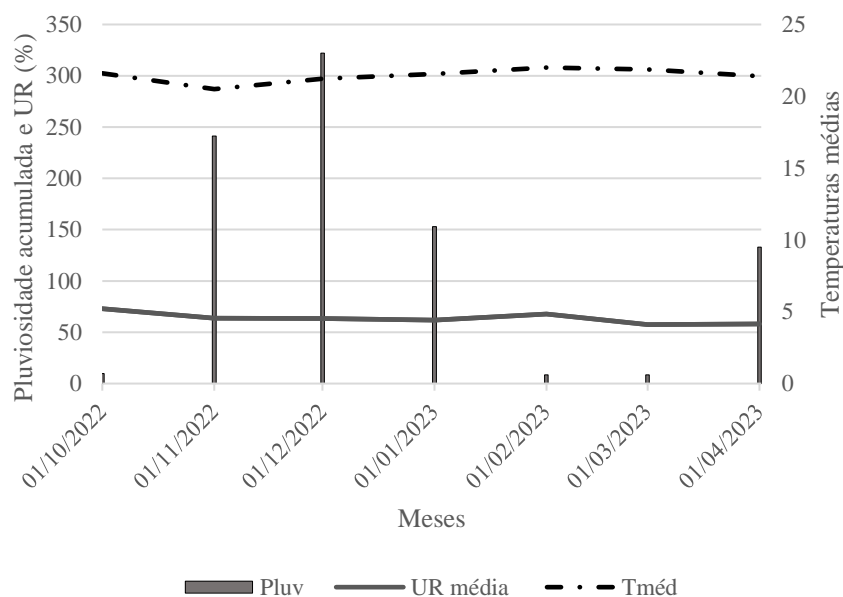
Tabela 6- Análise química da amostra de solo da área experimental. Vitória da Conquista- BA, 2022.

	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H ⁺ Al)	S.B.	t	T	V	m
Prof	H ₂ O (1:2,5)	Mg dm ⁻³	-----cmol dm ⁻³ de solo-----									- % -
0-15 cm	4,6	1	0,10	0,6	0,4	0,6	3,4	1,1	1,7	4,5	24	35

Para P e K, foi utilizado Extrator Mehlich; para Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺, foi utilizado (KCl 1N); e para H + Al³⁺, foi utilizado (CaCl₂ 0,01M e SMP).

Foi efetuada uma adubação de base, utilizando-se 9,2 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, 69 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 23 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio o que correspondeu a 200 g/cova do formulado NPK (04-30-10). A adubação de cobertura foi realizada quatro meses após o plantio, utilizando-se 55 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia e 41 Kg de P₂O₅ na forma de cloreto de potássio.

O plantio foi realizado no dia 17 de outubro de 2022, portanto, uma semana antes de iniciar o período chuvoso na região. O controle de pragas e doenças foi efetuado sempre que necessários, durante os seis meses de condução do experimento. Utilizou-se uma pulverização de fungicida dos grupos químicos estrobilurina e triazol, a base de trifloxistrobina + tebuconazol (0,50 litro ha⁻¹) para o controle da ferrugem (*Puccinia psidii*) e o uso de iscas granuladas a base de sulfluramida + fipronil (10 Kg ha⁻¹) para o controle de formigas cortadeiras (*Atta* spp.). As médias mensais de umidade relativa do ar, temperatura e acúmulo pluviométrico durante a condução do experimento estão dispostos na Figura 3, neste mesmo período, foi efetuado o controle mecânico de plantas daninhas em toda área do experimento.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET/Vitória da Conquista - Bahia (2023).

Figura 3- Médias mensais de umidade relativa do ar (UR), temperatura (média) e acúmulo pluviométrico, no período de outubro/2022 a abril/2023. Vitória da Conquista-BA.

3.6.1 Avaliação do desempenho das plantas no campo

O desempenho das plantas no campo foi avaliado a cada 30 dias e durante seis meses. Neste período avaliou-se o índice de sobrevivência, altura da parte aérea e o diâmetro do coleto.

Ao final do último mês, efetuou-se as avaliações radiciais. Para essa avaliação, retirou-se duas plantas por parcela, escolhidas aleatoriamente por sorteio. Esta operação efetuada com o auxílio de uma pá, enxadete, escavando-se um círculo de aproximadamente 60,0 cm de raio em torno da planta e uma vala de cerca de 60,0 cm de profundidade, visando a retirada total do torrão ou, até onde a raiz principal conseguiu crescer, evitando-se danos às raízes, conforme Novaes et al. (2002). Em seguida ainda no campo, separou-se cuidadosamente da terra das raízes e estas, após identificadas, foram encaminhadas ao Laboratório de Silvicultura, onde realizou-se as avaliações radiciais: a) profundidade do sistema radicial (cm); b) comprimento da raiz principal (cm); c) número de raízes laterais; e d) número de deformações radiciais (dobras, espiralamento e estrangulamento).

3.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos na primeira e terceira etapas do experimento, foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, e não houve a necessidade de transformação. Posteriormente, foi realizada a análise de variância à 95% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo Teste Tukey ($p < 0,05$) utilizando-se o programa estatístico Sisvar, versão 5.6. Em relação ao arranjo fatorial adotado para a análise do PRR, para as variáveis número de raízes regeneradas por porção e número de raízes regeneradas por quadrante, adotou-se como fatores isolados a concentração de AIB e combinação entre clone/ambiente. Para a variável número total de raízes regeneradas, seguiu-se o mesmo esquema fatorial adotado no experimento do viveiro.

Visando atender ao requisito estatístico da normalidade, os dados referentes à variável porcentagem de calos, necessitaram de transformado por \sqrt{x} , para então, realizar a análise da regressão para os dados advindos do experimento de viveiro. Os modelos de regressão foram definidos com base na significância ($p < 0,05$) e pelo maior valor do coeficiente de determinação (R^2). Para a realização da análise estatística, foi utilizado o programa estatístico Sisvar, versão 5.6. Os gráficos foram plotados por meio do programa SigmaPlot. Para as avaliações finais, relativas ao sistema radicial das plantas no campo, foi adotado a análise não paramétrica dos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Obtenção e avaliação dos propágulos

Não houve interação significativa entre clones e ambiente na condução das minicepas ($p>0,05$), quanto ao número de coleta de brotações (Apêndice 1A). Avaliando-se os fatores independentes, o número de coletas não teve influência dos genótipos utilizados. Contudo, o ambiente de condução das minicepas no número de propágulos coletados, sendo observado maiores médias após a utilização de estufins, independente do clone estudado. Quanto ao número de miniestacas, foi constatada interações clones e ambientes ($p<0,05$). Independente do ambiente, observou-se maiores médias do número de brotações para o clone I144 em relação ao clone VE41. Entretanto, o ambiente com estufim foi responsável por maiores médias do número de brotações para ambos os clones estudados, o que refletiu no maior número de coletas realizadas durante os 30 dias neste ambiente (Tabela 7).

Tabela 7- Valores médios do número de coletas (NC) e número de propágulos (NM) em minicepas oriundas dos clones I 144 e VE 41, em ambiente com e sem estufim.

Tratamentos	NC		NM	
	CE	SE	CE	SE
Clone I144	5,6 a	4,0 b	19,9 Aa	14,0 Ab
Clone VE41	5,6 a	4,0 b	16,8 Ba	12,0 Bb

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

As diferenças estatísticas encontradas quanto a avaliação das minicepas dentro e fora dos estufins podem ser explicadas pelo aumento da temperatura, umidade e concentração de CO_2 no seu interior implicando na aceleração do metabolismo, aumento da expansão celular e conseqüentemente, maior crescimento vegetativo. Costella (2022) verificou aumento de temperatura e da umidade dentro dos estufins mesmo em épocas frias com aumento da produtividade de minicepas de clones oriundos de *Eucalyptus saligna* e híbridos de *C. torelliana* x *C. citriodora*. Resultados semelhantes obtidos no

presente estudo foram encontrados por Cunha et al. (2009), ao trabalharem com clones das espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*; e por Batista et al. (2015) em clones de *E. saligna*; *E. urophylla* x *E. globulus ssp*; *E. urophylla* x *E. dunnii*; *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. dunnii*.

A variação na produtividade de brotações por minicepas entre clones é entendida como uma condição genética que cada um individualmente possui e pode ser influenciada por condições intrínsecas e extrínsecas às plantas (Rocha et al., 2013; Wendling, 2003). Essa variação genética foi observada por Titon et al. (2003) em trabalhos com minicepas, na produção de propágulos.

Quanto aos efeitos observados, o processo de transpiração ocasiona perda de CO₂, que em ambientes fechados, são acumulados, promovendo aumento da fotossíntese e incremento da produtividade (Taiz e Zeiger, 2017). Altas temperaturas do ar na região das folhas favorece o desenvolvimento de gemas (Vall e Caldeira, 1978) e, portanto, favorece o aumento de brotações de minicepas no ambiente com estufim. Ferriani et al., 2011, alcançaram maior número de brotos por cepas de *Piptocarpha angustifolia* no verão em relação ao inverno.

O comprimento das miniestacas e a distância entre folhas tiveram efeito da interação entre os fatores clones e ambiente com e sem para na produtividade das minicepas. Enquanto o número de folhas foi influenciado pelo genótipo estudado, mas não apresentou variação quando considerado os ambientes com e sem estufins (Apêndice 2A).

Pode-se observar, conforme a Tabela 8, que os clones apresentam diferenças entre si em relação ao comprimento das s miniestacas e distância entre as folhas. Independente do ambiente com e sem estufim, as maiores médias para ambas as variáveis foram obtidas pelo clone I144 em relação ao clone VE41. Quando submetidas ao ambiente de estufim, as minicepas oriundas dos dois genótipos tiveram aumento em suas médias para o comprimento das brotações, o que resultou na manutenção do padrão de distanciamento entre as folhas nos dois clones. Estes resultados indicam que o uso dos estufins é indicado quando se pretende atingir maiores valores para ambas as características avaliadas para os clones estudados. Resultados similares foram encontrados por Canguçu (2020) em seu estudo sobre diferentes modelos de estufins na produção de minicepas de clones de

Eucalyptus grandis x *Eucalyptus urophylla*. O comprimento atingido pelas miniestacas com o uso do estufim, explica a frequência das coletas neste ambiente.

Tabela 8- Valores médios do comprimento (COMP), distância entre pares de folhas (DEPF) e número de miniestacas por minicepa (NM) oriundas dos clones I144 e VE41, em ambiente com e sem estufim.

Tratamentos	COMP (cm)		DEF (cm)		NF	
	CE	SE	CE	SE	CE	SE
Clone I144	13,3 Aa	12,5 Ab	4,5 Aa	3,1 Ab	5,9 Aa	6,0 Aa
Clone VE41	12,1 Ba	10,0 Bb	3,6 Ba	3,1 Ab	8 Ba	7,9 Ba

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Ainda pode-se observar diferença significativa para o número de folhas produzidas por cada genótipo, com maiores médias para o clone VE41 em relação ao clone I144, entretanto, essa característica não foi influenciada pelo ambiente de condução das minicepas. A presença de folhas nas miniestacas se faz importante, tendo em vista que as mesmas são fontes de auxinas, carboidratos e substâncias que auxiliam no enraizamento (Paiva & Gomes, 2011).

Os padrões de comprimento e manutenção das folhas de miniestacas de eucalipto variam conforme o clone estudado. Alfenas et al. (2009) recomendam a conservação de dois a três pares de folhas, destacando os melhores índices de enraizamento para àquelas estacas com dois pares de folhas, e comprimento variando entre 4,0 a 8,0 cm; enquanto Souza et al., (2013) indicam minicepas para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, com 10,0 cm de comprimento sem redução da área folia, uma vez que a partir desse padrão, foi obtido maiores índices de enraizamento e sobrevivência das mudas, além da melhoria na praticidade operacional. Os mesmos resultados foram encontrados por Moraes, et al. (2014) trabalhando com miniestacas apicais de clones híbridos de *Eucalytus urophylla* x *E. grandis*.

As miniestacas com médias de comprimento acima de 10,0 cm, demonstraram que poderiam ser coletadas antes do período estabelecido no presente trabalho, o que não exhibe uma inaptidão dos tratamentos e sim, aumento de crescimento vegetativo dos

clones, quando submetidos aos manejos de condução de suas minicepas. É importante salientar que, de forma geral, as minicepas produzem brotações vegetativas de forma heterogênea, com respostas diretas às variações endógenas, exógenas e ambientais, o que implica em coletas ou podas sempre que necessário. Foram encontrados por Batista et al. (2015) e Oliveira (2016) folhas das cepas produzidas no MJC utilizando estufim com menor área foliar, o que pode ter sido compensada pelo maior número de folhas, apesar de não serem diferentes estatisticamente. A alteração da forma e do número de folhas, pode indicar uma resposta das plantas às condições ambientais (Taiz e Zaiger, 2017).

4.2 Produção e avaliação da qualidade das mudas no viveiro

4.2.1 Sobrevivência e enraizamento das miniestacas

Não houve diferença estatística pelo teste $F(p < 0,05)$ entre os ambientes de produção de minicepas, com médias estatisticamente iguais entre a sobrevivência e enraizamento de miniestacas, 25 dias após o estaqueamento. Os clones I144 e VE41 se comportaram de forma similar quanto a sua porcentagem de enraizamento, não havendo diferença estatística entre os genótipos. Houve efeitos do AIB sobre o percentual de sobrevivência das mudas na saída da casa de enraizamento, conforme análise de regressão (Figura 4). Maiores percentuais foram obtidos a partir de 2.400 mg L^{-1} de AIB para o clone I144, chegando-se a 93% de sobrevivência e ainda, 2.080 mg L^{-1} de AIB para o VE41 com máxima de 86% de sobrevivência. Pode-se afirmar contudo, que as concentrações maiores tendem a apresentar efeitos negativos sobre a sobrevivência das miniestacas, como demonstrado pela diminuição do seu percentual a partir das concentrações, 4.640 e 5.120 mg L^{-1} de AIB observadas nesta Figura.

Apesar da alta sobrevivência das miniestacas, seu enraizamento não é garantido, uma vez que estas podem permanecer vivas mesmo sem o lançamento de raízes em sua base (Apêndice 1E), ocorrendo sua mortalidade apenas na fase de aclimação ou quando estas seguem para a área de pleno sol.

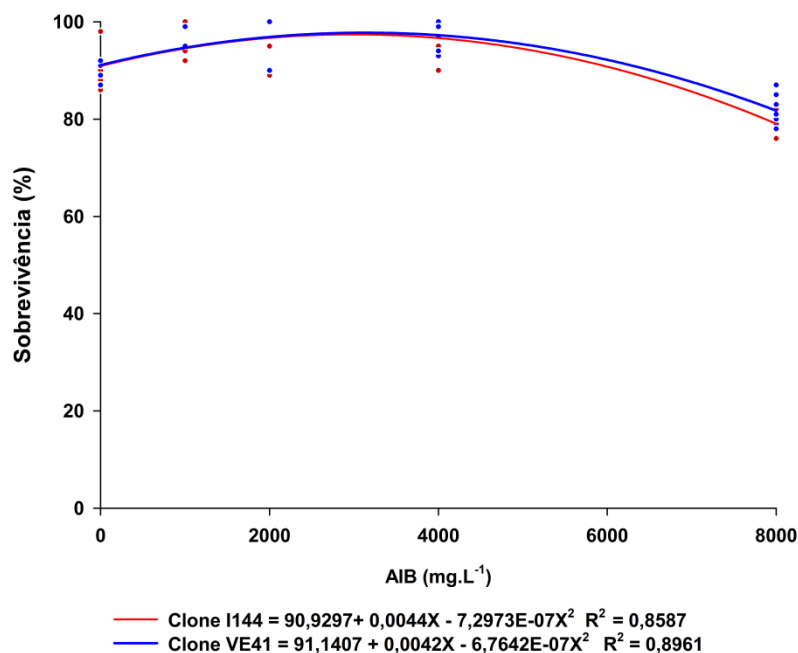


Figura 4- Percentual de sobrevivência de miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.

O percentual de enraizamento obtido difere entre os genótipos pelo teste F ($p < 0,05$) (Tabela 9; Apêndice 1B), onde pode-se observar que a maior média para esta variável é proveniente de miniestacas do clone I144. Conforme a análise de regressão (Figura 5) foi possível observar que ocorreu um crescimento gradual na percentagem de enraizamento das miniestacas produzidas para ambos os clones estudados à medida em que aumentou a concentração de AIB até o nível de 4.160 mg L^{-1} para o I144 e 4.000 mg L^{-1} para o VE41, onde verificou-se que a partir deste ponto, houve progressiva queda verificada principalmente nas concentrações superiores de AIB, tal qual a característica de sobrevivência (Figura 4). O efeito tóxico do AIB foi observado por Goulart (2012) com a veiculação de uma concentração de 2.000 mg L^{-1} em miniestacas de *Eucalyptus benthamii*, demonstrando que os estudos de enraizamento devem ser diretos e específicos para cada material genético.

Ao estudarem clones de *Eucalyptus cloeziana*, Almeida et al. (2017) obtiveram resultados semelhantes ao do presente estudo, com redução do percentual de sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação com o aumento da dosagem de AIB para o clone C10. Já Titon et al. (2003 b) observaram que a aplicação da dosagem

de 2.000 mg L⁻¹ de AIB em clones de *Eucalyptus grandis* proporcionou decréscimo nos percentuais de enraizamento, mesmo não afetando a sobrevivência na saída da casa de sombra. Apesar do uso crescente de AIB para a promoção do enraizamento adventício em espécies florestais (Brondani et al., 2010; Almeida et. al, 2007), na ausência de aplicações de auxinas sintéticas, percentuais de enraizamento de miniestacas na saída da casa de vegetação e da casa de sombra foram superiores a 90% (Goulart et al., 2008); atrelando o alto potencial de enraizamento intrínseco aos diferentes genótipos.

Tabela 9- Percentual de enraizamento de miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.

Concentração de AIB (mg L ⁻¹)	ENR (%)
Clone I144	67,3 a
Clone VE41	54,7 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey(p<0,05).

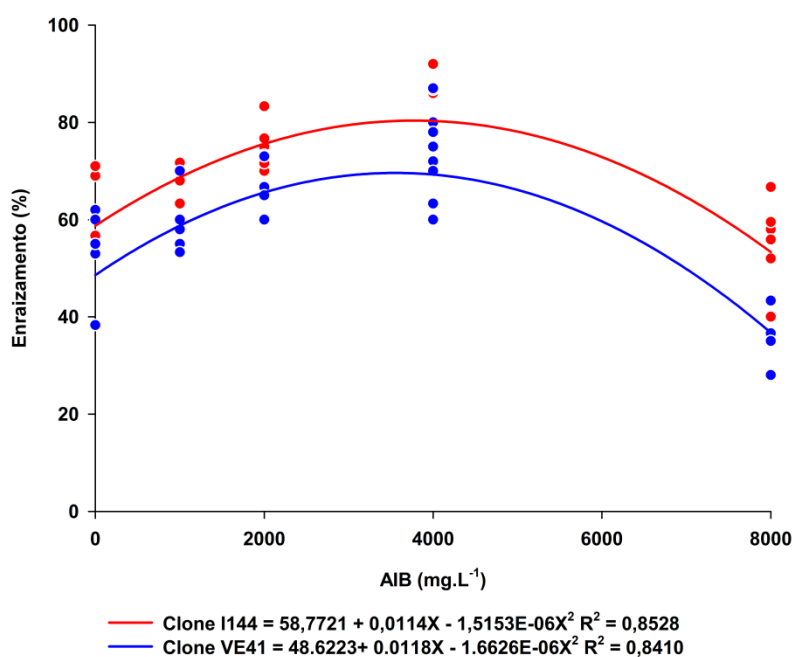


Figura 5- Percentual de enraizamento de miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.

Quanto ao percentual de calos, este variou conforme o material genético e as concentrações de AIB (Tabela 10), com interação significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$) (Apêndice 1B). Para o clone I144, o aumento da concentração do regulador induziu proporcionalmente a produção de calos na base das miniestacas (Apêndice 2E), uma vez que os percentuais elevaram-se de 19,0%, para 49,0% na testemunha. O mesmo efeito não ocorreu com o clone VE41, o qual diferiu do primeiro por possuir valores médios superiores, mas constante conforme as variações das concentrações do regulador. Contrastando com esse resultado, Rocha et al. (2022) utilizando a concentração de 8.000 mg L^{-2} , observaram um decréscimo na quantidade de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* \times *E. pellita* portando calos. Leone (2019) chama a atenção para sistemas radiciais de mudas de eucalipto formados a partir de calos, tendo em vista a possibilidade de ocasionar déficit de transporte orgânico e inorgânico.

Nos padrões anatômicos de enraizamento indiretos, há um estado inicial não competente de células inábeis, que após indução e formação de calos na região basal, ocorre a diferenciação em primórdios radiculares (Hartmann et al., 2002). Os explantes recalcitrantes podem apresentar a capacidade rizogênica aumentada subsequente à formação de calos. Todavia, Goulart et al. (2014), reporta que a formação de calos durante o início da rizogênese não garante indução radicial indireta, necessitando de análises histológicas para determinar esses padrões, para além disso, podem aparecer durante a reprodução assexuada de clones de eucalipto com facilidade de enraizamento.

Tabela 10 - Percentual de calos (%calos) encontrados em miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.

Tratamentos	Calos (%)				
	Concentrações de AIB (mg L^{-1})				
	0	1000	2000	4000	8000
Clone I144	19,0 Bc	29,0 Bbc	34,0 Babc	41,0 Bab	49,0 Ba
Clone VE41	68,0 Aa	66,0 Aa	68,0 Aa	70,0 Aa	71,0 Aa

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Para a maioria das características a seguir, houve interação significativa entre os fatores clone e concentração de AIB (Apêndice 2B). Na Tabela 11 encontram-se os dados

do número de raízes > 3,0 cm, obtidos de miniestacas dos clones estudados. O I144 apresentou as maiores médias para esta variável em relação ao clone VE41, quando analisado a testemunha e as concentrações 1.000 e 8.000 mg L⁻¹ de AIB, sem diferença entre as médias nas demais concentrações. Quanto ao clone I144, o tratamento controle e as concentrações de AIB 1.000 e 2.000 mg L⁻¹ não diferiram estatisticamente, podendo ser explicado pelo bom percentual de enraizamento que este já possui, enquanto que a concentração máxima promoveu a redução dos valores dessa variável. Em contrapartida, as concentrações 2.000 e 4.000 mg L⁻¹ de AIB, induziram o clone VE41 a expressar essa característica ao máximo. Menores médias foram encontradas em miniestacas tratadas em concentrações extremas, sugerindo que mudas de menores quantidades de raízes chegarão à fase de expedição com sistemas radiciais menos robustos. Neste sentido, a utilização do estufim promoveu o decréscimo das médias de raízes de comprimentos menores que 3,0 cm em todas as concentrações de AIB incluindo a testemunha, não indicando o uso desse ambiente com o objetivo de promover o incremento de raízes em minicepas oriundas dos clones utilizados no presente estudo.

