



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e**  
**Ambientais**

**Produção de mudas clonais de *Tectona grandis* (Linn  
f.) em diferentes sistemas de minijardim**

**MARIA ANGÉLICA DI CARVALHO**

CUIABÁ-MT  
2019

**MARIA ANGÉLICA DI CARVALHO**

**Produção de mudas clonais de *Tectona grandis* (Linn f.) em diferentes sistemas de minijardim**

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Dagma Kratz

Coorientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Édila Cristina de Souza

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, para obtenção do título de mestre.

CUIABÁ – MT

2019

### Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

D536p Di Carvalho, Maria Angélica.  
Produção de mudas clonais de *Tectona grandis* (Linn f.)  
em diferentes sistemas de minijardim / Maria Angélica Di  
Carvalho. -- 2019  
xviii, 82 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Dagma Kratz.

Co-orientadora: Edila Cristina de Souza.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato  
Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal, Programa de  
Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais,  
Cuiabá, 2019.

1. Teca. 2. miniestaquia. 3. enraizamento adventício. 4.  
produtividade de minicepa. 5. qualidade da muda. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS  
Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança - Cep: 78060900 - CUIABA/MT  
Tel : 3615-8685/3615-8641 - Email : secpgcfa@ufmt.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

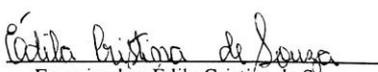
**TÍTULO : PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE *Tectona grandis* (Linn f.) EM DIFERENTES SISTEMAS DE MINIJARDIM**

AUTOR: MARIA ANGÉLICA DI CARVALHO

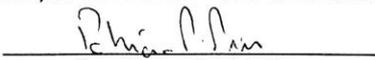
Dissertação defendida e aprovada em 15 de março de 2019

Composição da Banca Examinadora:

  
Presidente da Banca/ Orientadora: Dagny Kratz  
Instituição: Universidade Federal do Paraná

  
Examinador: Edila Cristina de Souza  
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

  
Examinador: Rafael Ferreira Alfenas  
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

  
Examinador: Patrícia Pires  
Instituição: Universidade Federal de Goiás

CUIABÁ, 15/03/2019.

*“Quando eu me dou importância o universo se abre;  
Quando eu me dou amor o universo ascende;  
Quando eu me dou harmonia o universo me atende”*

*Francisca Faverani*

A minha inspiração constante, fonte de energia e amor,  
A você minha mãezinha, *Silvânia Carvalho*.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, aos meus mentores e guias espirituais, que intercedem e guiam meus passos a cada momento, sendo minhas forças para um caminho repleto de perseverança e sabedoria.

A minha mãe Silvânia Carvalho, que sempre está presente nos melhores e piores momentos da minha vida, sem ela nada disso seria possível. Obrigada por ir comigo nas infinitas idas e vindas da fazenda, ajudando na coleta de dados, e horando o carinhoso apelido que lhe concedi “minha estagiária”. Você é minha joia rara que levo daqui até a eternidade. Eu te amo.

Ao meu grande companheiro de vida André Luiz, por estar sempre ao meu lado, me proporcionando toda a paciência e dedicação que precisamos nos momentos difíceis. Me dando ânimo, amor, paciência, momentos de alegria e descontração para aguentar essa vida acadêmica. Sem você essa trajetória não seria leve. Te amo

A minha orientadora Dagma Kratz, por ser essa profissional, amiga incrível, estando comigo desde a graduação, acreditando em meu trabalho e dando todo o suporte necessário. Te agradeço mais uma vez pela sua paciência e parceria nesta etapa de minha vida acadêmica.

A minha coorientadora Édila Cristina de Souza, por toda a ajuda nas análises de dados, sem você para nos auxiliar não teríamos apresentado um trabalho com análises inovadoras nesta área de conhecimento. Obrigada pela paciência em me ensinar, e muitas vezes em reensinar sobre as análises que utilizamos, pelas longas reuniões em sua sala para rodar os dados, e por fim obrigada pelas conversas, amizade e principalmente pela confiança.

Aos professores Rafael Alfenas e Patrícia Pires, por compor minha banca de qualificação apresentando novas alternativas contribuindo assim para enriquecer esse trabalho.

Aos colaboradores da Universidade Federal do Paraná, Prof. Dr. Bruno Francisco Sant’Anna dos Santo, a mestrandia Leticia Walter e o

estagiário de iniciação científica Cléber Porath, pela ajuda prestada para confecção das lâminas e imagens anatômicas.

A técnica Marcia do Laboratório de Cultura de Tecidos, por ser sempre tão solícita e receptiva quando precisei de auxílio.

A todos os professores da Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais - UFMT e a CAPES que de alguma forma contribuíram para meu engrandecimento profissional no decorrer desses dois anos.

A empresa Floresteca S.A e toda sua equipe do viveiro, sempre de portas abertas para nos receber, incentivando e dando o suporte necessário para a realização da pesquisa. Em especial a Ana que sempre estive ao meu lado me auxiliando e me alegrando com suas infinitas histórias cuiabanas.

Ao mestre, engenheiro florestal e amigo Joamir Barbosa Filho, por todos os ensinamentos desde minha graduação, e confiar em meu trabalho e responsabilidade, abrindo as portas da empresa para nosso experimento.

A minha amiga irmã Martha Aguiar, que me acompanha desde a graduação e agora terminando o mestrado juntas. Sempre compartilhando as alegrias, superações, conquistas, tristezas e decepções que essa vida acadêmica nos proporciona. Obrigada pela sua presença em minha vida e espero poder continuar com sua amizade por muitos anos

A todos aqueles que de alguma forma, por mais singela possível, me ajudaram para a elaboração desta pesquisa.

*Gratidão !*

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	4
2.1 OBJETIVO GERAL.....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	5
3.1 <i>Tectona grandis</i> Linn. f. ....	5
3.2 MINIESTAQUIA.....	6
3.3 MINIJARDIM.....	7
3.5 QUALIDADE DA MUDA .....	10
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	13
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	13
4.2 OBTENÇÃO DO CLONE E CONSTITUIÇÃO DO MINIJARDIM CLONAL .....	13
4.2.1 Minijardim em sistema canaletão .....	14
4.2.2 Minijardim em sistema tubete.....	15
4.3 MANEJO E NUTRIÇÃO DAS MINICEPAS.....	15
4.4 COLETA DAS BROTAÇÕES E PREPARO DAS MINIESTACAS 17	
4.5 MANEJO DAS MINIESTACAS .....	17
4.6 EXPERIMENTO 1: PRODUÇÃO DE MUDAS EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM.....	19
4.6.1 Sobrevivência e produtividade de minicepas em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim .....	19
4.6.2 Sobrevivência e vigor radicial da muda em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim .....	20
4.6.3 Qualidade das mudas em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim .....	20
4.7 EXPERIMENTO 2: TEMPO DE ENRAIZAMENTO E ANATOMIA DE MINIESTACAS PRODUZIDAS EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM .....	21
4.7.1 Tempo de enraizamento .....	21
4.7.2 Análise anatômica.....	22
4.8 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS.....	23

<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
5.1 EXPERIMENTO 1: PRODUÇÃO DE MUDAS EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM.....	25
5.1.1 Sobrevivência e produtividade de minicepas em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim .....	25
5.1.2 Sobrevivência e vigor radicial da muda em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim .....	38
5.1.3 Qualidade da muda em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim .....	48
5.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA.....	57
5.3 EXPERIMENTO 2: ANATOMIA DE MINIESTACAS E TEMPO DE ENRAIZAMENTO PRODUZIDAS EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM.....	58
5.3.1 Análise anatômica em diferentes tempos após estaqueamento .....	58
5.3.2 Tempo de enraizamento.....	63
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	68
<b>6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	69
<b>7 APÊNDICE</b> .....	76