Tabela 11- Valores médios de número de raízes > 3,0 cm (NR>3cm) obtidas em miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41 com e sem estufim, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.

Tratamentos	Concentrações de AIB (mg L ⁻¹)				
	0	1.000	2.000	4.000	8.000
Clone I144	2,2 Aabc	2,7 Aa	2,5 Aab	2,1 Bbc	1,6 Ac
Clone VE41	1,7 Bb	1,8 Bb	2,5 Aa	3,0 Aa	1,9 Ab
Com Estufim	1,8 Bb	1,8 Bb	2,2 Ba	2,4 Aa	1,9 Ab
Sem Estufim	2,1 Aab	2,8 Aa	2,8 Aa	2,6 Aa	1,6 Ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

A análise de variância referente ao número total de raízes mostrou interação significativa entre os fatores clone e concentrações de AIB. De acordo com a análise dos dados apresentados na Tabela 12, foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Para o clone I144, os tratamentos utilizando AIB foram estatisticamente iguais à testemunha, até a concentração de 4.000 mg L⁻¹, com destaque para a diferença

estatística encontrada na maior concentração de AIB, que foi responsável pela menor média desta variável. Já para o clone VE41, a maior média foi alcançada pelo tratamento com 4.000 mg L⁻¹, apesar de não ser observada diferença estatística em relação aos demais tratamentos, enquanto que a menor média foi observada na testemunha.

Entre os clones, a diferença significativa foi observada quando avaliada as testemunhas, em que a maior média foi conseguida pelo clone I144. Este resultado demonstra as dificuldades de enraizamento de miniestacas oriundas do clone VE41 e confirma os efeitos positivos do AIB sobre o seu enraizamento, o em miniestacas tratadas na concentração de 4.000 mg L⁻¹ de AIB. Ao estudarem o número de raízes por miniestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e *E. grandis* x *E. globulus*, Borges et al. (2011) não encontraram diferenças estatísticas entre as concentrações de AIB, o que foi conseguido por Oliveira et al. (2012), avaliando clones destes mesmos híbridos. Com base nos resultados destes autores e conseguido no presente trabalho, pode-se observar a variação de respostas apresentadas em cada material genético, quando da utilização do AIB com a finalidade de potencializar a emissão de raízes. Para Biondi et al. (2008), a quantidade de raízes emitida na base de miniestacas é uma característica quantitativa e mais importante que o comprimento das raízes, visando garantir a sobrevivência e crescimento após o plantio, considerando que maior número de raízes pressupõe-se aumento de absorção por água e nutrientes.

Tabela 12- Valores médios do número total de raízes (NTR) obtidas em miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.

Concentração de AIB (mg L ⁻¹)	Clones	
	I144	VE41
0	4,9 Aab	3,8 Bb
1.000	5,4 Aa	4,5 Aab
2.000	5,2 Aa	4,5 Aab
4.000	5,7 Aa	5,1 Aa
8.000	3,8 Bc	4,3 Aab

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Observou-se efeito significativo do fator concentração de AIB sobre o comprimento da maior raiz das miniestacas (Tabela 13; Apêndice 3E). As médias obtidas dos tratamentos com utilização do AIB, a partir da concentração de 2.000 mg L⁻¹ foram responsáveis pelo aumento do comprimento das raízes, sendo estatisticamente diferentes e superiores aos tratamentos com 1.000 mg L⁻¹ de AIB e, também, com a testemunha. Titon et al. (2001) alcançaram médias semelhantes a partir do tratamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* com 2.000 mg L⁻¹ de AIB. O crescimento e alongamento radicial corresponde a uma expansão de novas células na raiz (Abiri et al., 2020). Para Borges et al. (2011) raízes de maiores comprimentos, observadas na parte inferior do tubete, é um critério que indica miniestacas enraizadas, indicando mudas aptas a serem transferidas para a área de rustificação.

Tabela 13 - Valores médios do comprimento da maior raiz (CMR) obtidos em miniestacas oriunda dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.

Concentração de AIB (mg L ⁻¹)	CMR
0	13,3 b
1.000	13,8 b
2.000	18,0 a
4.000	18,2 a
8.000	18,2 a

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Houve interação significativa entre clones e concentração de AIB e clones e ambiente de produção de propágulos, com e sem estufins. Na Tabela 14 encontram-se os dados do comprimento médio de raízes. Observou-se que as maiores médias, com exceção da testemunha, coube ao clone I144, alcançando os maiores valores em 4.000 mg L⁻¹ de AIB, ainda que não tenha observada diferença estatística para o clone VE41, as maiores médias foram obtidas na concentração 2.000 mg L⁻¹ de AIB, não observando

diferença estatística. Resultados similares foram alcançados por Brondani et al. (2014), considerando o comprimento total de raízes de mudas de *Eucalyptus benthamii*.

Os dados de comprimento de raízes obtidos com e sem estufins encontram-se na Tabela 15. Mais uma vez, o clone I144 destacou-se com as maiores médias para essa variável, inclusive em relação ao clone VE41, apresentando diferença significativa. Miniestacas do clone I144 conduzidas sem estufins apresentaram as maiores médias, apesar de não ter sido constatada diferença estatística. O uso do estufim pode ser positivo para a melhoria significativa na qualidade do enraizamento de mudas (Assis, 2011). Entretanto, no presente estudo, não houve diferença no ambiente de estufim, corroborando com resultados obtidos por Rocha (2019). As médias mais baixas foram obtidas de miniestacas oriundas do clone VE41. Conforme Dias et al. (2012), propágulos obtidos a partir da secção apical das brotações apresentam maior acúmulo de auxina endógena, importante no processo rizogênico, além de menor idade ontogenética o que contribui para a diferenciação celular e emissão de raízes.

Tabela 14 - Valores médios de comprimento de raízes (CM), obtidas em miniestacas oriunda dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.

Clones	Concentrações de AIB (mg L ⁻¹)				
	0	1000	2000	4000	8000
Clone I144	4,6 Ab	5,8 Ab	8,0 Aa	8,8 Aa	5,9 Ab
Clone VE41	5,1 Abc	4,7 Abc	6,9 Ba	5,9 Bab	4,0 Bc

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Tabela 15 - Valores médios de comprimento de raízes (CM), obtidas em miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, com e sem estufim, 25 dias após o estaqueamento.

Clones	CE	SE
Clone I144	6,2 Aa	7,1 Ab
Clone VE41	5,5 Ba	5,2 Ba

Médias seguidas da mesma letra, minúscula maiúscula na coluna maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

4.2.2 Morfoanatomia do enraizamento adventício

Os estudos realizados com as miniestacas, oriundas dos dois clones, revelaram características anatômicas semelhantes, portanto, não há condições de diferenciação no desempenho do enraizamento. O crescimento secundário em todas as amostras estudadas foi evidente, caracterizado pela atividade do câmbio, com xilema e floema secundários bem desenvolvidos (Figura 6 A e B). O caule é recoberto por epiderme (Ep) íntegra e região cortical formada por células parenquimáticas com paredes finas (parênquima cortical, Pc) e com idioblastos contendo óleo (Id) apresentando-se distribuídos no córtex (Figura 6 A e B). A região vascular, decorrente da atividade do câmbio vascular (Cv), foi constituída por células do xilema (Xl), em maior proporção e do floema (Fl) secundários. No centro dos cortes transversais verificou-se a presença da medula (Md), constituída por células parenquimáticas (Figura 6 A e B). Não há formação de anel de esclerênquima contínuo.

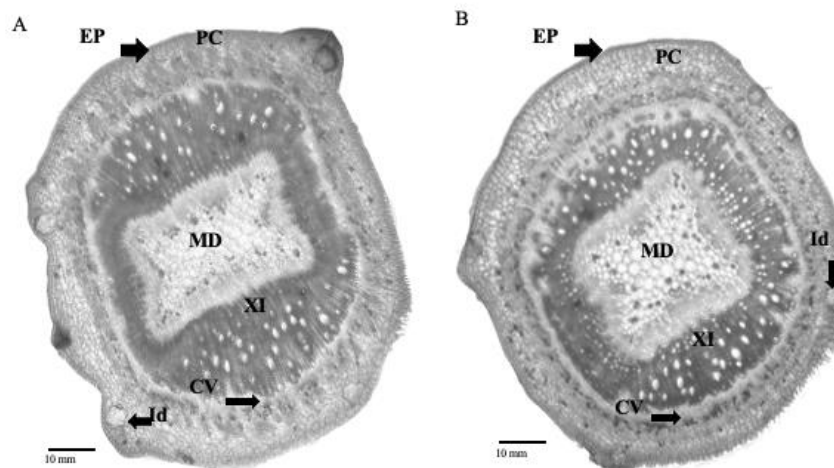


Figura 6-: Corte histológico na base das miniestacas dos clones I144 (A) e VE41 (B) antes do estaqueamento. Cortes transversais Id = idioblastos com óleo; Ep = epiderme; Fl = floema secundário; Md = medula; Pc = parênquima cortical; Xl = xilema secundário.

Conforme os estudos, os primórdios radiculares foram formados a partir do câmbio vascular, fato evidenciado pela vigorosa proliferação de células nesta região (Figura 7A, B, C e D). Em relação ao padrão de desenvolvimento radicial, observou-se

rizogêneses direta (Figura 7A, B, C e D) e indireta (Figura 7 E). Observando a Figura 2E é possível observar a formação simultânea de raízes adventícias com rizogênese direta e indireta. Já na Figura 7D e E observa-se o estabelecimento de uma conexão entre a raiz recém-formada e o câmbio vascular do caule, tanto na rizogênese direta quanto na indireta.

Quanto a formação de massas celulares indiferenciadas (calos), estas ocorreram na base das miniestacas (Figuras 2F, G e H), sendo maior a quantidade naquelas submetidas a 8.000 mg.L⁻¹ de AIB. Nas Figuras 7 F e G é possível observar a formação simultânea de calos e raízes adventícias. Os calos formaram-se próximos ao câmbio vascular e expandiram em direção a epiderme, compostos por células do parênquima recobertas por uma epiderme unisseriada (Figura 7F, G e H).

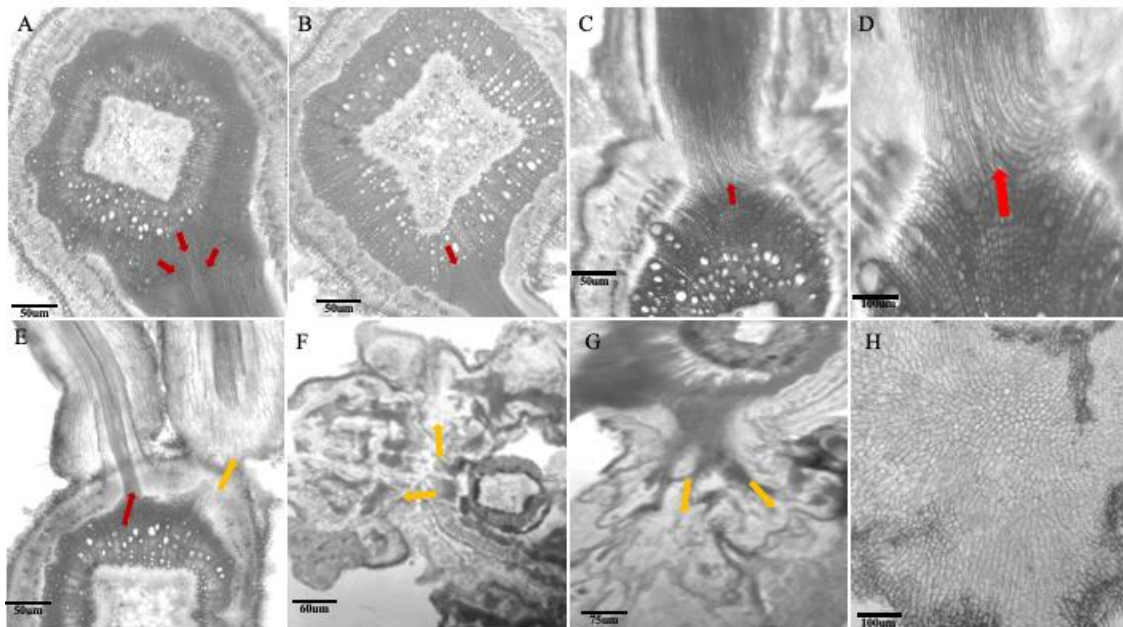


Figura 7- Micrografias de cortes histológicos da rizogênese direta (setas vermelhas) em miniestacas provenientes de minicepas conduzidas em ambiente com e sem estufins dos clones I144 (A e B, respectivamente) e VE41 (C e D, respectivamente). Rizogênese indireta (setas amarelas) em miniestacas oriundas dos clones I144 (E e F, respectivamente) e VE41(G e H, respectivamente), conduzidas em ambiente com e sem estufins. Cortes transversais.

No presente estudo, observou-se uma tendência de enraizamento com maior número de raízes diretas, em miniestacas oriundas de minicepas cultivadas em ambientes

de estufins. A Relação positiva dos propágulos, produzidos em ambiente com estufim no enraizamento direto dos dois clones estudados, pode estar relacionada ao nível endógeno de auxina e cofatores de enraizamento, como, por exemplo, açúcares no interior desse ambiente. Contudo, no geral, o enraizamento direto prevalece em relação ao enraizamento indireto, nas miniestacas dos dois clones em ambientes com ou sem estufim (Figura 8), sem a interferência da aplicação de AIB. Nesta situação, observou-se a formação de maior número de calos em miniestacas tratadas com 8.000 mg.L⁻¹ de AIB, sem contudo, influenciar na proporção da rizogênese direta. Onde há formação de grande quantidade de calos na base das miniestacas, as raízes formam acima dessa região.

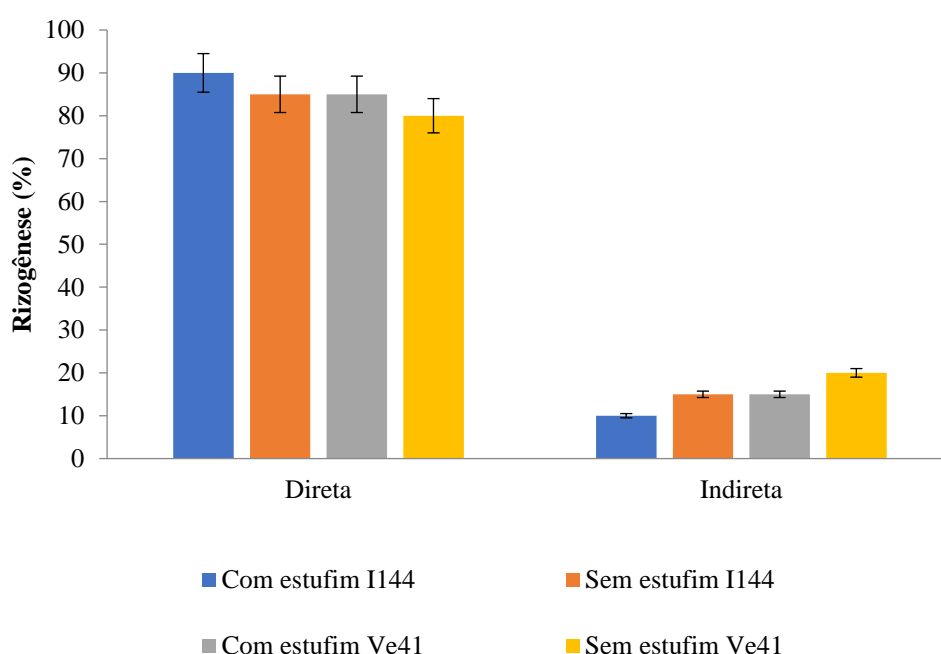


Figura 8 - Rizogênese direta e indireta em miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41, em ambientes com e sem estufins.

Quanto à origem das raízes adventícias em estacas caulinares, pode ser bastante variável de acordo com a espécie vegetal e os tipos de propágulos (Sá et al., 2022). Alguns estudos, que relatam os processos anatômicos do enraizamento adventício em espécies florestais, indicam que as raízes adventícias são usualmente originárias de células parenquimáticas do floema secundário mais jovem, podendo também originar a partir de outros tecidos vegetais como câmbio, raios vasculares, lenticelas ou medula (Brondani et

al., 2012; Macedo et al. 2013; Goulart et al., 2014; Bryant e Trueman, 2015; Jagiello-Kubiec et al., 2021; SÁ et al., 2022). Tal fato pode estar relacionado com a elevada capacidade regenerativa e de reprogramação das células cambiais e parenquimáticas do floema. Dessa forma, com as sucessivas divisões celulares, ocorre a formação do primórdio radicular com origem endógena e desenvolvimento direcionado à periferia da miniestaca.

Em se tratando das miniestacas em estudo, a formação de primórdios radiculares ocorreu a partir do câmbio vascular, fato também relatado para outras espécies arbóreas florestais, como *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (genótipo H1) (Goulart et al. 2014), *Piptocarpha angustifolia* (Ferriani et al. 2008), *Corymbia torelliana* e *Eucalyptus camaldulensis* (Bryant e Trueman 2015), *Ilex paraguariensis* (SÁ et al., 2022).

Em certos casos, a presença de células do esclerênquima pode retardar ou obstruir completamente a emissão de raízes em propágulos vegetativos (Lima et al. 2011; Wendling et al. 2015). Para os clones estudados, as miniestacas oriundas de minicepas cultivadas com e sem estufins não exibiram uma camada contínua de esclerênquima entre as células do floema e o parênquima cortical não havendo, portanto, barreiras anatômicas que pudessem impedir o enraizamento adventício.

Neste estudo, houve a formação de calo na base das miniestacas, o que pode caracterizar o padrão indireto da rizogênese, entretanto, não foi observada na análise histológica prevalência da formação de raízes indiretas, mas sim direta (85%). Apesar de a maioria das miniestacas enraizadas dos genótipos estudados apresentarem formação simultânea de calos e raízes adventícias, o que, à primeira vista, pode indicar o predomínio da rizogênese indireta. Análises anatômicas, entretanto, mostraram que raízes e calos foram emitidos próximos ao câmbio vascular e ainda, nesta região de grande formação de massa celular, foi observada baixa quantidade de raízes adventícias. Neste sentido, as raízes diretas formaram acima da região de grande incidência de calos. Em estudos desenvolvidos por Brondani et al. (2012) com *Eucalyptus benthamii*, análises anatômicas demonstraram que o desenvolvimento do calo pode prejudicar a conexão vascular entre a raiz recém-formada e o caule das miniestacas, comprometendo a formação de plantas funcionais.

4.3 Avaliação da qualidade das mudas produzidas no momento da expedição

Não houve efeito significativo da condução de minicepas sobre as características avaliadas ($p > 0,05$). O teste de Tukey foi utilizado para comparar as médias de todos os tratamentos estudados, no entanto, como não houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem o uso de estufins, são apresentados apenas os resultados considerando os tratamentos entre clones e concentrações de AIB (Apêndices 1C, 2C e 3C).

4.3.1 Altura (H), Diâmetro de colo e Relação H/D

Não houve diferença significativa entre as médias referentes à altura da parte aérea entre os dois clones estudados. Conforme a Figura 9, pode-se observar, comportamento similar para ambos os clones em relação às concentrações de AIB. Ainda considerando esta Figura, mudas oriundas do clone I144 alcançaram seu potencial de desenvolvimento vegetativo em altura, quando as miniestacas foram tratadas com 3.680 mg L^{-1} de AIB (28,1 cm). Entretanto, para o clone VE41, a partir da concentração de 3.200 mg L^{-1} de AIB já apresentava maiores médias para essa variável (23,7 cm), levando-se ao entendimento de que, para o incremento em altura, este clone já consegue responder com menores quantidades de AIB, quando comparado com o clone anterior. Para ambos os clones, a redução das médias iniciaram a partir da concentração de 4.480 mg L^{-1} de AIB, indicando que concentrações crescente desse regulador reduzem o incremento em altura da parte aérea. Com altura variando entre 20,0 a 40,0 cm e diâmetro acima de 2 mm, as mudas florestais são consideradas aptas a serem expedidas para o campo, assegurando maior sobrevivência após plantio (Xavier e Silva, 2010). Frente ao exposto, pode-se afirmar que as mudas que chegaram à saída da área de pleno sol, alcançaram o padrão ideal de uso.

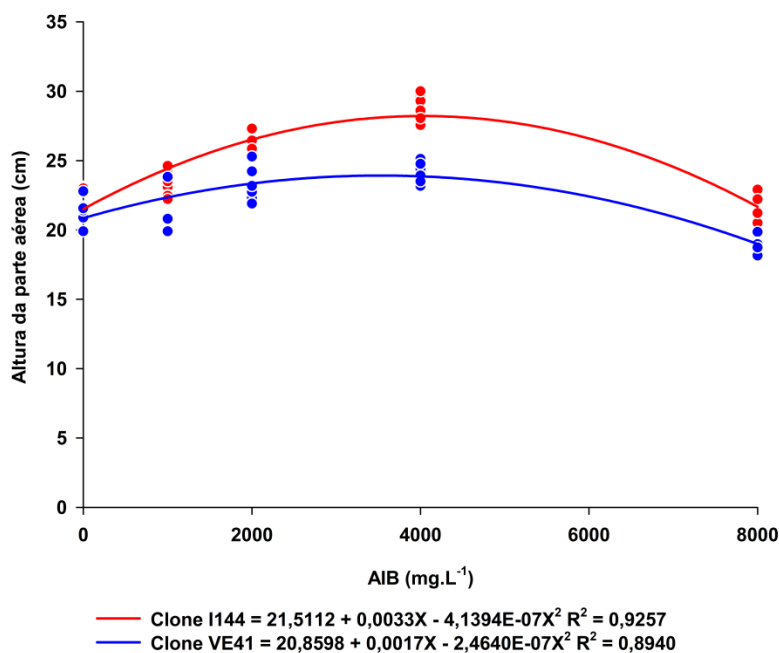


Figura 9- Desenvolvimento em altura da parte aérea de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Quanto ao diâmetro de colo, o clone I144 apresentou os maiores valores para essa variável em relação ao clone VE41, com médias aproximadas, porém, com diferenças significativas (Tabela 16). Os resultados relativos as respostas dos dois clones em relação às variáveis estudadas, demonstra a diferença genética entre os mesmos Titon et al. (2003) reforça a importância da escolha do material genético para a propagação vegetativa. Quando os indivíduos foram tratados com diferentes concentrações de AIB, tiveram respostas similares à mesma variável anterior (Figura 10), com maiores médias alcançadas frente às concentrações 3.840 mg L⁻¹ de AIB, indicando que o regulador vegetal contribuiu para o aumento do diâmetro de colo das mudas de ambos os clones de forma similar. Da mesma forma, a partir das concentrações 4.640 mg L⁻¹ de AIB e 4.800 mg L⁻¹ de AIB, para o I144 e VE41 respectivamente, as médias principiaram a decrescer.

Tabela 16 - Valores médios do diâmetro de colo (DC) obtidas em mudas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento

Tratamentos	DC (mm)
-------------	---------

Clone I144	2,7 a
Clone VE41	2,3 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

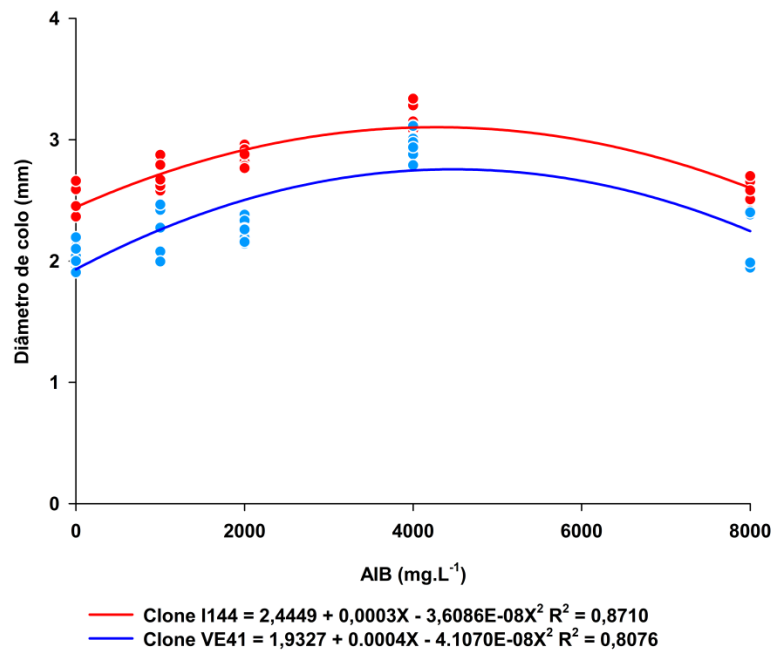


Figura 10- Desenvolvimento em diâmetro de colo de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Ao trabalharem com mudas de híbridos de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita*, submetidas ao ambiente de estufim e as mesmas concentrações de AIB descritas no presente trabalho, Rocha et al. (2022) alcançaram médias de 31,5 cm e 2,59 mm para as variáveis altura e diâmetro de colo.

Os dados referentes à relação H/D estão dispostos na Tabela 17 onde as maiores médias foram alcançadas em mudas tratadas com 2.000 mg L⁻¹ de AIB, não diferindo estatisticamente da testemunha, que atingiu valor intermediário, sendo estatisticamente igual aos demais tratamentos. As médias de altura da parte aérea e diâmetro de colo, obtidas no presente estudo, reforçam estes resultados, tendo sido observados maiores valores em altura frente a valores moderados e mais próximos aos da variável diâmetro de colo, implicando em aumento da relação H/D.

Tabela 17- Valores médios da relação H/D, de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Concentrações de AIB (mg L ⁻¹)	H/D
0	9,5 ab
1.000	8,8 b
2.000	10,0 a
4.000	8,7 b
8.000	8,6 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

A partir dos tratamentos com menores médias, pode-se afirmar que houve indução do crescimento tanto em altura quanto em diâmetro de forma mais homogênea. Esta afirmativa se alicerça na premissa do equilíbrio entre o crescimento primário e secundário, observados após divisão para obtenção da relação H/D. Carneiro (1995) indica uma relação H/D entre 5,6 a 8,1 para mudas de *Pinus taeda*, entretanto, Caldeira et al. (2013) afirmam que os índices de H/D recomendados para as demais espécies podem ser inadequados para mudas de eucalipto. Toledo et al. (2015) recalcularam esses índices para mudas de eucalipto, estendendo sua recomendação para valores entre 10 e 15 H/D. Dentro dessas perspectivas, pode-se afirmar que nenhum dos tratamentos foram responsáveis por mudas fora do padrão de qualidade, consolidando os resultados quando confrontados com àqueles adquiridos após o plantio, com promissor desenvolvimento das plantas.

Desta forma, ao analisar o conjunto de dados advindos deste critério de avaliação de mudas, o presente trabalho corrobora com os demais autores, que obtiveram valores similares para esta característica, quando mudas clonais de eucalipto apresentaram qualidade satisfatória com valores da relação H/D entre 8,0 e 12 (Ataíde et al., 2019; Silva et al., 2018; Toledo et al., 2015).

4.3.2 Biomassa fresca das partes aérea e raiz

A biomassa fresca da parte aérea apresentou o mesmo padrão de variação que o diâmetro de colo, com diferença significativa entre os clones e concentração de AIB (Tabela 18), onde o clone I144 apresentou maiores médias, enquanto que a aplicação de

AIB incidiu, da mesma forma, sobre ambos os clones, com incremento máximo de biomassa fresca da parte aérea, após as minicepas serem tratadas com 3.521 mg L⁻¹ de AIB para o I144 e 3.360 mg L⁻¹ de AIB, para o VE41 (Figura 11). Este resultado pode ser atrelado ao aumento da biomassa fresca de raiz, possibilitando a maximização da translocação de água e nutrientes para a parte aérea, tendo em vista o desenvolvimento ideal das raízes terem contribuído para o acúmulo de biomassa fresca da parte aérea (Duarte et al. 2012). Resultados advindos das variáveis altura e diâmetro de colo culminaram nos valores adquiridos após a pesagem da biomassa fresca das mudas, tanto para as maiores médias, quanto para o baixo incremento de biomassa fresca, observado quando a concentração de AIB elevou-se.

Tabela 18 - Valores médios de biomassa fresca da parte aérea (BMFPA), de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Concentrações de AIB (mg L ⁻¹)	BMFPA (mg)
Clone I144	2,3 a
Clone VE41	1,7 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

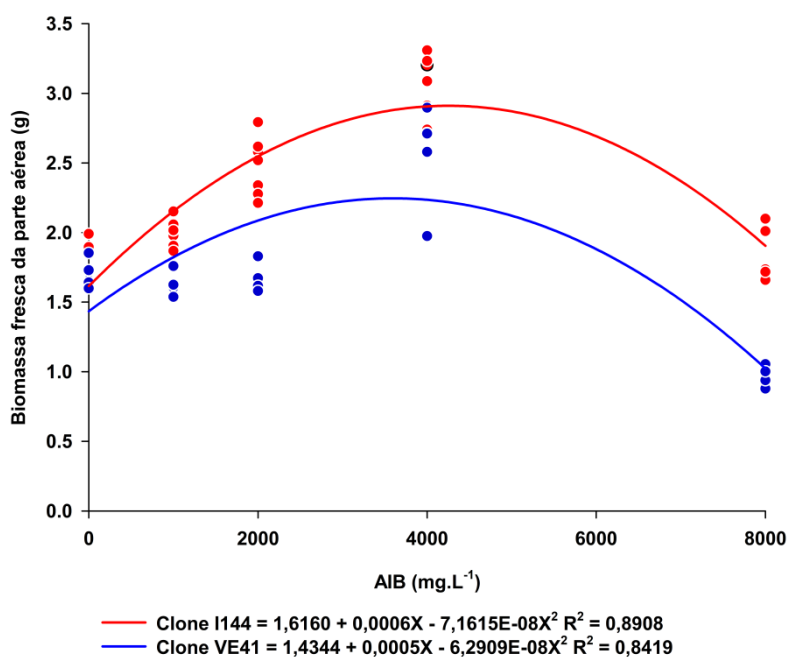


Figura 11- Comportamento da variável biomassa fresca da parte aérea (BMFPA) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Ainda considerando a biomassa fresca da raiz, o clone I144 segue com maiores médias quando comparadas com as obtidas pelo VE41, todavia, não houve diferença estatística entre si. Mudas de ambos os clones responderam à concentração de 4.160 mg L⁻¹ de AIB (Figura 12), que contribuiu para o aumento da biomassa fresca do sistema radicial de 0,500 e 0,262 mg (testemunha) para 1,191 e 0,909 mg. Os valores de enraizamento encontrados após a avaliação das miniestacas, aos 25 dias após estaqueamento, foram precursores dos resultados para esta variável, uma vez que o maior enraizamento ocasionou volume de raiz suficiente para o aumento da biomassa fresca do sistema radicial.

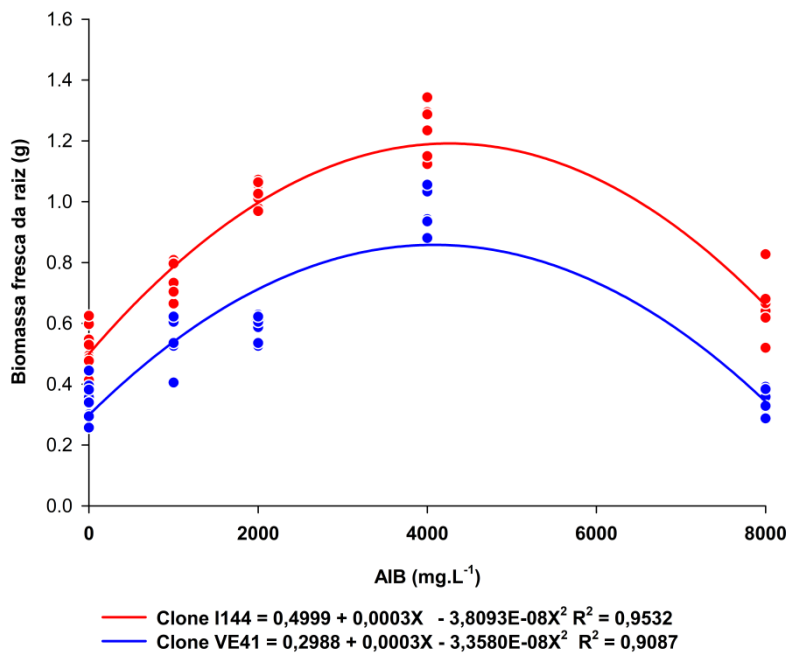


Figura 12- Comportamento da variável biomassa fresca da raiz (BMFR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

O estado fisiologicamente ativo das raízes pode variar ao longo do tempo e da função que estas exercem (Taiz & Zeiger, 2017). Conforme estes autores, as zonas meristemáticas de crescimento são túrgidas e pouco lignificadas, portanto, essas raízes finas, identificadas por sua coloração esbranquiçada, são responsáveis pela absorção e fazem parte da biomassa fresca das mudas, devendo ser consideradas. Fatores externos e outras tecnologias ajustáveis para a produção de mudas são capazes de influenciar positivamente para maior produção de biomassa fresca das raízes (Caldeira et al., 2013; Lima e Souza, 2014; Mendonça et al., 2016; Toledo et al., 2015).

A maior produção de biomassa fresca principalmente das raízes, pode influenciar na sobrevivência das mudas após o plantio, quando o volume do sistema radicial contém maiores quantidades de ápices que exercem papel importante no processo de absorção (Reis et al., 1998). A biomassa inicial de mudas de *Eucalyptus* spp., com melhor padrão de qualidade foi responsável por incremento no crescimento em altura e diâmetro das plantas ao longo de dois e três anos, segundo Shi et al. (2019). Concentrações próximas de 4.000 mg L⁻¹ de AIB sugere-se a mais indicada no incremento dessa variável, a qual foi considerada importante por maiores ganhos em crescimento das plantas após o plantio, independente do material genético avaliado.

4.3.3 Biomassa seca das partes aérea, raiz e total

As maiores médias alcançadas para a variável biomassa seca da parte aérea foram conseguidas a partir das concentrações de 4.160 e 3.840 mg L⁻¹ de AIB, com declínio desta variável quando as concentrações atingiram 4.960 e 4.320 mg L⁻¹ para os clones I144 e VE41 respectivamente (Figura 13). Esta resposta está de acordo às características estudadas anteriormente, referentes a altura, diâmetro e biomassa fresca da parte aérea. A biomassa seca da parte aérea é tida como um bom parâmetro indicativo da capacidade de sobrevivência das mudas no campo (Gomes e Paiva, 2013).

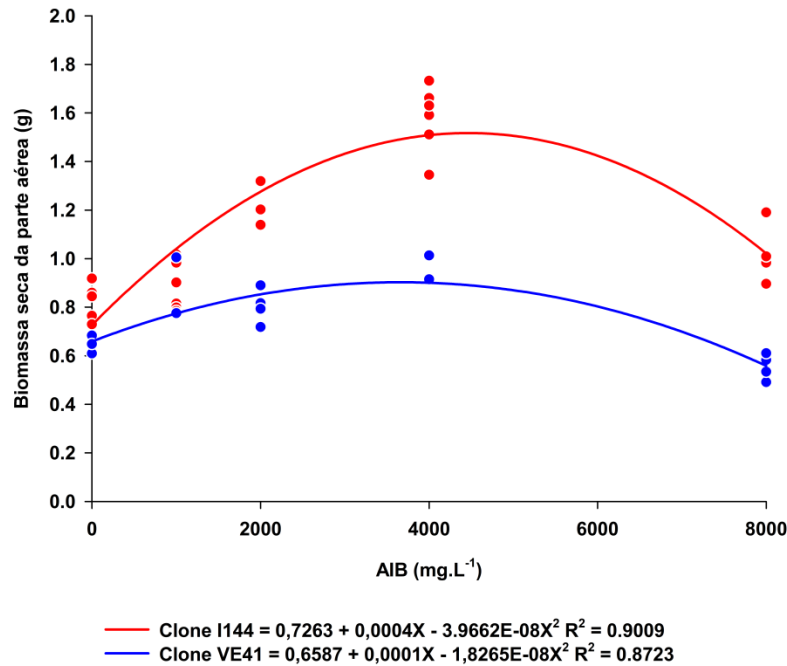


Figura 13- Comportamento da variável biomassa seca da parte aérea (BMSPA) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

As maiores médias de biomassa seca de raiz foram obtidas em mudas submetidas a concentrações próximas a 4.000 mg L⁻¹ de AIB. Já as menores médias para essa variável foram obtidas de mudas sem tratamentos de AIB (testemunha), e em concentrações elevadas.

Analisando a Figura 14, o clone I144 mostrou-se superior quanto a biomassa seca de raízes, apresentando maiores médias para essa variável em concentrações de 4.160 mg L⁻¹ AIB. Já o clone VE41, com médias mais baixas para essa variável ainda assim, apresentou o maior número de raízes fisiologicamente ativas, desprezíveis sob o ponto de vista de peso seco, mas importantes no processo de absorção da solução do solo, o que ficou evidenciado com o bom desenvolvimento de suas mudas no campo após o plantio.

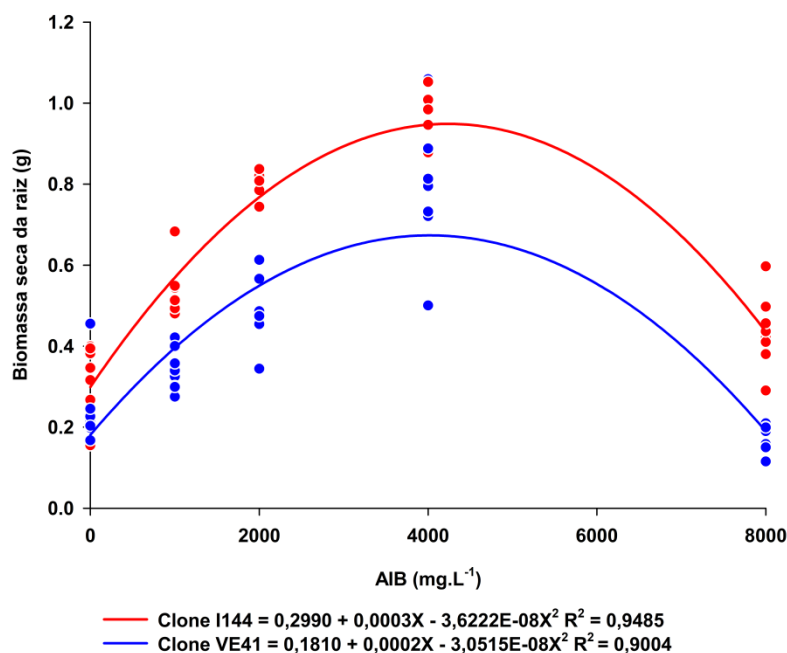


Figura 14- Comportamento da variável biomassa seca da raiz (BMSR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Na Tabela 19, constam os dados para biomassa seca total. Observou-se a superioridade de mudas oriundas do clone I144 em todas as concentrações de AIB utilizadas, apesar de não ter sido constatada diferença estatística. Estes resultados também foram evidenciados sobre o clone VE41, para todas as concentrações de AIB, exceto para a concentração de 4.000 de AIB (mg L^{-1}). Estes resultados demonstram a superioridade do clone I144 e ressalta-se a boa performance de mudas do VE41 na concentração de 4.000 mg L^{-1} desse regulador, evidenciado pelo bom desempenho de suas mudas após o plantio. O acúmulo de matéria seca em plantas é influenciado, dentre outros fatores, pelo genótipo estudado (Cerqueira et al., 2017).

Tabela 19- Valores médios da biomassa seca total (BMST) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Clones	Concentrações de AIB (mg L^{-1})				
	0	1.000	2.000	4.000	8.000

Clone I144	1,100 Aa	1,300 Aa	2,000 Aa	2,600 Aa	1,400 Aa
Clone VE41	0,800 Ab	1,100 Ab	1,200 Bb	2,000 Ba	0,800 Bb

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

4.3.4 Número de raízes laterais e fisiologicamente ativas

O número de raízes laterais de mudas oriundas dos clones I144 e VE41 em função das concentrações de AIB é ilustrado na Figura 15. Houve aumento dos valores dessa variável na medida em que aumentou as concentrações de AIB, destacando-se o clone VE41 com os maiores valores alcançados na concentração de 5.440 mg L⁻¹ de AIB, explicando dessa forma os efeitos positivos desse regulador no estímulo da emissão de raízes e ainda, de seus resultados alcançados no campo. A concentração em que o material vegetativo é exposto à auxina exógena pode inibir ou estimular o crescimento e a diferenciação dos tecidos, produzindo mais raízes (Taiz e Zeiger, 2017). Para Shi et al. (2019) o sistema radicial de mudas formadas durante a fase de viveiro tem reflexos no desenvolvimento das plantas após o plantio. No presente estudo, aos seis meses após o plantio para os dois clones, foi observado maior número de raízes, confirmando dessa forma, os resultados encontrados nas duas fases de viveiro. Já o clone I144 atingiu o máximo de valores para essa variável na concentração de 5.540 mg L⁻¹ de AIB, todavia, com baixo estímulo na produção de raízes, quando comparados aos do clone VE41. Ressalta-se que no presente estudo, para essa variável, foi observado maior número de raízes laterais em concentrações intermediárias de AIB, quando comparadas a testemunha, portanto, sem a presença do regulador de crescimento. O efeito da aplicação exógena de auxina sobre as características morfológicas e fisiológicas da raiz, pode ser explicado pela baixa quantidade de ácido-indolacético endógeno que não são suficientes para promover a emissão de raízes (Kawaoka et al., 2010).

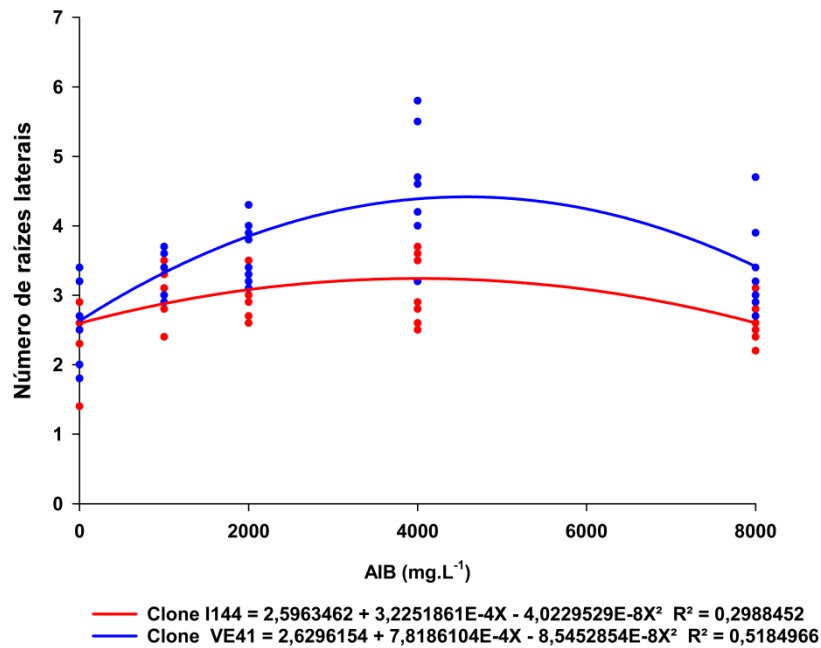


Figura 15- Número de raízes laterais de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Quanto ao número de raízes fisiologicamente ativas (Apêndice 4E), conforme a Figura 16, mudas oriundas do clone VE41 apresentaram os maiores valores para essa variável, quando comparados aos obtidos pelo clone I144. As raízes fisiologicamente ativas influencia na relação solo-planta, principalmente na absorção de água e nutrientes (Faroni e Trivilin, 2006). A maior parte da absorção de água e íons nas espécies lenhosas perenes ocorre em raízes finas não suberizadas e nas porções mais jovens e mais ativas nesse processo (Taiz & Zeiger, 2006; Gambetta et al., 2013). De acordo com Freitas et al. (2005) a quantidade de raízes finas, consideradas potencialmente ativas, presentes no sistema radicial, influencia diretamente no desempenho inicial das mudas no campo, garantindo maiores taxas de sobrevivência e crescimento inicial após o plantio. O sistema radicial bem desenvolvido, metabolicamente ativo, formam mudas vigorosas e com maior probabilidade de sobrevivência e crescimento rápido em condições adversas de campo (Sampaio et al., 2010).