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA FERTIRRIGAÇÃO DOS MINIJARDINS CLONAL CANALETÃO E TUBETE DE *Tectona grandis*..... 16
- TABELA 2 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA FERTIRRIGAÇÃO DAS MUDAS DE *Tectona grandis* A PLENO SOL ADVINDAS DE DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM. .... 19
- TABELA 3 - NÚMERO DE BROTO TOTAL DE CADA COLETA (NB) E INTERVALO DE DIAS ENTRE COLETAS (IC) EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM EM *Tectona grandis* Linn f..... 25
- TABELA 4 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS DE SOBREVIVÊNCIA DAS MINICEPAS (SMIN), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS E BROTO REMANESCENTES POR MINICEPA (PMC; BROTO SR), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS (PMM) E PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO (PMA) DE *Tectona grandis* Linn f. NOS SISTEMAS DE MINIJARDIM CANALETÃO E TUBETE. .... 31
- TABELA 5 - SOBREVIVÊNCIA DAS MINICEPAS (SMIN), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR MINICEPA (PMC), BROTO REMANESCENTES (BROTO SR) EM *Tectona grandis* Linn f., PRODUZIDAS NOS SISTEMAS DE MINIJARDIM DE CANALETÃO E TUBETE. .... 32
- TABELA 6 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS DE SOBREVIVÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO, CASA DE SOMBRA E PLENO SOL (SCV; SCS E SPS), NÚMERO DE RAÍZES (NR), COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) E COMPRIMENTO DA MAIOR RAÍZ (CMR) DE *Tectona grandis* Linn f. NOS SISTEMAS DE MINIJARDIM CANALETÃO E TUBETE DURANTE AS SUCESSIVAS COLETAS..... 41
- TABELA 7 - SOBREVIVÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO, CASA DE SOMBRA E PLENO SOL (SCV; SCS; SPS), NÚMERO DE RAÍZES (NR); COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) E COMPRIMENTO DA MAIOR RAÍZ (CMR) EM *Tectona grandis* Linn f., PRODUZIDAS NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM E COLETAS SUCESSIVAS. .... 42

TABELA 8 - ANÁLISE NUTRICIONAL FOLIAR DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM MINIESTACAS DE <i>Tectona grandis</i> Linn f. NA ENTRADA E SAIDA DA CASA DE VEGETAÇÃO PRODUZIDAS EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM CANALETÃO (C) E TUBETE (T).....	46
TABELA 9 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS DE ALTURA (HT), DIAMETRO DA MINIESTACA (DM), DIAMETRO CASA DE VEGETAÇÃO (DCV), DIAMETRO A PLENO SOL (DPS), RELAÇÃO ALTURA/DIAMETRO A PLENO SOL (HT/DPS), MASSA SECA RADICIAL (MSR), AEREA (MSPA) E TOTAL (MST)DE <i>Tectona grandis</i> Linn f.....	54
TABELA 10 – ALTURA (HT), DIAMETRO DA MINIESTACA (DM), DIAMETRO CASA DE VEGETAÇÃO (DCV), DIAMETRO A PLENO SOL (DPS), RELAÇÃO ALTURA/DIAMETRO A PLENO SOL (HT/DPS), MASSA SECA RADICIAL (MSR), AEREA (MSPA) E TOTAL (MST) EM <i>Tectona grandis</i> Linn f., PRODUZIDAS NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM E COLETAS SUCESSIVAS.....	55
TABELA 11 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS DE NUMERO DE RAIZES (NR), COMPRIMENTO TOTAL DE RAIZES (CTR), COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) CALO E ENRAIZAMENTO AOS 40 DIAS (ENR 40) DE <i>Tectona grandis</i> Linn f. NOS SISTEMAS DE MINIJARDIM CANALETÃO E TUBETE.....	64
TABELA 12 – VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS NR (NÚMERO DE RAÍZES), CTR (COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES), CMR (COMPRIMENTO DA MAIOR RAÍZ), CALO E ENR 40 (ENRAIZAMENTO AOS 40 DIAS) EM RELAÇÃO A INTERAÇÃO MINIJARDIM DENTRO DE CADA TEMPO (DIAS) EM MINIESTACAS DE <i>T. grandis</i> Linn f.....	65
TABELA 13 - VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS NR (NÚMERO DE RAÍZES), CTR (COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES), CMR (COMPRIMENTO DA MAIOR RAÍZ) E CALO EM RELAÇÃO A INTERAÇÃO TEMPO (DIAS) DENTRO DE CADA MINIJARDIM EM MINIESTACAS DE <i>T. grandis</i> Linn f. ....	66