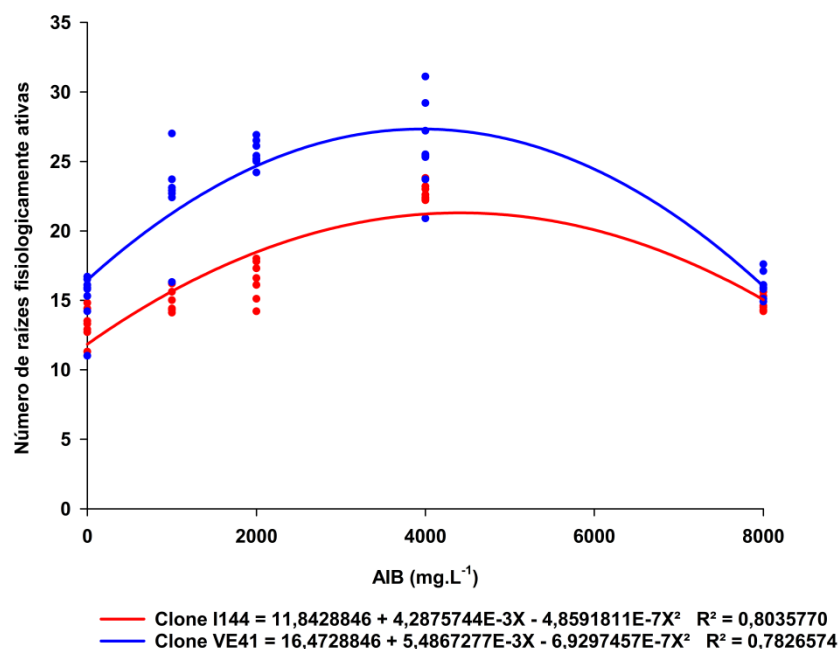


Figura 16- Número de raízes fisiologicamente ativas (NRFA) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

4.3.4.1 Relações morfológicas e Índice de qualidade de Dikson (IQD)

Os valores obtidos da relação biomassa seca da parte aérea e biomassa seca de raiz constam na Tabela 20, observou-se uma similaridade entre os clones, quando analisadas nas concentrações de 2.000 e 4.000 mg L⁻¹ de AIB, enquanto para as demais interações, as médias mais altas foram obtidas do clone VE41. Quando analisado cada clone individualmente, as maiores médias para esta variável foram observadas em concentrações com 8.000 mg L⁻¹ de AIB, não diferindo estatisticamente da testemunha. Maior média para esta relação é explicada pelo desequilíbrio entre a parte aérea e raiz, uma vez que, quando se tem um valor desproporcional da parte aérea, ao dividi-lo pela raiz, a relação BMSPA/BMSR é alta. Esta relação é de grande importância para entender a melhor distribuição de biomassa entre as partes aérea e raiz em mudas de propagação vegetativa, compreendendo que altos valores dessa relação em plantas sob alta intensidade de luz, indica maior alocação de assimilados na parte aérea (Taiz & Zaiger, 2017). Dessa forma, pode-se inferir que para ambos os clones estudados, as concentrações

intermediárias de AIB, foram imprescindíveis para o maior equilíbrio na distribuição de biomassa seca entre as partes aérea e raízes.

Para Dutra et al. (2016) o valor da relação biomassa seca da parte aérea e biomassa seca de raiz deve situar em torno de 2,0, ao considerar a qualidade das mudas com elevado índice de sobrevivência no campo. No presente trabalho, as mudas com maiores médias, conforme a Tabela abaixo apresentaram 100% de sobrevivência no campo.

Tabela 20 - Valores médios da relação biomassa seca da parte aérea e biomassa seca de raiz (BMSPA/BMSR), de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Clones	Concentrações de AIB (mg L ⁻¹)				
	0	1.000	2.000	4.000	8.000
Clone I144	2,7 Ba	1,6 Bb	1,8 Ab	1,7 Ab	2,4 Ba
Clone VE41	3,4 Aa	2,4 Ab	1,6 Ac	1,7 Abc	3,6 Aa

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (p>0.05%).

Os valores referentes ao índice de qualidade de Dickson estão dispostos na Tabela 21. Os maiores resultados foram obtidos de mudas oriundas do clone I144. Quanto as concentrações de AIB, as maiores médias foram alcançadas quando utilizada a concentração de 4.000 mg L⁻¹ de AIB para ambos os clones, confirmando os resultados anteriores obtidos nesta concentração em viveiro. Esta relação é considerada um bom indicador da qualidade de mudas (Medeiros et al., 2018). Conforme Santos et al. (2018), valores mais altos indicam mudas de qualidades desejáveis, com melhor robustez e equilíbrio na distribuição de biomassas.

Tabela 21- Valores médios do índice de qualidade de Dickson (IQD), de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Clones	Concentrações de AIB (mg L ⁻¹)				
	0	1.000	2.000	4.000	8.000

Clone I144	0,09 Ad	0,13 Ac	0,19 Ab	0,24 Aa	0,13 Ac
Clone VE41	0,08 Abc	0,09 Bbc	0,10 Bb	0,20 Ba	0,06 Bc

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

4.3.5 Coeficiente de deformações radiciais

Os dados para esse coeficiente de deformações radiciais encontram-se na Tabela 22. Mudanças produzidas a partir de miniestacas tratadas em concentrações de 4.000 mg L^{-1} de AIB apresentaram os menores índices para essa variável, confirmando os melhores resultados, alcançados nesta concentração, na maioria das variáveis avaliadas no viveiro e também, no campo após o plantio. Entre clones, não houve diferença significativa para esta variável (Tabela 23). Figueredo et al. (2019) reportam que, apesar do volume do sistema radicial ter sido maior em mudas tratadas com AIB, o número total de deformações radiciais não foi influenciado, ocasionando na diminuição do coeficiente de deformações. Para Freitas et al. (2009), a redução das deformações radiciais é importante, pois resulta em melhor qualidade e crescimento das mudas no campo, confirmado pelos resultados observados nas avaliações de campo. Conforme Figueiredo et al. (2019), essas deformações podem persistir no campo e diminuir o potencial de absorção, comprometendo o desempenho das plantas no campo, o que não foi observado no presente trabalho.

Tabela 22 - Valores médios do coeficiente de deformações radiciais (CDR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Concentrações de AIB (mg L^{-1})	CDR (%)
0 mg	1,33 b
1.000	1,16 ab
2.000	1,16 ab
4.000	1,09 b
8.000	1,15 ab

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 23- Valores médios do coeficiente de deformações radiciais (CDR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

Clones	CDR (%)
Clone I144	1,55 a
Clone VE41	1,37 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

4.4 Potencial de Regeneração de Raízes

Nos Apêndices 1D, 2D E 3D são apresentadas as análises de variância do número total de raízes regeneradas e de raízes novas nas porções superior e inferior, referentes à avaliação do PRR em tubos. Não houve interações significativas entre os fatores, demonstrando que os mesmos influenciam de forma separada as variáveis testadas.

4.4.1 Número total de raízes regeneradas

Os dados correspondentes ao número total de raízes regeneradas encontram-se na Tabela 24. O teste Tukey ($p < 0,05\%$) apontou diferenças estatísticas entre os clones estudados. O clone VE41 obteve a maior média para esse parâmetro, quando comparado ao I144, destacando-se com um ligeiro ganho no potencial de regeneração de raízes, 6,4% de raízes regeneradas, o suficiente para reforçar os bons resultados obtidos no viveiro e campo após o plantio. Estes resultados, particularmente com o clone VE41, por um lado, reforça a importância do PRR em prognosticar os resultados das plantas no campo e por outro, os efeitos do AIB na potencialização do enraizamento desse material genético e seus resultados significativos no campo. Santos (2018) trabalhando com mudas do clone VCC 865 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), considerou o potencial de regeneração de raízes preciso na determinação da qualidade das mudas e prognóstico do seu desempenho no campo. O potencial de regeneração de raízes constituiu um parâmetro fisiológico eficiente na avaliação da qualidade de mudas de *Pinus taeda* no viveiro e ainda, na predição do comportamento das plantas no campo (Novaes et. al., 2002).

A maior porcentagem de emissão de raízes pelas mudas é de grande importância para seu estabelecimento e desempenho no campo, especialmente em áreas mais sujeitas

a secas prolongadas (Serpa et al., 2017). Assim como no PRR, pode-se afirmar que as mudas após plantadas no campo tiveram alta proliferação de raízes finas, principalmente para o clone VE41, responsáveis pela condutividade hidráulica, que proporcionou aumento do crescimento da parte aérea e diâmetro de coleto, independente do tratamento, observados na avaliação ocorrida no primeiro mês de idade das plantas. Isso demonstra a eficiência do PRR como ferramenta indicadora da qualidade de mudas.

Tabela 24- Valores médios do número total de raízes regeneradas (NTRR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, em ambiente com e sem estufins, submetidas à cinco concentrações de AIB, 28 dias após transplântio em tubos.

Tratamento	
Clone I144	11,19 a
Clone VE41	11,91 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

4.4.2 Distribuição horizontal de raízes regeneradas em tubos

Os dados de distribuição horizontal das raízes regeneradas, observadas nos recipientes tipo tubos, estão expressos na Tabela 25, em que não apresentaram diferença significativa entre eles. Para ambos os clones avaliados, os resultados apontaram para uma distribuição espacial homogênea de raízes em todos os quadrantes e porções superior e inferior desses recipientes, o que pressupõe mudas com eficiente capacidade de exploração do solo após o plantio. Esta distribuição homogênea tende a permanecer no campo após o plantio, otimizando o processo de absorção de água e nutrientes com reflexos no desenvolvimento da parte aérea (Novaes et al. 2002)

Tabela 25- Número de raízes regeneradas por quadrante (NRR) de mudas oriundas dos clones I144 e VE41, em ambiente com e sem estufins, submetidas à cinco concentrações de AIB, 28 dias após transplântio em tubos.

Número de raízes regeneradas por quadrante		
Quadrantes	I144	VE41

A	5,84 a	6,00 a
B	5,46 a	5,97 a
C	5,51 a	5,98 a
D	5,35 a	5,77 a
Distribuição de raízes regeneradas por porção		
Porções	I144	VE41
Superior	8,10 a	8,59 a
Inferior	7,76 a	8,06 a

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05\%$).

4.5 Desempenho das mudas no campo

A avaliação do desenvolvimento das plantas no campo foi efetuada no período correspondente a seis meses.

4.5.1 Índice de sobrevivência

As avaliações para este parâmetro foram realizadas mensalmente até o terceiro mês, quando se considerou a sobrevivência das mudas no campo definitivamente estabelecida, desconsiderando as perdas ocasionadas por fatores externos, como ataque de formigas. Os índices de sobrevivências foram de 100% para todos os tratamentos estudados. Estes resultados podem estar associados aos altos índices pluviométricos registrados nos três meses seguintes ao plantio (Figura 3), aliados a boa qualidade das mudas produzidas, fundamentais para o seu estabelecimento das plantas no campo. Fatores como a procedência, qualidade das mudas e adequada precipitação pluviométrica são determinantes para a sobrevivência das plantas no campo, conforme Bartieres et al (2016), Ferreira et al. (2017) e Stuepp et al. (2020), aspectos estes também confirmados por Rocha et al., (2013) em suas pesquisas de campo.

4.5.2 Altura e diâmetro do coleto

Para ambas as variáveis, as diferenças estatísticas foram observadas para os fatores clone e concentração de AIB, isolados. Os dados obtidos de crescimento inicial no período de seis meses após o plantio, relativos aos clones estudados, encontram-se nas Figuras 17 e 18. Para a altura da parte aérea nos meses 1 e 2, conforme a Figura 17, não foram observadas diferenças estatísticas entre os dois clones, todavia, a partir do terceiro mês e até o sexto, destacou-se o clone I144, com diferenças significativas. Estes resultados confirmam o bom potencial de adaptação desse clone nas condições edafoclimáticas da região semiárida do Planalto de Conquista, local de instalação do experimento de campo. Por outro lado, o clone VE41, ainda que tenha apresentado valores ligeiramente inferiores quando comparado ao clone I144, os seus resultados no presente estudo foram considerados significativos, podendo ser atribuídos ao maior grau de enraizamento de suas mudas no viveiro, quando tratadas com o AIB, ressaltando-se que este material genético apresenta baixas taxas de emissão de raízes na saída da câmara de enraizamento. Santos et al. (2018) trabalhando com *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*, aos 120 dias após o plantio, encontraram médias iguais a 2,78 m no município de Gurupi-TO. Aos nove meses de idade, Ciprini et al. (2013) obtiveram valores de altura correspondentes ao clone I144 igual a 1,20 m no município de Vilhena-RO, portanto, inferiores aos valores obtidos no presente estudo. Serpa et al. (2017), trabalhando com clones de *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. urophylla* com seis meses de idade, encontraram valores máximos para altura de 1,70 m no mesmo município do presente estudo. Apesar da influência das condições ambientais no crescimento de plantas de eucalipto no campo, há de se considerar os fatores genéticos (Momentel, 2016), ambientais (Fernandes et al., 2013) ou de produção (Barroso et al., 2000; Fontan & Lima, 2017).

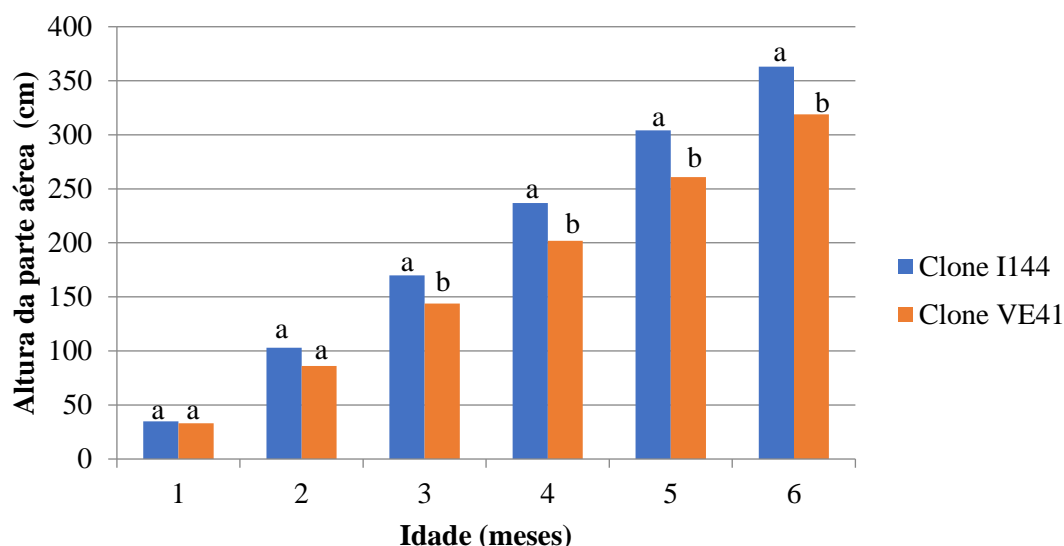


Figura 17- Desenvolvimento em altura da parte aérea de mudas oriundas dos clones I144 e VE41 no período de seis meses.

Quanto ao ritmo de crescimento em campo, prevaleceu-se a superioridade do clone I144, apresentando-se maior ritmo de crescimento inicial em todo o período estudado no campo, como mostrado na Figura 18. Destacou-se ainda, o clone VE41 com ritmo de crescimento ligeiramente inferior ao anterior, todavia, correspondeu aos resultados superiores obtidos de suas mudas na fase de viveiro para o potencial de regeneração de raízes, avaliado em tubos. Santos (2018) trabalhando com mudas do clone VCC 865 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) na região do extremo sul da Bahia também conseguiu ritmo de crescimento satisfatório no período de quatro meses, quando comparados aos clones CO1407 e AEC144.

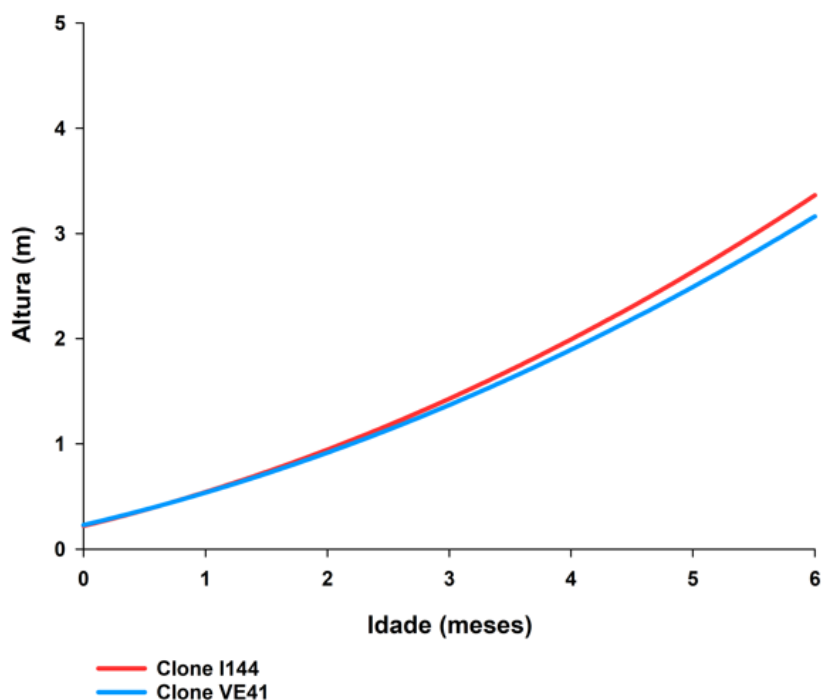


Figura 18- Ritmo de crescimento inicial em altura da parte aérea de mudas oriundas dos clones I144 e VE41 no período de seis meses.

A representação do crescimento em diâmetro do coleto encontra-se na Figura 19. Observou-se diferença estatística entre os clones avaliados apenas no segundo e terceiro meses de idade, onde o clone I144 apresentou maiores médias para esta variável. Nos demais meses não foram constatadas diferenças estatísticas, todavia, observou-se uma ligeira tendência de similaridade entre as médias para essa variável. Estes resultados seguem aos encontrados para a maior parte dos parâmetros avaliados na fase de produção de mudas no viveiro. Conforme Gomes et al. (2002), resultados superiores no campo são decorrentes de mudas de alto padrão de qualidade. Os valores alcançados para esta variável a partir dos dois clones nas condições ambientais do presente estudo, segue a mesma analogia de comportamento, quando considerada a variável altura da parte aérea.

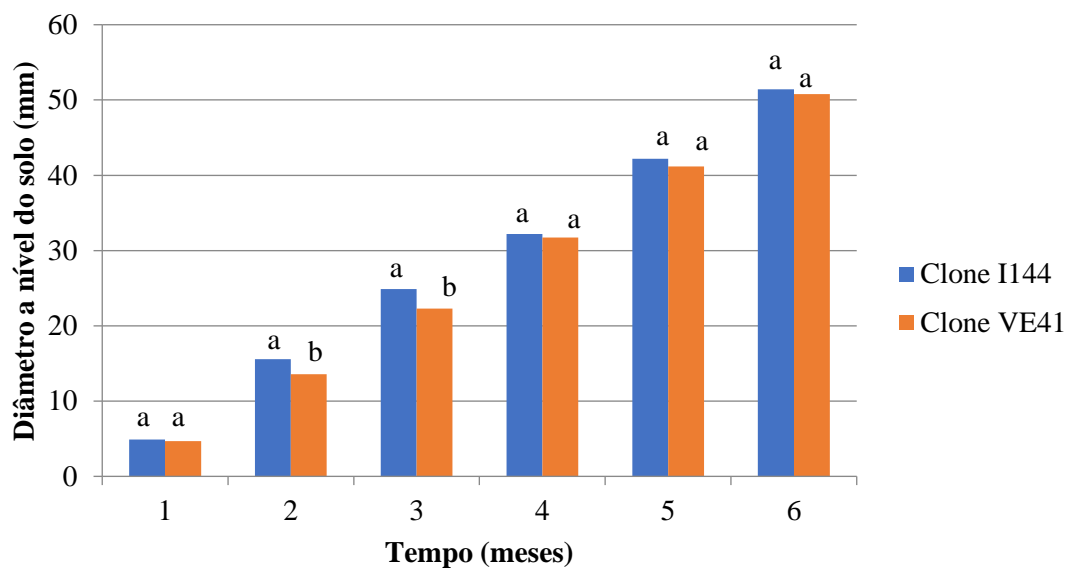


Figura 19- Desenvolvimento em diâmetro do coleto de mudas oriundas dos clones I144 e VE41 no período de seis meses.

Quanto ao ritmo de crescimento, o clone VE41, por outro lado, apresentou valores ligeiramente superiores para essa variável (Figura 20). Da mesma forma, os seus resultados no presente estudo, são considerados significativos sendo atribuídos, provavelmente ao maior grau de enraizamento de suas mudas no viveiro quando tratadas com o AIB, ressaltando-se, conforme mencionado acima, que este material genético apresenta baixas taxas de produção de raízes na saída da câmara de enraizamento. Conforme Carneiro (1995), o diâmetro de colo quando avaliado em mudas no viveiro apresenta correlações com o enraizamento, refletindo no melhor desempenho das mudas no campo. O desempenho de diferentes genótipos em condições ambientais específicas ainda é amplamente difundida na pesquisa (Giba et al., 2016; Paula et al., 2012; Silva et al., 2017), que visa entender e indicar quais clones se adaptam melhor aos locais com potencial para o plantio.

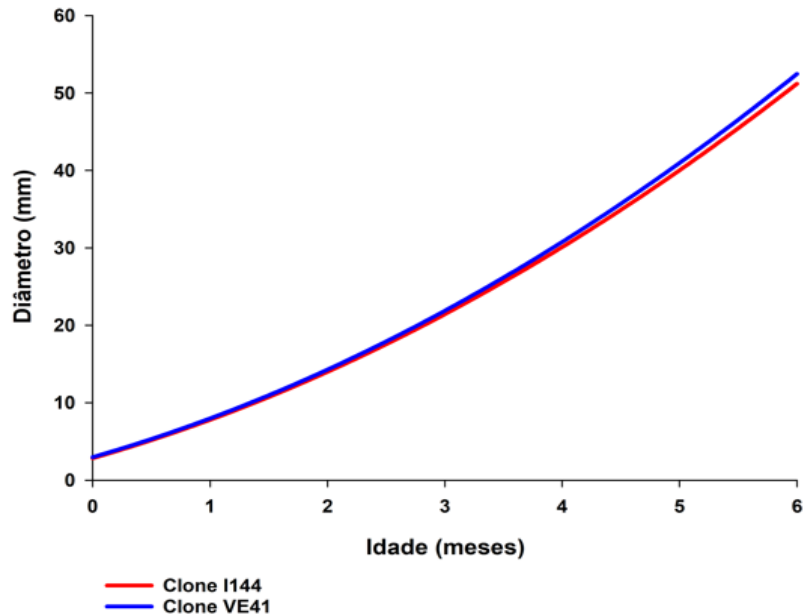


Figura 20- Ritmo de crescimento inicial em diâmetro do coleto de mudas oriundas dos clones I144 e VE41 no período de seis meses.

Foi avaliado ainda, o desempenho das plantas neste mesmo período, considerando os efeitos das concentrações de AIB. Na Figura 21, encontra-se a representação do desenvolvimento em altura da parte aérea das plantas do clone I144, durante este período, podendo ser observado o maior ritmo de crescimento das plantas quando submetidas a concentração de 4.000 mg L^{-1} de AIB. Plantas oriundas da testemunha, ou seja, não tratadas com AIB, apresentaram menores ritmos de crescimentos em altura e próximas àquelas tratadas com a maior concentração de AIB (8.000 mg L^{-1}). Essa resposta em campo reflete os resultados encontrados durante a avaliação das mudas no viveiro, com as menores médias das variáveis avaliadas, quando submetidas as mesmas concentrações desse regulador, resultados semelhantes foram encontrados por Nogueira (2023).

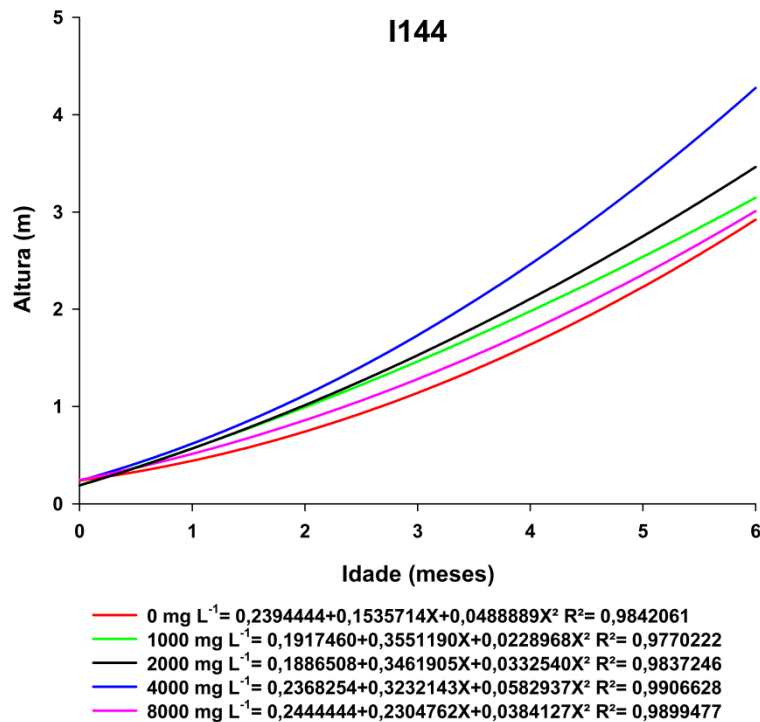


Figura 21- Ritmo de crescimento inicial em altura de mudas oriundas do clone I144, submetidas a cinco concentrações de AIB no período de seis meses.

Quando avaliado o comportamento em altura das plantas do clone VE41 neste mesmo período Figura 22, observou-se ritmos de crescimentos parecidos de plantas tratadas nas concentrações de 4.000 e 2.000 mg L⁻¹ de AIB sobressaindo, aos seis meses, plantas submetidas a primeira concentração. As plantas submetidas ao AIB, com exceção da maior concentração (8.000 mg L⁻¹), obtiveram ao longo dessa pesquisa, nas fases de viveiro e campo, as maiores médias para a maior parte das características avaliadas, apresentando-se ainda com maior ritmo de crescimento inicial em todo o período estudado no campo. Os tratamentos eficazes pra promover o desenvolvimento de mudas de eucalipto, levam ao bom desempenho das mudas após o plantio em campo (Thomazini et al., 2022).

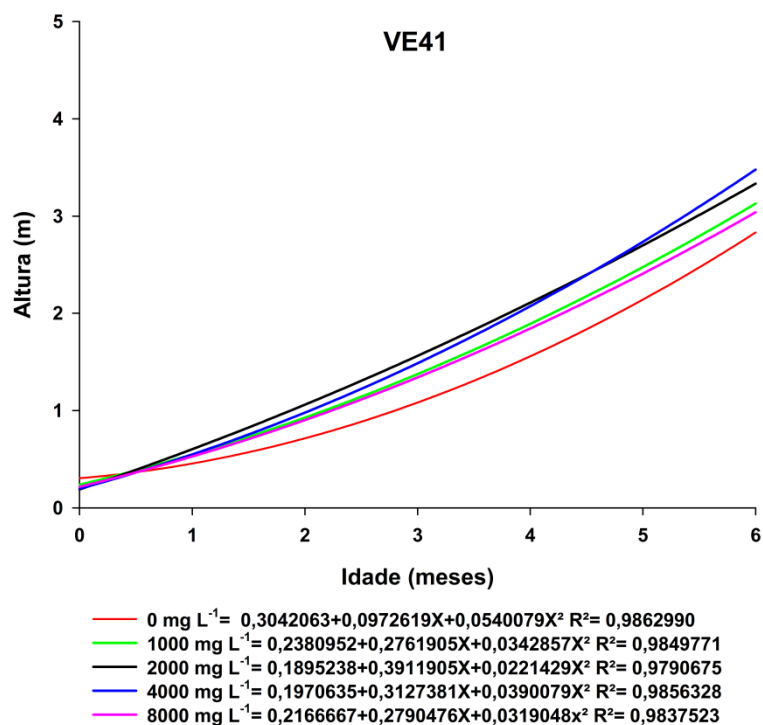


Figura 22- Ritmo de crescimento inicial em altura de mudas oriundas do clone VE41 submetidas a cinco concentrações de AIB no período de seis meses.

Na Figura 23, encontra-se a representação do ritmo de crescimento inicial em diâmetro do coleto das plantas oriundas do clone I144. Os ritmos de crescimento para essa variável apresentaram-se mais homogêneos ao longo dos meses em todas as concentrações do regulador, destacando-se mais uma vez a concentração de 4.000 mg L⁻¹ de AIB com plantas de maior ritmo de crescimento neste período. Ao final dos seis meses observou-se o menor ritmo de crescimento de plantas submetidas a concentração de 8.000 mg L⁻¹ de AIB, portanto, abaixo da testemunha. Um fator associado ao ganho em diâmetro de coleto pode ser o alto índice pluviométrico nos meses após plantio (Pereira et al., 2019), que garante incremento a esta varoável.

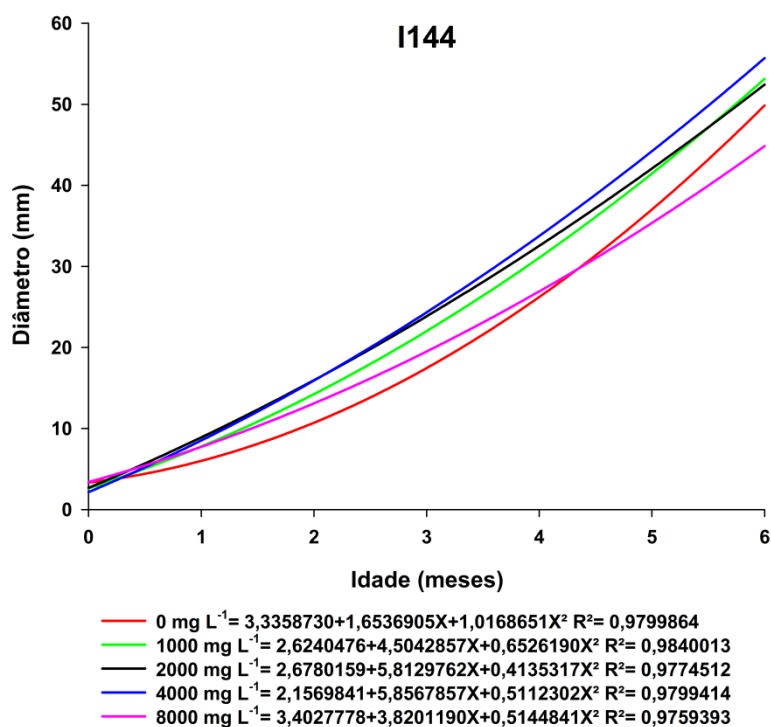


Figura 23- Ritmo de crescimento inicial em diâmetro do coleto de mudas oriundas do clone I144 submetidas a cinco concentrações de AIB no período de seis meses.

Por outro lado, para o clone VE41 (Figura 24), observou-se ritmos de crescimentos similares ao longo dos meses em todas as concentrações do regulador, com exceção da testemunha, destacando-se ligeiramente a concentração de 4.000 mg L⁻¹ de AIB. O ritmo mais baixo para essa variável coube as plantas sem o tratamento com AIB (testemunha) as quais apresentaram ao logo das avaliações de viveiro os mais baixos valores. As tendências das curvas de aumento em diâmetro do coleto podem chegar ao equilíbrio em resposta ao aumento da competição por fatores de crescimento (Machado, 2014; Sette Júnior et al. 2012).

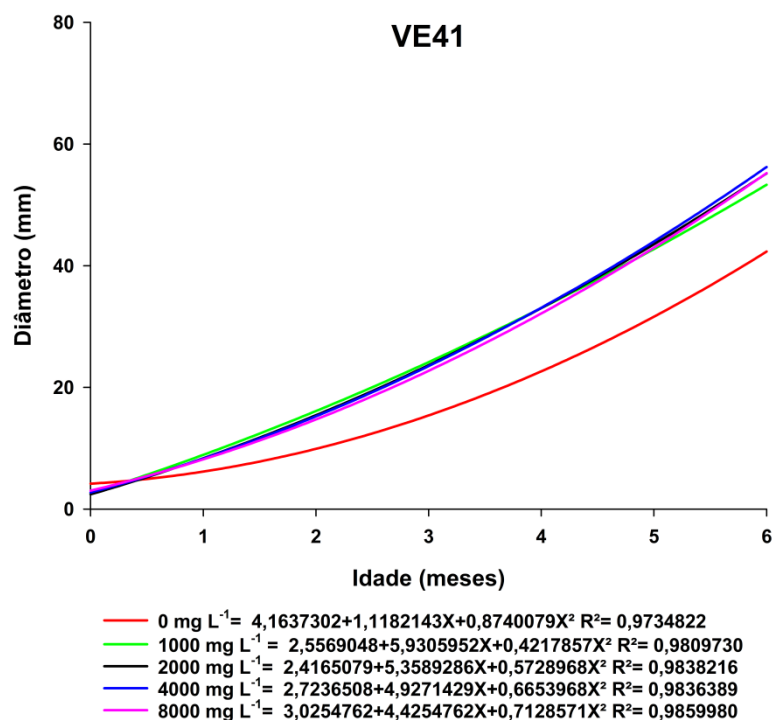


Figura 24- Ritmo de crescimento inicial em diâmetro do coleto de mudas oriundas do clone VE41 submetidas a cinco concentrações de AIB no período de seis meses.

Os resultados obtidos no presente estudo relativos as médias dessas variáveis, ainda em fase de mudas no viveiro, antecederam grande parte das respostas obtidas ao longo do desenvolvimento no campo no período de seis meses de avaliações. Trazzi et al. (2018) reportam que as variáveis altura e diâmetro de colo de mudas são indicativos de boa sobrevivência e crescimento inicial de plantas no campo. Quanto aos resultados obtidos da concentração de 4.000 mg L⁻¹ de AIB para ambos os clones estudados na presente pesquisa, atribuem-se, dentre outros fatores, os efeitos positivos desse regulador na potencialização da emissão de raízes a partir das miniestacas. Sugere-se que o estímulo exógeno foi capaz de promover a formação de um sistema radicial com maior exploração do solo e capacidade de absorção de água e nutrientes, contribuindo de forma significativa com o índice de sobrevivência e o crescimento inicial das plantas no campo. Para Carneiro (1995), o rápido crescimento inicial após o plantio possibilita as plantas maior capacidade de resistirem e vencer a competição com as plantas invasoras, reduzindo a necessidade de replantio e demais tratamentos culturais.

4.5.3 Características radiciais em campo

4.5.3.1 Quantificação, comprimento e profundidade do sistema radicial

Na Tabela 26 constam os dados do número de raízes laterais, comprimento e profundidade do sistema radicial. Observou-se, através de análise estatística não paramétrica, que o clone VE41 apresentou a maior média de raízes laterais em relação ao clone I144 e este para as demais variáveis. Ressalta-se até o momento, a superioridade do clone I144 com maior capacidade de aprofundamento de suas raízes no solo, o qual se destacou entre os demais na fase de viveiro e PRR, apresentando as maiores médias para a maioria dos parâmetros pesquisados. Reis et al. (2006) encontraram resultados distintos para os diferentes clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e de *E. camaldulensis* x *Eucalyptus* spp. em condições ambientais similares ao do presente estudo, no município de Inhambupe, BA. Ao estudar clones de *Eucalyptus* spp. no município de Vitória da Conquista, Santos (2018) encontrou valores mais altos para o número de raízes laterais (variando de 22 a 37 raízes), mas, com diminuição do comprimento e profundidade do sistema radicial, atingindo valores máximos de 61 cm e 39 cm, respectivamente. O sistema radicial de plantas arbóreas vai além de sua sustentação, mas seu desenvolvimento em comprimento, profundidade e distribuição das raízes dependem de fatores genéticos, inerentes ao material clonal e da variabilidade das condições físicas, químicas e biológicas do solo (Vasconcelos et al., 2003).

Tabela 26- Número de raízes laterais, comprimento e profundidade do sistema radicial de plantas oriundas dos clones I144 e VE41, seis meses após o plantio.

Clones	Raízes Laterais	Comprimento (cm)	Profundidade (cm)
I144	12,67	95,5	50,3
VE41	26,3	89,5	49,2

Os dados referentes à avaliação dessas variáveis, considerando as cinco concentrações de AIB neste mesmo período, encontram-se na Tabela 27.

Quanto ao número de raízes laterais emitidas a partir do eixo principal, o clone I144 apresentou o maior valor na concentração de 4.000 mg L⁻¹ de AIB. Os valores médios do comprimento de raízes apresentaram uma variação de 10,3% entre a menor e

a maior média (90,50 cm e 104,30 cm), verificadas em plantas do clone I144, tratadas com 0 e 4.000 mg L⁻¹ de AIB, respectivamente. A maior profundidade observada para o clone I144, também está associada ao tratamento com concentração igual a 4.000 mg L⁻¹ de AIB, com valor médio de 62,0 cm, enquanto a menor profundidade foi atingida com mudas da testemunha, ou seja, 37 cm de profundidade.

Tabela 27- Número de raízes laterais, comprimento e profundidade do sistema radicial de plantas oriundas dos clones I144 e VE41 submetidas à cinco concentrações de AIB, seis meses após o plantio.

Concentrações de AIB (mg L ⁻¹)	Raízes laterais (n ^o)	Raízes	
		Comprimento (cm)	Profundidade (cm)
Clone I144			
0	12,50	90,50	37,00
1.000	11,50	95,80	56,30
2.000	12,25	95,00	50,50
4.000	14,75	104,30	62,00
8.000	12,35	91,80	45,50
Clone VE41			
0	24,0	88,3	42,3
1.000	25,5	97,8	50,0
2.000	26,5	92,0	50,3
4.000	31,5	102,3	58,5
8.000	24,5	67,3	44,8

Para o clone VE41, quando submetidas às cinco concentrações de AIB, observou-se respostas similares as do clone I144. O número de raízes laterais e o comprimento e profundidade do sistema radicial alcançaram maiores valores quando as mudas foram submetidas à concentração de 4.000 mg L⁻¹ AIB. Estes resultados muito se assemelham àqueles encontrados após a avaliação das miniestacas aos 25 dias após estaqueamento, e das mudas com idades de expedição, consolidando o tratamento como o mais eficaz no enraizamento de miniestacas desse clone, alcançando expressivos resultados após o plantio. As raízes são consideradas sítios mantenedores de reservas importantes para o desenvolvimento das plantas, sobretudo pela síntese de reguladores de crescimento do grupo das citocininas, que se movimentam por translocação acroptal até os pontos de

crescimento da parte aérea (Larcher, 2000; Taiz e Zeiger, 2017). Dentre as funções primordiais, estão a absorção de água e nutrientes que são melhores aproveitados, principalmente no desenvolvimento inicial das plantas no campo, quando o sistema radicial das mudas plantadas esteja bem formado e vigoroso (Novaes, 2002).

Neste sentido, não é possível inferir que os valores médios foram afetados único e exclusivamente pelos fatores isolados dos clones ou concentrações de AIB, uma vez que estas variáveis podem ter sofrido influência após o plantio, como por exemplo as características físicas do solo. Ainda assim, pode-se afirmar que os melhores tratamentos para a produção de mudas com 90 dias de idade, foram imprescindíveis para o aumento das características de desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicial das plantas após seu plantio no campo. Enquanto a maior profundidade de raízes possibilita a absorção de nutrientes e água das camadas mais profundas do solo, o comprimento de raízes, principalmente considerando as laterais, contribuem para maior eficiência de exploração do solo e seus recursos (Silva & Delatorre 2009). Apesar da importância do estudo sobre raízes profundas de espécies perenes, ainda são escassas as pesquisas sobre este tema, existindo mais pesquisas com sistemas radiciais superficiais (Martins, 2002; Schenk & Jackson, 2005). Esse fato justifica na medida das dificuldades metodológicas e custos excessivos envolvidos nos processos de coleta e amostragem (Maeght et al., 2013).

4.5.3.2 Distribuição radicial no campo

A distribuição vertical das raízes no campo está apresentada nas Figuras 25 e 26, 27 e 28 onde são mostradas as arquiteturas radiciais das plantas oriundas dos clones I144 e VE41. Observou-se em plantas do clone I144 raízes laterais desenvolvidas em maior quantidade na parte superior do sistema radicial, coincidindo com o estoque superficial do solo, com a predominância de uma raiz voltada para baixo, cumprindo a função de pivotante, seguindo o geotropismo positivo. Já a disposição das raízes laterais oriundas do clone VE41 diferem do clone anterior, principalmente pela maior quantidade de raízes laterais e secundárias. O sistema radicial deste clone, após seis meses do plantio, apresentou crescimento de suas raízes laterais voltadas à posição horizontal, provavelmente em decorrência de impedância mecânica do solo, dificultando o crescimento natural o que, provavelmente explica as menores médias encontradas para os

valores obtidos da variável profundidade do sistema radicial, pressupondo dificuldades de crescimento e desenvolvimento em solos mais adensados ou mal preparados.

Para ambos os clones observou-se uma distribuição de raízes nas primeiras camadas do solo, sendo o clone I144 capaz de alcançar um crescimento mais profundo, quando comparado ao clone VE41. A capacidade de crescimento e expansão das raízes em maior profundidades observadas no clone I144, parece estar associada a sua adaptação edafoclimática à região do local de plantio. A partir de uma analogia semelhante e considerando os seis primeiros meses do plantio, assegura-se que o clone VE41 mostrou-se boa adaptabilidade, com desenvolvimento satisfatório para o mesmo local de plantio. Reis et al. (2006) encontraram diferenças na arquitetura do sistema radicial para clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* plantados em solo tipo Argissolo Amarelo Distrófico, com textura arenosa-média e relevo plano, no município de Inhambupe- BA. Após avaliação em uma floresta plantada de *Eucalyptus urophylla* em solo Alissolo Crúmico Argilvico típico, aos 10 anos de idade, Witschoreck et al. (2003) verificaram que grande parte da biomassa de raízes finas encontravam-se nos primeiros 30 cm de profundidade do solo, sendo diminuída em camadas mais profundas.



Figura 25- Distribuição radicial de plantas oriundas do clone I144, seis meses após o plantio.



Figura 26- Distribuição radicial de plantas oriundas do clone I144, seis meses após o plantio.



Figura 27- Distribuição radicial de plantas oriundas do clone VE41, seis meses após o plantio.



Figura 28- Distribuição radicial de plantas oriundas do clone VE41, seis meses após o plantio.

A distribuição horizontal das raízes no campo está apresentada nas Figuras 29, 30, 31 e 32. O sistema radicial originado do clone I144 apresenta uma distribuição de raízes mais uniforme, atingindo os quatro quadrantes (Figuras 29 e 30). Já o clone VE 41, conforme as Figuras 31 e 32, apresentam uma distribuição com concentração de raízes em aproximadamente três quadrantes, com ligeira desuniformidade quando comparada ao clone anterior, todavia, com maior quantidade de raízes laterais, corroborando com as médias obtidas desta variável. Provavelmente, essa maior densidade de raízes favoreceu o estabelecimento e o crescimento inicial das plantas no campo, conforme os expressivos resultados obtidos.

Analisando as Figuras 29 e 30 foi possível observar uma tendência de crescimento vertical das raízes de plantas oriundas do I144, enquanto as Figuras 31 e 32 mostram uma tendência de crescimento horizontal das raízes de plantas oriundas do clone VE41. O padrão e a extensão do crescimento do sistema radicial são reflexos do controle genético e das características edafoclimáticas, enquanto que seu grau de crescimento e padrão morfológico de absorção e sustentação apresentam variações inter e intraespecíficas (Witschoreck et al. 2003).

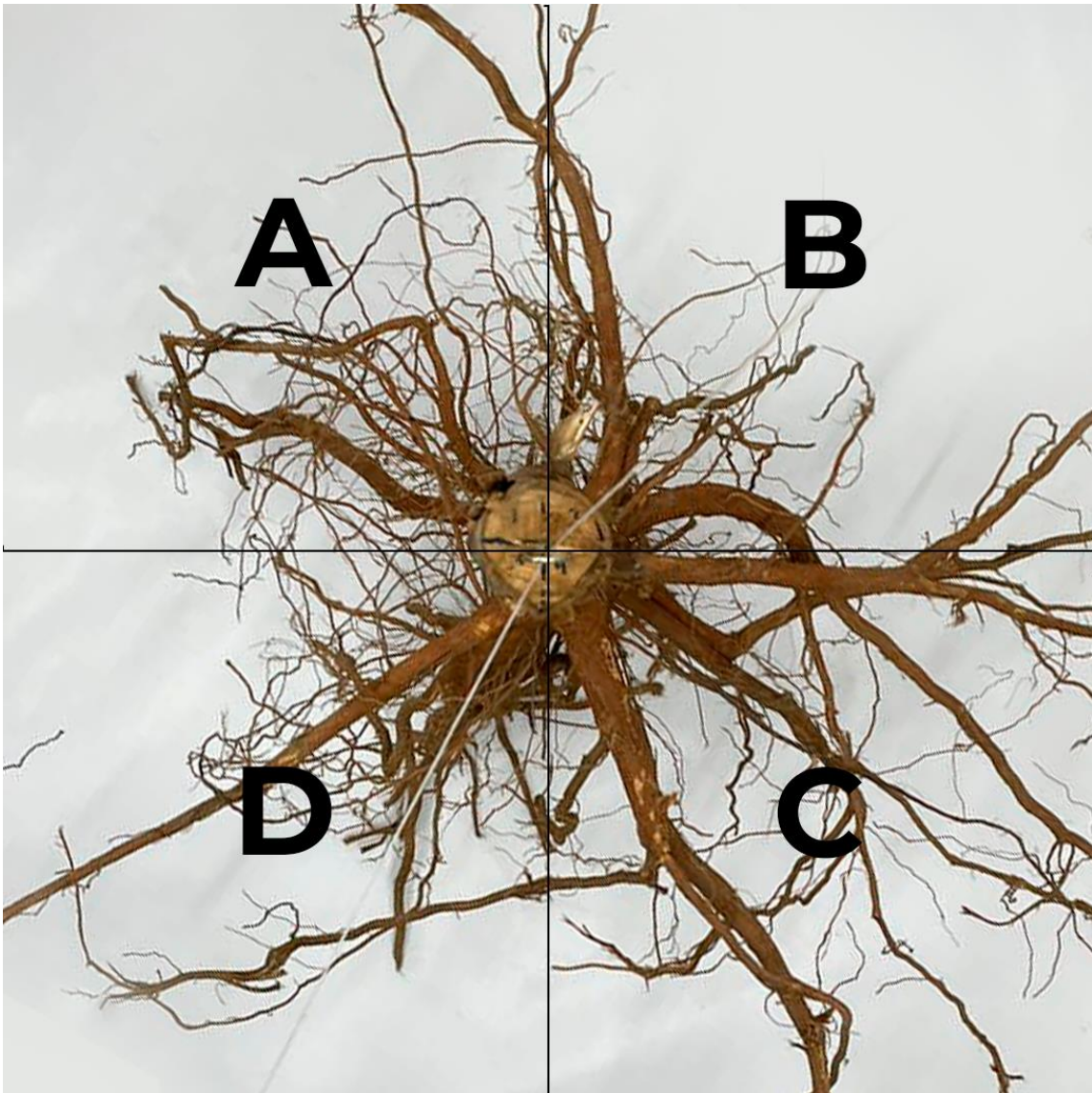


Figura 29- Distribuição de raízes em quadrantes de plantas oriundas do clone I144, seis meses após plantio.

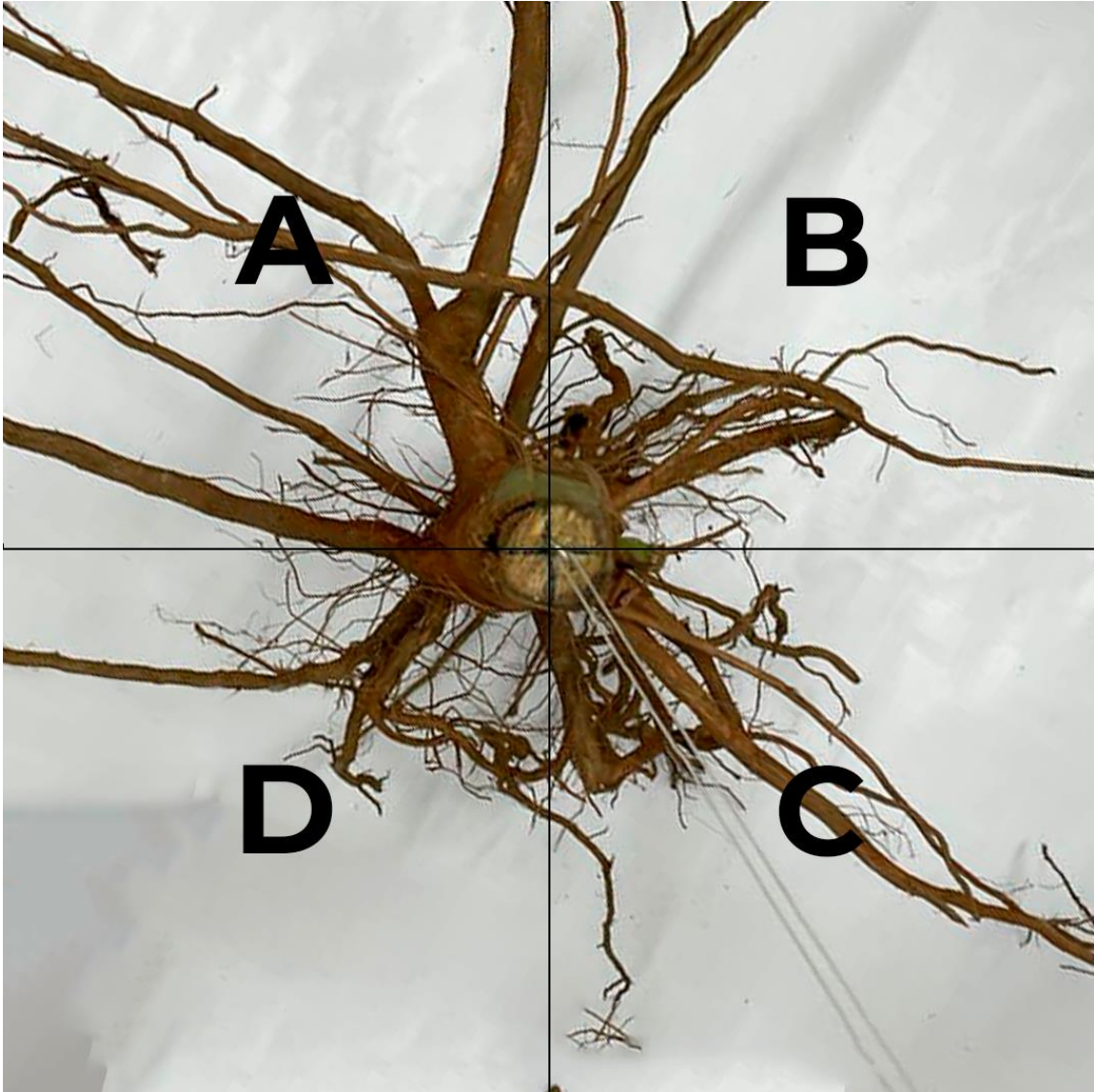


Figura 30 – Distribuição de raízes em quadrantes de plantas oriundas do clone I144, seis meses após plantio.

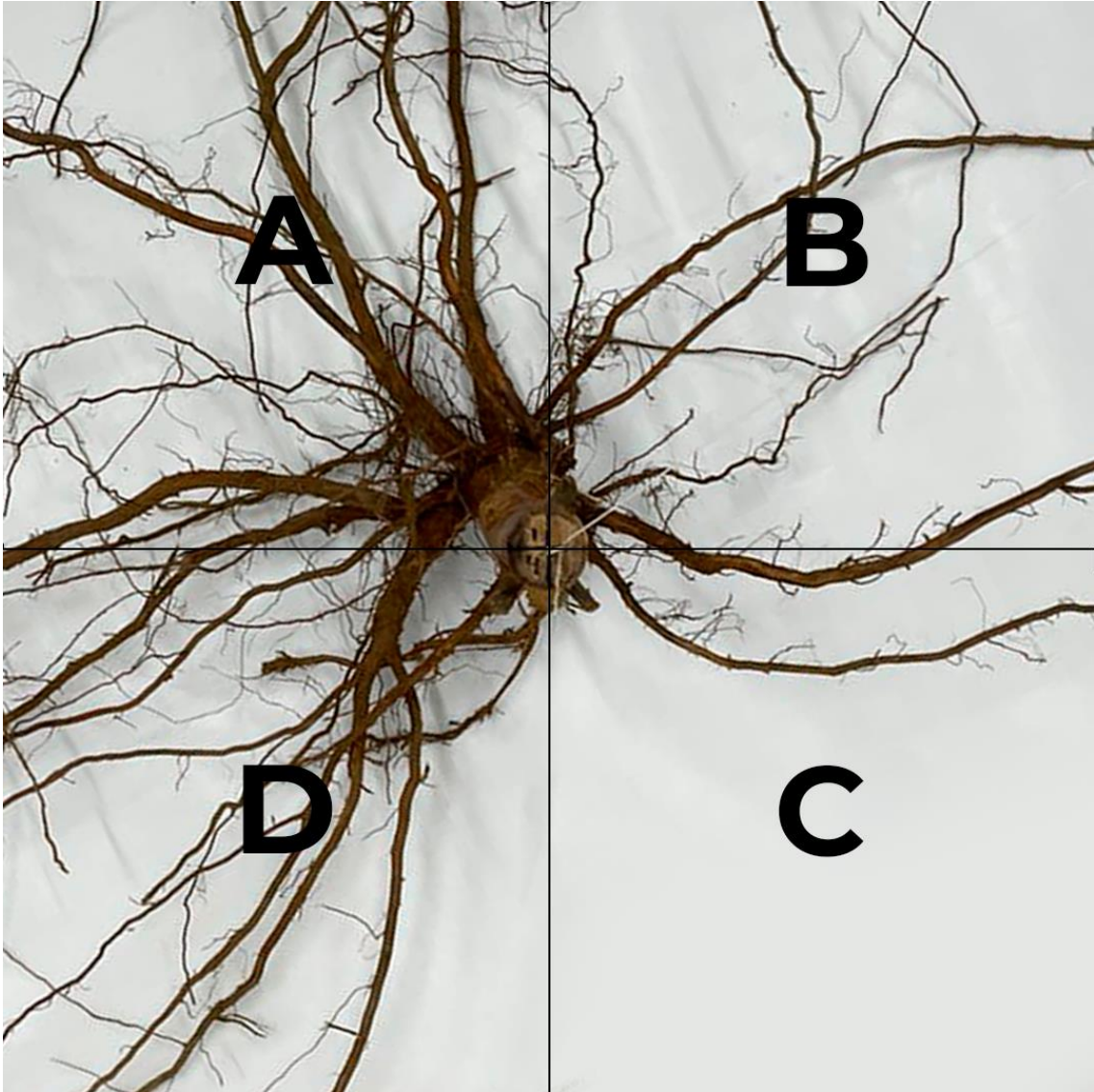


Figura 31- Distribuição de raízes em quadrantes de plantas oriundas do clone VE41, seis meses após plantio.

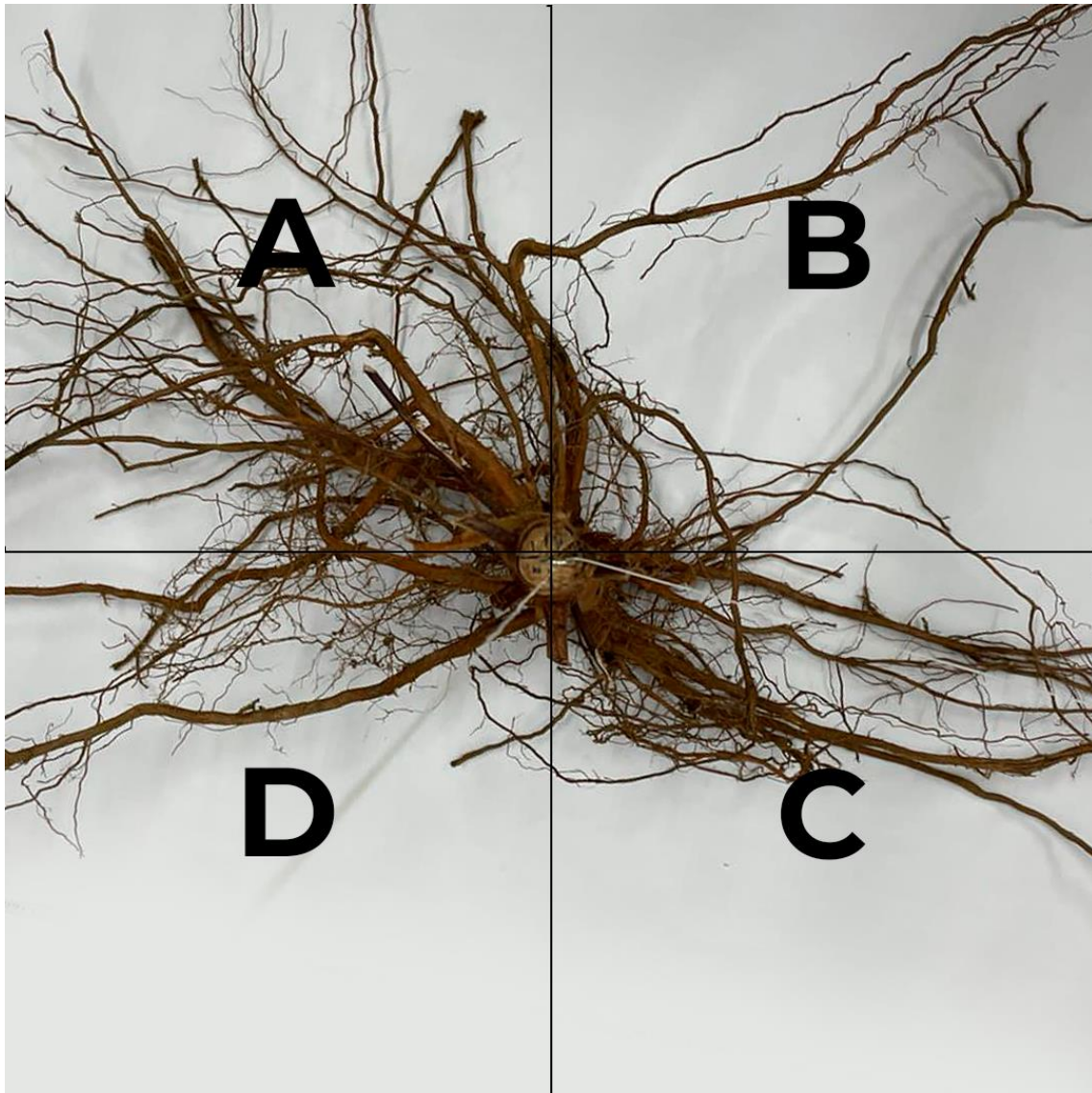


Figura 32- Distribuição de raízes em quadrantes de plantas oriundas do clone VE41, seis meses após plantio.

4.5.3.3 Deformações radiciais

Os dados relativos à avaliação de deformações radiciais (Apêndice 5E) constam na Tabela 28. Plantas oriundas do clone I144 apresentaram o menor número de deformações radiciais, pressupondo-se o melhor desempenho no campo. Ressalta-se que as maiores médias para a maioria dos parâmetros avaliados em viveiro e campo foram obtidas a partir desse material genético. Santos (2018) trabalhando com mudas clonais de *Eucalyptus* spp., constatou que plantas com menor número de deformações radiciais apresentam no campo melhor desempenho. O clone VE41 apresentou a maior média de

deformações radiciais. Novaes et. al. (2002), trabalhando com plantas de *Pinus taeda* 24 meses após o plantio, reportaram que as deformações radiciais comprometem o desempenho das plantas no campo. Todavia, plantas do clone VE41 apresentaram maior número de raízes laterais, o que explica o satisfatório desempenho das suas mudas no campo, ainda que inferior ao clone anterior.

Tabela 28- Número de deformações radiciais encontradas em plantas oriundas dos clones I144 e VE41, seis meses após o plantio.

Clone	Dobras	Estrangulamento	Espiralamento	Total
Clone I144	3,90	2,45	0,30	4,70
Clone VE41	2,90	2,90	0,30	6,10

5 CONCLUSÕES

- Minicepas provenientes dos clones I144 e VE41, conduzidas em ambientes com estufins, produzem maior número de miniestacas.
- Concentrações de AIB, próximas a 4.000 mg L⁻¹, exercem efeitos positivos no aumento do percentual de enraizamento de miniestacas oriundas dos clones I144 e VE41 em ambientes com e sem estufins.
- Os mais baixos resultados de parâmetros avaliados em viveiro e campo, para ambos os clones, ocorrem em concentrações de AIB, 0 e 8.000 mg L⁻¹.
- O melhor desempenho e ritmo de crescimento no campo, no período de seis meses, correspondem as mudas oriundas do clone I144.
- Mudanças oriundas do clone VE41 destacam-se com maior potencial de regeneração de raízes e reflete no campo, resultados satisfatórios e próximos aos encontrados para o clone anterior.
- Características radiciais como comprimento, profundidade e deformações radiciais exercem efeitos diretos no desempenho das plantas no campo.
- O potencial de regeneração de raízes (PRR), avaliado em tubos, destaca-se como um importante parâmetro indicador da qualidade e predição das mudas após o plantio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiri, R.; Atabaki, N.; Abdul-Hamid, H.; Sanusi, R.; Shukor, N. A. A.; Shaharuddin, N. A.; Ahmad, S. A.; Malik, S. The Prospect of Physiological Events Associated with the Micropropagation of *Eucalyptus* sp. **Forests**, v11, n.1211, p. 1-24; 2020. <https://doi.org/10.3390/f11111211>

Alfenas, A. C.; Zauza, E. A. V.; Mafia, R. G.; Assis, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, Editora UFV, 2009, 500 p.

Almeida, F. D. De; Xavier, A.; Dias, J. M. M.; Paiva, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v.31, n.3, p.455-463, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000300011>

Almeida, M. De; Almeida, C. V. de. **Morfologia da raiz de plantas com sementes [recurso eletrônico]**- Piracicaba: ESALQ/USP, 2014.

Amaral, F. H. C.; Nóbrega, J. C. A.; Nóbrega, R. S. A.; Lustosa Filho, J. F.; Amorim, P. N. Growth of *Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit favored by organic waste in the Brazilian semiarid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 7, p. 612-617, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n7p612-617>

Assis, T. F.; Mafia, R.G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.) **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: [s.n.], 2007. p.93-121.

Assis, T. F. **Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas**. **Conference: 3º Encontro Brasileiro de Silvicultura**, At: Campinas-SP, May, 2014.

Associação baiana das empresas de base florestal. **Relatório ABAF 2019**. Salvador- BA, 2019. Disponível em <<https://www.abaf.org.br/dia-de-campo-e-realizado-com-sucesso-em-vitoria-da-conquista/#:~:text=No%20total%20s%C3%A3o%20800%20hectare%20s,Rocha%20Neto%2C%20propriet%C3%A1rio%20da%20fazenda>> Acesso em: 23 de Mar. De 2023.

Ataíde, G. M.; Castro, R. V. O.; Dias, B. A. S.; Castro, A. F. M. N. Idade para expedição de mudas clonais de eucalipto em função de variáveis morfológicas não destrutivas. **Advances in Forestry Science**, v.6, n.4, p.797-802, 2019. <https://doi.org/10.34062/afs.v6i4.8431>

Azevedo, G. T. O. S.; Souza, A. M.; Azevedo, G. B.; Cerqueira, P. H. A. Enraizamento de miniestacas de eucalipto com diferentes doses de polímero hidroretentor incorporado ao substrato. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n.

108, p. 773-780, dez. 2015. <https://doi.org/10.18671/scifor.v43n108.3>

Azevedo M. L. De; Titon, M.; Machado, E. L. M.; Assis Júnior, S. L.; Freitas, E. C. S. Influência do ácido indolbutírico no enraizamento de miniestacas caulinar e foliar de mogno-africano (*Khaya grandifoliola* C. DC.). **Ciência Florestal**, v. 31, n.2, p. 898-919, abr./jun. 2021. <https://doi.org/10.5902/1980509837225>

Barroso, D. G.; Carneiro, J. G. A.; Leles, P. S. S.; Morgado, I. F. Regeneração De Raízes De Mudas De Eucalipto Em Recipientes E Substratos. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.229-237, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000200006>

Bartieres E. M. M.; Carnevali, N. H. S.; Lima, E. S. L.; Carnevali, T. O.; Mallmann, V. Hidrogel, calagem e adubação no desenvolvimento inicial, sobrevivência e composição nutricional de plantas híbridas de eucalipto. **Brazilian Journal of Forestry Research** v. 36, n.(86), p.145-151, 2016. <http://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.86.990>

Batista, A. F.; Silva, L. D.; Santos, G.; Quevedo, F. F. Assis, T. F. et al. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of Eucalyptus in a subtropical environment. **Australian Forestry**, v. 78, n. 2, p. 65–72, 2015. <https://doi.org/10.1080/00049158.2015.1039162>

Bavaresco, L. G.; Pasquali, R.; Fluminhan, A. Cultivo in vitro de explantes removidos de plantas cultivadas a campo visando à micropropagação de *Eucalyptus citriodora*. **Fórum Ambiental**. v. 13, n. 06, 2017. <https://doi.org/10.17271/1980082713620171714>

Binotto, A. F.; Lúcio, A. D.; Lopes, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson Quality Index in forest seedlings. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000400005>

Biondi, D.; Bredow, E. A.; Leal, L. Influência do diâmetro de estacas no enraizamento de *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 277-282, 2008. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2008v29n2p277>

Bohm, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer-Verlag, 1979.

Borges, S. R.; Xavier, A.; Oliveira, L. S. De; Melo, L. A. De; Rosado, A. M.; Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.425-434, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300006>

Brondani, G. E.; **Aspectos morfológicos na clonagem de Eucalyptus benthamii**. 2012, 186 p. Tese (Doutorado em Ciências)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo- Piracicaba- SP.

- Brondani, G. E.; Baccarin, F. J. B.; Bergonci, T.; Gonçalves, A. N.; Almeida, M. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*: efeito do genótipo, aib, zinco, boro e coletas debrotações. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 147-156, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602014000100018>
- Brondani G. E.; Baccarin F. J. B.; Wit Ondas H. W.; Stape, J. L.; Gonçalves A. N.; Almeida M. Low tempera- ture, IBA concentrations and optimal time for adventitious rooting of *Eucalyptus benthamii* mini-cut- tings. **Journal of Forestry Research**, n.23, n.4, p.583–592, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11676-012-0298-5>
- Brondani, G. E.; Grossi, F.; Wendling, I.; Dutra, L. F.; Araujo, M. A; Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Maringá**, v. 32, n. 4, p. 667-674, 2010. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.4879>
- Brondani, G. E.; Wendling, I.; Araújo, M. A. De; Pires, P. P. Ácido indolbutírico em gelpara o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 153-158, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i2.10962>
- Bryant, P.; Trueman, S. Stem anatomy and adventitious root formation in cuttings of *Angophora*, *Corymbia* and *Eucalyptus*. **Forest**, v. 6, n. 4, p. 1227–1238, 2015. <https://doi.org/10.3390/f6041227>
- Burin, C.; Bisognin, D. A.; Lencina, K. H.; Somavilla, T. S.; Pedroso, M. F.; Enraizamento de miniestacas em diferentes épocas de coleta para a seleção de clones decanjerana. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**, v. 13, n. 2, p. 5530, 2018. <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i2a5530>
- Caldeira, M. V.; Delarmelina, W. M.; Lube, S. G.; Gomes, D. G.; Gonçalves, E. O.; Alves, A. F. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Revista Floresta**, v. 42, n. 1, p. 77-84, 2012. <https://doi.org/10.1590/01047760.201420021134>
- Caldeira, M. V.; Delarmelina, W. M.; Peroni, L.; Gonçalves, E. O.; Silva, A. G. Lodode esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 155-163, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000200002>
- Canguçu, V. de S. **Sazonalidade e utilização de estufins na propagação clonal de eucalipto**. 2020. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal Dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG.

Carneiro, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba:Campos/UENF. UFPR/FUPEF, 1995, 451 p.

Cipriani, H. N.; Vieira, A. H.; Godinho, V. P. C. **Crescimento inicial de clones de eucalipto em Vilhena, RO**. Embrapa Rondônia- BR, 364 km 5,5, Caixa Postal 127, 1ªedição, 2013. Disponível em <<https://core.ac.uk/reader/33886080>> Acesso em: junho de2023.

Coradini, D. M.; Silva, E. S. B. Da; Korte, K. P. Enraizamento de estacas semilenhosas de porta-enxerto de videira tratadas com ácido indolbutírico. **Revista Ciências Exatas e daTerra e Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 80-85, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n3p393>

Correa, H. C. R.; Florentim, E. T. S.; Monteiro, F. N.; Falcão, K. S.; Panachuki, E. Zoneamento Agroclimático para espécies do Gênero *Eucalyptus* no Estado do Mato Grosso do Sul. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. 1-18, 2020.<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10741>

Costa, D. B. da; Streck, N. A. Duração da fase de mudas em eucalipto simulada em cenários de aumento de temperatura. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p.1263-1270, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509833378>

Costella, C. **O uso do estufim e a sazonalidade na produção de mudas de materiais genéticos recalcitrantes ao enraizamento**. 2021. 60 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

Cunha, A. C. M. C. M. Da; Paiva, H. N.; Leite, H. G.; Barros, N. F.; Leite, F. P. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 195– 203, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000200001>

Cunha, A. C. M. C. M. Da; Wendling, I.; Souza Júnior, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* maiden et cambage em sistema de hidroponia e em tubete. **Ciência Florestal**, 15, n. 3, p. 307-310, 2005. <https://doi.org/10.5902/198050981868>

Cunha, A. L. B.; Chaves, F. C. M.; Batista, A. C.; Hidalgo, A. F. Propagação vegetativa de estacas de *Piper hispidum* Sw. em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n. 4, p. 685-692, 2015.

https://doi.org/10.1590/1983-084X/14_113

Custódio, I. C.; Felício, R.; Nascente, A. C. S.; Santos, P. G. F.; Silveira, P. S. da; Matos, F. S. Análise de crescimento de plantas de eucalyptus urocan sob déficit

hídrico e doses de silício. **Revista Agrotecnologia**, v. 8, n. 2, p. 28-36, 2017.
<https://doi.org/10.12971/2179-5959/agrotecnologia.v8n2p28-36>

Dantatagiba, S. D.; Pezzopane, J. E. M.; Vinco, J. S.; Pinheiro, A. A. Crescimento de clones de eucalipto em diferentes condições microclimáticas e lâminas de água no substrato. **Revista Irriga**, v. 21, n. 1, p. 104-118, 2016.
<https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n1p104-118>

Darriba F. A; Silva-Pando F. J. E. Género *Eucalyptus* (Myrtaceae) en Galicia: Claves y descripción. **Nova Acta Científica Compostelana**, v. 23, p. 23-51, 2016.
<https://revistas.usc.gal/index.php/nacc/article/view/2962>

Dias, P. C.; Oliveira, L. S. De; Xavier, A.; Wendling, I. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012. <https://doi.org/10.4336/2012.pfb.32.72.453>

Dinneny JR, Benfey PN. Plant stem cell niches: standing the test of time. *Cell*. 2008 Feb 22;132(4):553-7. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2008.02.001>.

Dutra, L. F.; Wendling, I.; Brondani, G. E. A micropropagação de eucalipto. **R. Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 49-59, 2009.
<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/5>.

Dutra, T. R.; Massad, M. D.; Sarmiento, M. F. Q. Fertilizante de liberação lenta no crescimento e qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*). **Floresta**, v.46, n. 4, p. 491-498, 2016. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v46i4.44570>

Dutra T. R.; Massad M. D.; Sarmiento, M. F. Q.; Oliveira, J. C. Substratos alternativos em métodos de quebra de dormência para produção de mudas de canafístula. **Revista Ceres**, v. 60, n. 1, p. 72-78, 2013.
<https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000100011>

Eloy, E.; Caron, B. O.; Schimidt, D.; Behling, A.; Schwerts, L.; Elli, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Revista Floresta**, v. 43, n. 3, p. 373 - 384, jul. / set. 2013.
<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v43i3.26809>

Fachinello, J. C.; Hoffmann, A.; Nachtigal, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221 p.

Faria, J. C. T.; Lopes, D. A.; Lyra, G. B.; Melo, H. C. De; Melo, L. A. de. Manejo da densidade de plantas durante a produção de mudas em viveiro. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1187-1198, 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509830030>

Faroni, E.; Trivelin, P. C. O. Quantificação de raízes metabolicamente ativas de cana-de-açúcar **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n. 6, p.1007-1013, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000600017>

Feret, P. P., & Kreh, R. E. **Seedling Root Growth Potential as an Indicator of Loblolly Pine Field Performance**. *Forest Science*, 31, 1985, p.1005-1011.

Fernandes, S. J. O.; Santana, R. C. S.; Silva, E. B.; Souza, C. M. P.; Silva, C. T. Período de enraizamento de miniestacas de eucalipto provenientes de diferentes lâminas de irrigação em minijardim. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 591-600, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509832045>

Ferraz, R. A.; Leonel, S.; Souza, J. M. A.; Silva, M. De S.; Gonçalves, B. H. L. Enraizamento de estacas de variedades de figueira com o emprego de ácido indolbutírico. **Energia na Agricultura**, v. 33, n. 1, p.81-86, 2018. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2018v33n1p81-86>

Ferreira, D. H. A. A.; Leles, P. S. S.; Oliveira Neto, S. N.; Paula, T. R.; Coutinho, R. P.; Silva, R. L. Crescimento e Produção de Eucalipto na Região do Médio Paraíba do Sul, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-9, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.131315>

Ferriane, A. P.; Zulfellato-Ribas, K. C.; Helm, C. V.; Boza, A.; Wendling, I.; Koehler, H. S. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 257-264, 2011. <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/172>

Figueiredo, F. A. M. M. A.; Carneiro, J. G. A.; Penchel, R. M.; Barroso, D. G.; Daher, R. F. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 01-11, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000100001>

Figueiredo, F. A. M. M. A.; Carneiro, J. G. A.; Penchel, R. M.; Campostrini, E.; Thiebaut, J. T. L.; Barroso, D. G. Condutividade hidráulica de raiz e capacidade fotossintética de mudas clonais de eucalipto com indução de deformações radiculares. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 277-287, 2014. <https://doi.org/10.5902/1980509814566>

Figueiredo, F. A. M. M. A.; Carneiro, J. G. A.; Penchel, R. M.; Thiebalt, J. T. L.; Abad, J. I. M.; Barroso, D. G.; Ferraz, T. M. Correlations between *Eucalyptus* clonal cutting quality and performance after planting. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 4, 2019. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.016316>

Florêncio, G. W. L.; Martins, F. B.; Fagundes, F. F. A. Mudanças climáticas nas plantações de eucalipto e medidas adaptativas para o desenvolvimento florestal sustentável em todo o Brasil. **Industrial Crops and Products**, v. 188, n. 4, p. 1-14, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115538>

Fonseca, E. P.; Valeri, S. V.; Miglioranza, E.; Fonseca, N. A. N.; Couto, L. Padrão de Qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515 - 523, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000400015>

Fontan, I. C. I.; Lima, A. R.; Efeito da remoção de ramos laterais (“toalete”) sobre o crescimento inicial de mudas clonais de eucalipto em campo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.25; p. 1 2017. DOI: 10.18677/EnciBio_2017A43

Freitas, A. F. De; Paiva, H. N. De; Xavier, A.; Neves, J. C. L. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 193-202, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509826458>

Freitas, T. A. S.; Barroso, D. G.; Carneiro, J. G. A.; Penchel Filho, R. M.; Figueiredo, F. A. M. M. Mudas de eucalipto produzidas a partir de miniestacas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 519-528, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000400004>

Freitas, T. A. S.; Barroso, D. G.; Carneiro, J. G. A.; Penchel, R. M.; Lamônica, K. R.; Ferreira, D. A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v.29, n. 6, p. 853-861, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000600003>

Freitas, T. A. S.; Barroso, D. G.; Carneiro, J. G. A.; Penchel Filho, R. M.; Souza, L. S. Efeito de deformação e poda das raízes de mudas de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Floresta**, v. 39, n. 2, p. 355-363, 2009. <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/15745>

Freitas, T. A. S.; Pimenta, D. A. L.; Mendonça, A. V. R. Enraizamento de miniestacas de *Enterolobium contortisiliquum* em garrafas PET. **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 3, set. 2017. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v9n32017968>

Gomes, J. A. O.; Teixeira, D. A.; Marques, A. P. S.; Bonfim, F. P. G. Diferentes substratos na propagação por estaquia de assa-peixe (*Vernonia polyanthes* Less). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p.1159-1168, 2015. https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_008

Gomes, J. M.; Paiva, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada** (Série Didática). Viçosa: Editora UFV, 2013.

Gonçalves, J. L. M.; Stape, J. L. (Ed.) **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p.47-130.

Goulart, P. B; Xavier, A.; Cardoso, N. Z. Efeito dos reguladores de crescimento

aib eana no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v.32, n.6, p.1051-1058, 2008.
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000600010>

Goulart, P. B.; Xavier, A.; Dias, J. M. Efeito de antioxidantes no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* X *E. Urophylla*1. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p.961-972, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000600001>

Goulart, P. B.; Xavier, A.; Iarema, L.; Otoni, W. C. Morfoanatomia da rizogênese adventícia em miniestacas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 521-532, 2014. <https://doi.org/10.1590/1980-509820142403001>

Hallé, F.; Oldemann, R.A.A.; Tomlinson, P.B. **Tropical trees and forests: anarchitectural analysis**. Berlin: Springer Verlag, 1978.

Hartmann, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. Boston:Prentice Hall, 2011. 915 p.

Hernández, M. M.; Silva, O. M. C.; Diniz, P. C.; Souza, N. P.; Melo, L. A. Plant residues as an alternative for substrate composition in the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. **Floresta**, v. 53, n.4, p. 423 – 432, 2023.
<https://doi.org/10.5380/rf.v53>

Higa, R. C. V.; Wrege, M. S. Zoneamento climático de *Eucalyptus grandis* para aregião Sul do Brasil. Colombo : Embrapa Florestas, 2010.

Higashi, E. N.; Silveira, R. L.De A.; Gonçalves, A. N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil**. Circular Técnica, n° 192, Outubro, 2000.

Indústria Brasileira De Árvores. **Relatório IBÁ 2022ano base 2021**. Brasília: 2017. 80 p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf> Acesso em Abril de 2023.

Jagiello-Kubiec, K.; Nowakowska K.; Łukaszewska A. J.; Pacholczak A. Morpho-anatomical and biochemical changes associated with rooting of micropropagated ninebark cuttings. **Plant Cell**, v. 147, p. 229–237, 2021.
<https://doi.org/10.1007/s11240-021-02119-x>

José, A. C.; Davide, A. C.; Oliveira, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.
<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/18127>

Lana, R. M. Q.; Lana, A. M.; Barreira, S.; Morais, T. R.; Faria, M. V. De. Doses do ácido indolbutírico no enraizamento e crescimento de estacas de eucalipto

(*Eucalyptusurophylla*). **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 13-18, 2008.
<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6708>

Leles, P. S. S.; Carneiro, J. G. A.; Barroso, D. G.; Morgado, I. F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em blocos prensados e em tubetes. **Revista Árvore**, v. 24, n. 1, p. 13-20, 2000.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74470102>

Leone, G. F. **Otimização da produção de mudas clonais de eucalipto com o uso de bioestimulantes**. 2019. 144p. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2019.

Lima, C. C.; Ohashi, S. T.; Silveira, A. S. Efeito De Diferentes Concentrações De aib e procedências geográficas no enraizamento de estacas de paricá. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1282-1292, 2018.
<https://doi.org/10.5902/1980509833380>

Lima D. M.; Biasi L. A.; Zanette F.; Zuffellato-Ribas K. C.; Bona C.; Mayer J. L. S. Capacidade de enraizamento de estacas de *Maytenus muelleri* Schwacke com a aplicação de ácido indol butírico relacionada aos aspectos anatômicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, v. 4, p. 422–438, 2011.
<https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000400008>

Lima, F. S.; Sousa, C. S. Crescimento e nutrição de mudas de clones de eucalipto inoculadas com fungos micorrízicos. - **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p.110-118, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000200006>

Lima, M. S. de. **Efeito do estufim e da aplicação de aib na produtividade efetiva de mudas clonais de *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora***. 2022. 63 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.

Lima, D. do S. de S.; Ribeiro, G. M. S.; Barbosa, B. S.; Silva, R. T. L.; Santos, C. R. C.; Shibata, M. Crescimento de mudas de *Handroanthus impetiginosus* submetidas a diferentes condições de capacidade de campo do solo. **Estudos em Ciências Ambientais e Agrárias**, v. 10, p. 73-88, 2023.
<https://doi.org/10.58203/>

Lobo, T. F.; Oliveira, F. C. De; Silva, M. R. da. Uso de lodo de esgoto na produção de mudas clonais de *Eucalyptus*. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n.5, p. 114-126, 2020. <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/3363>

Lopes, E. D.; Costa, T. M.; Amorim, J. V.; Arraújo, M. H. Efeito de doses de fertilizante de liberação lenta e de estufim na emergência de plântulas de *Pinus elliotti*. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara**, v. 4, n. 3, 2022. <https://doi.org/10.46636/recital.v4i3.326>

Macedo, E.; Vieira, C.; Carrizo, D.; Porfirio, S.; Hegewald, H.; Arnholdt-Schmitt, B.; Calado, M. L.; Peixe, A. Adventitious root formation in olive (*Olea europaea* L.) microshoots: anatomical evaluation and associated biochemical changes in peroxidase and polyphenol oxidase activities. **Journal Horti Sci Biotechnol**, v. 88, n. 1, p. 53–59. 2013.

<https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512935>

Machado, S. A.; Zamin, N. T.; Nascimento, R. G. M.; Santos, A. A. P. dos. Efeito de Variáveis Climáticas no Crescimento Mensal de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* em Fase Juvenil. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 170-181, 2014.

<https://doi.org/10.4322/floram.2014.015>

Maeght, J. L.; Rewald, B.; Pierret, A. How to study deep roots—and why it matters. **Front. Plant Sci.** 4:299. 2013. doi:

10.3389/fpls.2013.00299

Magalhães, F. M.; Sangermano, R. A.; Leite, E. S.; Martins, R. P.; Kupper, A. P. F. Desenvolvimento inicial do eucalipto sob diferentes preparos do solo e formas de propagação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.18, n.1, p.

58-61, 2022. <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/index>

Malysz, M.; Cadore, D.; Tibola, E.; Leontiev-Orlov, O.; Cansian, R.L.; Mossi, A.J.M. Desinfestação e micropropagação de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Perspectiva**, v.35, n.131, p. 69-77, 2011.

https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/131_221.pdf

Martins, S. G.; Silva, M. L. N.; Avanzi, J. C.; Curi, N.; Fonseca, S. Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em mata atlântica nortada costeiros do estado do Espírito Santo. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 517-526, 2010.

<http://www.bibliotecaforestal.ufv.br:80/handle/123456789/16469>

MARTINS, S. G. Silva, M. L. N.; Curi, N.; Ferreira, M. M. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico sob diferentes povoamentos florestais. **Revista Cerne**, v. 8, n. 1, p. 32-41, 2002.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74408103>

Medeiros, M. B. C. L.; Jesus, H. I.; Santos, N. F. A.; Melo, M. R. C.; Souza, V. Q.; Borges, L. S.; Guerreiro, M. C.; Freitas, L. S. Índice de qualidade de Dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 1, p. 159 – 173, 2018. <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v10i1.5124>

Mendes, L.; Treichel, M.; Beling, R. R. **Anuário Brasileiro da Silvicultura**. – Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 56 p. : il. 2016.

Mendonça, A. V. R.; Ribeiro, L. G.; Assunção, J. R. A.; Freitas, T. A. S.; Souza, J. S. Recipiente de fibras de *Attalea funifera* para produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 36, n. 87, p. 245-252, 2016. <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1186>.

Momentel, L. T.. **Crescimento e eficiência no uso da água por clones de eucalipto sob doses de potássio**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

Montovani, N.; Roveda, M.; Tres, L.; Fortes, F. O.; grando, m. f. cultivo de canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 225-236, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509826461>

Moraes, C. E.; Fonseca, R. C. De M.; Rui, M. Influência das folhas no enraizamento de miniestacas de híbridos de eucalipto. **Nucleus**, v.11, n.1, p. 101-106, 2014. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.995>

Moura, L. C.; Titon, M.; Moura, C. C.; Souza, C. C.; Santana, R. C. Ácido indolbutírico (AIB) e substratos na propagação vegetativa de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) por miniestaquia. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 1, p. 515-522, 2019. <https://doi.org/10.34062/afs.v6i1.6434>

Munguambe, J. F. **Qualidade morfológica de mudas clonais de eucalipto na fase de expedição em viveiros comerciais**. 2013, 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG.

Nogueira, R. D. **Produção de mudas clonais de eucalipto nos sistemas allepots e tubetes associada ao AIB**. 2023. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Estadual do Sudoeste Da Bahia. Vitória Da Conquista, Ba.

Novaes, A. B. **Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. 1998. 133 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

Novaes, A. B.; Carneiro, J.G.A.; Barroso, D.G.; Leles, P.S.S. Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e o seu desempenho no campo. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 675–681, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600004>

Oliveira, A. S. **Propagação clonal de eucalipto em ambiente protegido por estufins: produção, ecofisiologia e modelagem do crescimento das miniestacas**. 2016. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Oliveira, A. S.; Steidle Neto, A. J.; Ribeiro, A.; Rascon, N. Jr. L.; Rody, Y. P.; Almeida, A. Q. de. Determinação do tempo térmico para o desenvolvimento de mudas de eucalipto na fase de enraizamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.11, p.1223–1228, 2012.
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662012001100011>

Oliveira, J. C. de. **Qualidade de mudas de angico-vermelho produzidas em diferentes substratos e seu desempenho no campo**. 2017. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA.

Oliveira Júnior, O. A. de.; Cairo, P. A. R.; Novaes, A. B. de. Características morfofisiológicas associadas à qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1173–80, 2011.
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000700003>

Oliveira, L. S. De; Xavier, A.; Dias, P. C.; Correia, A. C. G.; Borges, S. R.; Takahashi, E. K.; Paiva, H. N. de. Enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 507 - 516, 2012.
<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/16161>

Oliveira, T. P.; Barroso, D. G. B.; Lamônica, K. R.; Morais, T. C. B.; Carvalho, G. C. M. W. Exigência nutricional e produtividade em minijardim clonal de *Toona ciliata* var. australis. **Ciências Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1154-1167, 2019.
<https://doi.org/10.5902/1980509821276>

Paiva, H. N. De; Gomes, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2011. 52 p.

Paula, R. R.; Pereira, M.G.; Santiago, R. R.; Amorim, H. B. Propriedades edáficas e desenvolvimento de eucalipto em topossequência na flona Mário Xavier-RJ. **Floram**, vol.19, n3, p.344-351, 2012.
<http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.040>

Pereira, V. G. M. F.; Lopes, A. S.; Belchior, I. B.; Fanaya Júnior, E. D.; Pacheco, A.; Brito, K. R. M. Irrigação e fertirrigação no desenvolvimento de eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1100-1114, 2019.
<https://doi.org/10.5902/1980509823362>

Pimentel, N.; I, Lencina, K. H.; Kielse, p.; Rodrigues, M. B.; Somavilla, T. M.; Bisognin, D. A. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de clones deerva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.). **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 559–570. 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509827009>

- Pires, P.; Wendling, I.; Auer, C.; Brondani, G. Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaqueira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Árvore**, v.39, n.2, p.283-293, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000200008>
- Quisen, R.C.; Angelo P.C.S. Manual de Procedimentos do laboratório de cultura de mudas da EMBRAPA Amazônia Ocidental. Documentos 61, 3º Título, IV SerioManaus, 2008. 44p.
- Ramalho, A. H. C.; Maffioletti, F. D.; Trazzi, P. A.; Ramalho, E. C.; Fiedler, N. C. Doses de potássio e lâminas de irrigação na qualidade de mudas de eucalipto. **Revista Nativa**, v. 8, n. 5, p. 643-649, 2020. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i5.10146>
- Reis, G. G. **Análise de crescimento das plantas**: mensuração do crescimento. Programa Cooperativo para el Desarrollo de los Trópicos Americanos. Belém, 1978.27p.
- Reis, G. G. dos; Reis, M. das G.F.; Fontan, I. da C. I.; Monte, M.A.; Gomes, A.N.; Oliveira, C.H.R. de. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp. submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, v. 30, n. 6, p. 921-931, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000600007>
- Resende, C.F.; Pacheco, V. S.; Dornellas, F. F.; Oliveira, A. M. S.; Freitas, J. C. E.; Peixoto, P. H. P. Responses of antioxidant enzymes, photosynthetic pigments and carbohydrates in micropropagated *Pitcairnia encholirioides* L.B. Sm. (Bromeliaceae) under ex vitro water deficit and after rehydration. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 1, p. 52-60, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.175284>
- Rezende, J. B.; Pereira, J. R.; Botelho, D. de O. Expansão da cultura do eucalipto nos municípios mineiros e gestão territorial. **Cerne**, v. 19, n. 1, p. 1-7, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000100001>
- Rocha, J. H. T.; Backes, C.; Borelli, K.; Prieto, M. R.; Santos, A. J. M.; Godinho, T. O. Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em função de doses de nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 273-279, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509818>
- Rocha, J. H. T., Pietro, M. R., Borelli, K., Backes, C., Neves, M. B. Produção e desenvolvimento de mudas de eucalipto em função de doses de fósforo. **Cerne**, 19 (4), 535–543. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000400002>
- Rocha, F. M.; Titon, M.; Fernandes, S. J. O.; Santos, P. H. R.; Laia, M. L.; Pena, C. A.

A. Uso de estufim e de AIB para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake × *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 3, p.1460-1478, 2022. <https://doi.org/10.5902/1980509865873>

Rocha, F. M. **Utilização do estufim e do ácido indolbutírico na miniestaquia de umclone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita***. 2019. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal Dos Vales do Jequitinhonha eMucuri, Diamantina, 2019.

Rockwood, D. L., Huber, D. A., Crawford, M. A., Rucks, P. C., Lamb, E., Fabbro, K. W., Minogue, P. J., Jump, R., & Hodge, G. R. *Eucalyptus amplifolia* and *Corymbia torelliana* in the Southeastern USA: Genetic Improvement and Potential Uses. **Forests**,13, n. 1, p. 75. 2022. <https://doi.org/10.3390/f13010075>.

Rodrigues, M. A.; Kerbauy, G. B. Meristemas: fontes de juventude e plasticidade nodesenvolvimento vegetal. **Hoehnea**, v. 36, n. 4, p. 525-549, 2009. <https://doi.org/10.1590/S2236-89062009000400001>

Rodrigues, M. B.; Pimentel, N.; Lencina, K. H.; Kielse, P.; Bisognin, D. A. Enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos).**Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.19, n.1, p.129-137, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509818411>

Rodrigues, V. A. **Recipientes biodegradáveis e composto orgânico na produção demudas de eucalipto**. 2020, 86p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Recipientes biodegradáveis e composto orgânico na produção de mudas de eucalipto. Vitória da Conquista, BA.

Rossa, U. B.; Angelo, A. C.; Nogueira, A. C.; Bognola, I. A.; Pomianski, D. J. W.; Soares, P. R. C.; Baroos, L. T. S. Fertilização de liberação lenta no crescimento de mudas de paricá em viveiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 227-234,2013. <https://doi.org/10.1590/1983-084X/0121>

Rudek, A.; Garcia, F. A. O.; Peres, F. S. B. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Revista Enciclopédia Biofesra**, v. 9, n. 17: p. 3777, 2013. <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3026>

Sá FP, Gomes EM, Maggioni RA, Wendling I, Helm CV, Sant’Anna-Santos BF, Zuffellato-Ribas KC. Biochemical and anatomical features of adventitious rhizogenesis in apical and basal mini-cuttings of *Ilex paraguariensis*. **New Forests**, v. 53, p. 411–430, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11056-021-09855-0>

Sampaio, P. T. B.; Siqueira, J. A. S.; Costa, S.; Bruno, F. M. S. Propagação vegetativapor miniestacas de preciosa (*Aniba canellila* (H. B.K) MEZ). **Acta Amazônica**, v. 40, n. 4, p. 687-692, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000400007>

Santos, A. C. A., Simone Silva, S.; Leite, H. G; Cruz, J. P. Influência da variabilidade da flocimática no crescimento de clones de eucalipto no Nordeste baiano. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 91, p. 259-268, 2017. <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.91.1207>

Santos, M. M.; Vieira, K. P.; Moreira, E. R.; Prates, R. G.; Oliveira, T. C.; Fidelis, R. R. Crescimento inicial de eucalipto consorciado com feijão caupi. **Cultura Agrônômica**, v. 27, n. 1, p. 57-66, 2018. <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n1p57-66>

Schenk, H. J.; Jackson, R. B. Mapping the global distribution of deep roots in relation to climate and soil characteristics. **Geoderma**, v. 126, n. 1-2, p. 129-140, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.11.018>

Serpa, M. F. P.; Cairo, P. A. R.; Lacerda, J. J.; Novaes, A. B. de. Root system growth and *Eucalyptus* clones performance in Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. **Nativa**, v. 5, n. 6, p. 428-433, 2017. <https://doi.org/10.31413/nativa.v5i6.4766>

Sette Jr, C. R., Oliveira, I. R. de., Tomazello Filho, M., Yamaji, F. M., & Laclau, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1183-1190. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000600019>

Shi, W.; Grossnickle, S. C.; Li, G.; Su, S.; Liu, Y. Fertilization and irrigation regimes influence on seedling attributes and field performance of *Pinus tabulaeformis* Carr. **Forestry. An International Journal of Forest Research**, v. 92, p. 97-107, 2019. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy035>

Silva, M. A. Da; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Avanzi, J. C.; Leite, F. P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do vale do rio doce, MG. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 765-776, 2011. <https://doi.org/10.5902/198050984520>

Silva, F. A. M.; Nunes, G. M.; Zanon, J. A.; Guerrini, I. A.; Silva, R. B. Resíduo agroindustrial e lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 827-828, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509832101>

Silva, P. H. M.; Miranda, A. C.; Lee, D. J.; Marino, C. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies de eucalipto em diferentes condições climáticas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 115, p. 563-571, set. 2017. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n115.13](https://doi.org/10.18671/scifor.v45n115.13)

Silva, A. A. da; Delatorre, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**,

v. 8, n. 2, p. 152–163, 2009.

<https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5324>.

Simões, D. Silva, M. R da. Análise técnica e econômica das etapas de produção de mudas de eucalipto. **Revista Cerne**, v. 16, n. 3, p. 359-366, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000300011>

Simpson, D. G.; Ritchie, G. A. Does RGP predict field performance? A debate. **NewForests**, v. 13, p. 249-273, 1996. <https://doi.org/10.1023/A:1006542526433>

Souza, C. C.; Xavier, A.; Leite, F. P.; Santana, R. C.; Leite, H. G. Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* hill x *E. urophylla* s. t. black. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p. 67-77, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100008>

Souza, C. C.; Xavier, A.; Leite, F. P.; Santana, R. C.; Paiva, H. N. Densidade de minicepas em minijardim clonal na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 77, p. 49-56, 2014. <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/512>

Spassin, A. C.; Garcia, F. A. de O. O ácido indolbutírico (IBA) é viável para a sobrevivência e o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus dunnii*? **Enciclopédia Biosfera**, v.13, n. 23, p. 2016. <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1243>

Steffens, B.; Rasmussen, A. The Physiology of Adventitious Roots. **Plant Physiologist**, v. 170, p. 603–617, 2016. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01360>

Stewart, J. D.; Bernier, P. Y. Gas exchange and water relations of 3 sizes of containerized *Picea mariana* seedlings subjected to atmospheric and edaphic water stress under controlled conditions. **Annals of Forest Science**, v. 52, p. 1–9, 1995. <https://doi.org/10.1051/floresta:19950101>

Stuepp, C.A.; Kratz, D.; Gabira, M.M.; Wendling, I. Survival and initial growth in the field of eucalyptus seedlings produced in different substrates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.55, e. 01587, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921>

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M; Murphy, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

Thomazini, S. C. N.; Souza, J. A. R.; Moreira, D. A.; Gonçalves, J. M. Reutilização decama de aviário compostada na produção e no crescimento inicial

de mudas de eucalipto. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 10, p. e535111033141, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.33141>

Titon, M. **Propagação clonal de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia e microestaquia**. 2001. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Titon, M.; Xavier, A.; Reis, G. G. Dos; Otoni, W. C. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p. 619-625, 2003a. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000500004>

Titon, M.; Xavier,; Otoni, W. C. A.; Reis, G. G. dos. Efeito do aib no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2003b. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000100001>

Toledo, F. H. S. F. De.; Venturin, N.; Carlos, L.; , Dias, B. A. S.; Venturin, R. P.; Macedo, R. L. G. Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose na produção de mudas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19,n.7, p.711–716, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p711-716>

Trazzi, P.A.; Santos, J.A.; Dobner Júnior, M.; Higa, A.R.; Roters, D.F.; Caldeira, M.V.W. A qualidade morfológica de mudas de *Pinus taeda* afeta o seu crescimento em campo no longo prazo? **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, e 3052, 2020. <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n127.04>

Tsakaldimi, M.; Ganatsas, P.; Jacobs, D. F. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. **New Forests**, v. 44, n. 1, p.327-339, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9339-3>

Vall, C. F. Do; Caldeira, C. J. **Fatores que afetam o enraizamento de *Eucalyptus spp.*** Boletim Informativo. Acesso em: 15-03-2023. Disponível em: https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1978_Fatores+Enraizamento+Estacas.pdf Acesso em março de 2023

Vasconcelos, A. C. M.; Casagrande, A. A.; Perecin, D.; Jorge, L. A. C.; Landell, M.G.A. Avaliação do sistema radicular de cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p. 849-858, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000500009>

Véras, M. L. M.; Andrade, R.; Figueredo, L. F.; Araujo, V. L.; Melo Filho, J. S.; Mendonça, R. M. N.; Pereira, W. E. Uso de reguladores vegetais na propagação via estaquia de umbu-cajazeira. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 740-748, 2018. <https://doi.org/10.19084/RCA17153>

Vernoux, T. & Benfey, P.N. Signals that regulate stem cell activity during plant development. **Current Opinion in Genetics & Development**, v. 15, n. 4, p. 388-394, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.gde.2005.06.008>

Villacota-Martín, C.; Sánchez-García, A. B.; Vilanova, J.; Cano, A.; Rhee, M. V. De; Haan, J. De; Acosta, M. Passarinho, P.; Pérez-Pérez. Gene expression profiling during adventitious root formation in carnation stem cuttings. **Instituto de Bioingeniería**, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Alicante, Spain, 2015. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-2003-5>

Wakeley, P. C. Nursery practice. In: **Planting the southern pines**. Washington: Forest Service, 1954. p. 68-119.

Wendling I.; Brooks, P. R.; Trueman. S. J. Topophysis in *Corymbia torelliana* × *C.citriodora* seedlings: adventitious rooting capacity, stem anatomy, and auxin and abscisic acid concentrations. **New forest**, n. 46, n. 1, p. 107–120. 2014. <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9451-7>

Wendling, I.; Xavier, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p. 475-480, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000400005>.

Witschoreck, R. Schumacher, M. V.; Caldeira, M. V. W. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* s.t. blake no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, v.27, n. 2, p.177-183, 2003. <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/12411>

Xavier, A.; Andrade, H. B.; Oliveira, M. L.; Wendling, I. Desempenho do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 25, n. 4, p. 403-411, 2001. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/305205/1/Desempenhodoenraizamentodemicroestacas.pdf>

Xavier, A.; Silva, R. L. da. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010. <https://www.researchgate.net/0377-9424 / 2010>

Xavier, A.; Wendling, I.; Da Silva, R. L. **Silvicultura Clonal: princípios e técnicas**. 3ªed. Viçosa – MG: Editora UFV, 2021. 275 p.

Xavier, A.; Wendling, I.; Silva, R.L. da. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2013. 272p.

ZHANG, Y.; WANG, X. Geographical spatial distribution and productivity dynamic change of eucalyptus plantations in China. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 19764. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97089-7>.

APÊNDICES

Apêndice A- Tabela de análise de variância das características morfológicas das minicepas e brotações.

Apêndice 1A – Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação das características Sobrevivência (SOB), Número de coletas (NC) e Número de miniestacas por minicepa (NM), oriundas dos clones I 144 e VC 41, em ambientes com e sem estufins.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		NC	NM
Clone	1	0.122500*	0.075625
Ambiente	1	0.062500	127.125625
Clone x Ambiente	1	0.090000	0.075625*
Erro	12	0.023750	0.145625
CV (%)		4,47	2.26

*Significativo pelo teste F ($p > 0,05\%$).

Apêndice 2A – Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação das características comprimento (COMP) e distância entre folha (DEF) e Número de folhas de brotações das minicepas, oriundas dos clones I 144 e VC 41, em ambientes com e sem estufins.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		COMP (cm)	DEF (cm)	NF
Clone	1	13.690000*	0.950625	15.602500
Ambiente	1	7.562500	3.330625	0.090000*
C x A	1	1.822500*	0.855625*	0.002500
	12	0.671250	0.077708	0.046250
CV (%)		6,84	7,76	3,11

*Significativo pelo teste F ($p > 0,05\%$).

Apêndice B- Tabela de análise de variância das características morfológicas das miniestacas.

Apêndice 1B- Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação das características Sobrevivência (SOB), Enraizamento (ENR) e Calos (CALOS), de miniestacas obtidas dos clones I144 e VE41, com e sem estufim, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		ENR (%)	CALOS (%)
Clone	1	3186.550125*	234.955125*
Ambiente	1	6.670125	2.485125
Concentração	4	2590.472062	6.384812*
C x A	1	12.246125*	0.276125
C x C	4	57.238562	4.303562*
A x C	4	1.920437	37.268750
C x A x C	4	12.200188	0.782062
Erro	64	62.567125	1.608699
CV (%)		12.96	24,5

*Significativo pelo teste F ($p > 0,05\%$).

Apêndice 2B– Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação das características Número de raízes maiores que 3 cm (NR > 3), Número total de raízes (NTR), Comprimento da maior raiz (CMR) e Comprimento médio das raízes (CMÉDIO), de miniestacas obtidas dos clones I144 e VE41, com e sem estufim, submetidas à cinco concentrações de AIB, 25 dias após o estaqueamento.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		NR > 3 (cm)	NTR	CMR (cm)	CM (cm)
Clone	1	0.112500	11.858000	0.924500	32.908951
Ambiente	1	2.520500	0.008000	0.162000	1.227601
Concentração	4	1.873000	5.682688	93.472375*	26.829143
C x A	1	0.060500	0.392000	0.200000	7.062661*
C x C	4	2.035625*	1.398313	7.030750	5.828395*
A x C	4	0.905500*	0.555812	1.573875	1.969795
C x A x C	4	0.227375	0.874188*	2.528750	0.697217
Erro	60	0.177000	0.338500	7.332500	1.642123
CV (%)		18.89	12.22	17.47	21.34

*Significativo pelo teste F ($p > 0,05\%$).

Apêndice C- Tabela de análise de variância das características morfológicas das mudas.

Apêndice 1C- Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação das características Diâmetro de colo (DC) Biomassa fresca da parte aérea (BMFPA), Biomassa fresca da raiz (BMFR), Biomassa seca da parte aérea (BMSPA), Biomassa seca da raiz (BMSR) e Biomassa seca total (BST) obtidas em mudas dos clones I144 e VE41, com e sem estufim, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		DC (mm)	BMSPA (mg)	BMST (mg)
Clone	1	3.728161*	1.270836	4.130951
Ambiente	1	0.238711*	0.010103	0.002365
Concentração	4	1.386349*	1.244347	4.207547
C x A	1	0.010811	0.153738	0.148523
C x C	4	0.081092	0.160063	0.332102
A x C	4	0.003317	0.090496	0.179723
C x A x C	4	0.071436	0.094030	0.111591
Erro	60	0.053963	0.016146	0.024270
CV (%)		9.14	12,93	10,49

*Significativo pelo teste F ($p > 0,05\%$).

Apêndice 2C- Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação das características Relação altura diâmetro (H/D), Relação biomassa fresca da parte aérea biomassa fresca da raiz (BMFPA/BMFR), Relação biomassa seca da parte aérea biomassa seca da raiz (BMSPA/BMSR), e Índice de qualidade de Diqson (IQD), obtidas em mudas dos clones I144 e VE41, com e sem estufim, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		H/D (cm)	BMSPA/BMSR (cm)	IQD (cm)
Clone	1	2.112500	9.006833	0.050000
Ambiente	1	1.922000	0.921278	0.000045
Concentração	4	5.919875	9.009951	0.048221
C x A	1	0.018000	0.023086	0.000720
C x C	4	2.566875	0.713445	0.003128
A x C	4	0.152625	0.824217	0.001942

C x A x C	4	0.808625	0.246031	0.000879
Erro	60	1.026250	0.255012	0.000489
CV (%)		11.10	22.49	16.41

*Significativo pelo teste F ($p > 0,05\%$).

Apêndice 3C– Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação das características Número de raízes (NR), Espiralamento (Espiral.), Estrangulamentos (Estrang.), obtidas em mudas dos clones I144 e VE41, com e sem estufim, submetidas à cinco concentrações de AIB, 90 dias após o estaqueamento.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		Espiral.	Estrang.	Dobras	CDR(%)
Clone	1	0.006125	0.004500	0.002000	0.220500
Ambiente	1	0.003125	0.008000	0.012500	0.060500
Concentração	4	0.005750	0.018000	0.045438	0.127000
C x A	1	0.010125	0.002000	0.000500	0.002000
C x C	4	0.008625	0.017000	0.022937	0.026125
A x C	4	0.001250	0.013625	0.022188	0.021125
C x A x C	4	0.015125	0.013875	0.012688	0.010750
Erro	60	0.089875	0.100250	0.063500	0.049750
CV (%)		23.54	20.46	17.44	18.90

*Significativo pelo teste F ($p > 0,05\%$).

Apêndice D- Tabela de análise de variância das características morfológicas do Potencial de Regeneração de Raízes (PRR).

Apêndice 1D- Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação das características Número de raízes regeneras por quadrante, obtidos em mudas dos clones I144 e VE41, com e sem estufim, submetidas à cinco concentrações de AIB, 28 dias após transplântio para rizotrons tipo tubos.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		C1-A1	C1-A2	C1-A1	C1-A2
Quadrante	1	0.600533	1.111833	0.112633	0.225700
Concentração	4	0.414350	2.113750	1.984350	5.823900
Q * C	4	0.717950	0.371417	0.829217	0.541700
Erro	40	0.797900	0.723500	0.654700	1.086850
CV (%)		16.08	15.34	13.47	17.72

*Significativo pelo teste F ($p > 0,05\%$). C1: clone I144. C2: clone VE41. A1: ambiente com estufim. A2: ambiente sem estufim.

Apêndice 2 D- Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação das características Número de raízes regeneras nas porções superior e inferior, obtidos em mudas dos clones I144 e VE41, com e sem estufim, submetidas à cinco concentrações de AIB, 28 dias após transplântio para rizotrons tipo tubos.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		C1-A1	C1-A2	C1-A1	C1-A2
Porção	1	1.620000	1.479200	2.163200	3.484800
Concentração	4	0.322300	1.143700	2.301200	5.629700
P * C	4	0.063500	0.066700	0.417200	0.784300
Erro	40	0.903600	1.002700	0.878800	1.684200
CV (%)		12.06	12.62	11.07	15.58

*Significativo pelo teste F ($p > 0,05\%$). C1: clone I144. C2: clone VE41. A1: ambiente com estufim. A2: ambiente sem estufim.

Apêndice 3D- Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação das características Número total de raízes regeneras, obtidos em mudas dos clones I144 e VE41, com e sem estufim, submetidas à cinco concentrações de AIB, 28 dias após transplântio para rizotrons tipo tubos.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS
		NTRR
Clone	1	12.960000*
Ambiente	1	0.144400
Concentração	4	2.762600
C* A	1	0.313600
C * C	4	2.108000
M* C	4	3.043400
C * A*C	4	1.460600
Erro	80	1.924400
CV (%)		12.01

*Significativo pelo teste F ($p > 0,05\%$).

Apêndice E- Acervo fotográfico.

Apêndice 1E- Miniestacas dos clones I144 e VE41. 2E- Calos em mudas de *Eucalyptus* spp. aos 25 dias após estaqueamento.



Apêndices 3E- Mudas de *Eucalyptus* spp na saída da casa de enraizamento com comprimento de raízes excedendo a porção inferior do tubete. 4E- Sistema radicial de mudas de *Eucalyptus* spp. retiradas do tubete com raízes fisiologicamente ativas aparentes.



Apêndices 5E- Estrangulamento (A), Dobras (B) e Espiralamento (C), como exemplos de deformações em raízes de *Eucalyptus* spp., 6 meses após plantio