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – MINIJARDIM CLONAL DE *Tectona grandis* Linn f. (A) CONDUZIDO EM TUBETES 55 CM<sup>3</sup>. (B) CONDUZIDO EM CANALETÃO..... 14
- FIGURA 2 – (A) FORMAÇÃO DE BROTOS NO MINIJARDIM CANALETÃO. (B) FORMAÇÃO DE BROTOS NO MINIJARDIM TUBETE. (C) MINIESTACA ADVINDA DO MINIJARDIM CANALETÃO. (D) MINIESTACA ADVINDA DO MINIJARDIM TUBETE. .... 17
- FIGURA 3 - REPRESENTATIVIDADE DA PRODUÇÃO DE MINIESTACA POR MINICEPA (PMC); BROTOS REMANESCENTES (BROTOSR); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO<sup>2</sup> AO MÊS (PMM); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO<sup>2</sup> AO ANO (PMA) E INTERVALO DE COLETA (IC), DENTRO DE CADA COMPONENTE PRINCIPAL (DIM), NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM AO LONGO DE OITO MESES DE COLETAS SUCESSIVAS..... 26
- FIGURA 4 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR MINICEPA (PMC), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS (PMM), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR MESTRO QUADRADO AO ANO (PMA), MÉDIAS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS (TMÁX), TEMPERATURAS MÉDIAS (TMÉD) E TEMPERATURAS MÍNIMAS (TMÍN) AO LONGO DE OITO MESES DE COLETA EM MINIJARDIM CANALETÃO (A) E MINIJARDIM TUBETE (B). \*\*VALOR SIGNIFICATIVO PELO TESTE F (P<0,01), \*VALOR SIGNIFICATIVO PELO TESTE F (P<0,05), <sup>NS</sup> NÃO SIGNIFICATIVO. .... 28
- FIGURA 5 – ACP A PARTIR DO PLANO DE DISPERSÃO DAS COLETAS NO SISTEMA CANALETÃO (C1; C2; C3; C4; C5; C6; C7 E C8) E TUBETE (T1, T2, T3 E T4) SOBRE A PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR MINICEPA (PMC); BROTOS REMANESCENTES (BROTOSR); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS (PMM); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO (PMA) É INTERVALO DE COLETA (IC) AO LONGO DE OITO MESES DE SUCESSIVAS COLETAS. .... 29

FIGURA 6 - PLANO DE POLIGONO E DISPERSÃO DE PONTOS DOS GRUPOS DE DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM FORMADOS A PARTIR DAS VARIÁVEIS DE PRODUÇÃO DE MINUESTACAS POR MINICEPA (PMC); BROTOS REMANESCENTES (BROTOSR); PRODUÇÃO DE MINUESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS (PMM); PRODUÇÃO DE MINUESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO (PMA) E INTERVALO DE COLETA (IC) EM TECTONA GRANDIS LINN F. GRUPO C: MINIJARDIM CANALETÃO, GRUPO T: MINIJARDIM TUBETE. ....	30
FIGURA 7 - PRODUÇÃO DE MINUESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS (PMM) EM (A) MINIJARDIM EM SISTEMA CANALETÃO E (B) MINIJARDIM EM SISTEMA TUBETE DE TECTONA GRANDIS LINN F. EM FUNÇÃO DAS COLETAS. MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE TUKEY, AO NÍVEL DE 5 % DE PROBABILIDADE DE ERRO. ....	34
FIGURA 8 - PRODUÇÃO DE MINUESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO (PMA) EM (A) MINIJARDIM CANALETÃO E (B) MINIJARDIM TUBETE DE <i>Tectona grandis</i> Linn f. EM FUNÇÃO DAS COLETAS. MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE TUKEY, AO NÍVEL DE 5 % DE PROBABILIDADE DE ERRO. ....	35
FIGURA 9 - PRODUÇÃO DE MINUESTACAS POR MINICEPA (PMC) E BROTOS REMANESCENTES POR MINICEPA (BROTOSR) EM (A) MINIJARDIM CANALETÃO E (B) MINIJARDIM TUBETE DE <i>Tectona grandis</i> Linn f. EM FUNÇÃO DAS COLETAS AO LONGO DE OITO MESES. ....	38
FIGURA 10 - REPRESENTATIVIDADE DA SOBREVIVÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO, CASA DE SOMBRA E PLENO SOL (SCV; SCS; SPS), NÚMERO DE RAÍZES (NR); COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) E COMPRIMENTO DA MAIOR RAÍZ (CMR) DENTRO DE CADA COMPONENTE PRINCIPAL (DIM), NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM E COLETAS SUCESSIVAS. ....	39

- FIGURA 11 - ACP A PARTIR DO PLANO DE DISPERSÃO DAS COLETAS NO SISTEMA CANALETÃO (C1; C2; C3; C4; C5; C6; C7 E C8) E TUBETE (T1, T2, T3 E T4) SOBRE A SOBREVIVÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO, CASA DE SOMBRA E PLENO SOL (SCV, SCS, SPS), NÚMERO DE RAÍZES (NR); COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) E COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARIM E SUCESSIVAS COLETAS. .... 40
- FIGURA 12 – MINIESTACAS DE *Tectona grandis* Linn f. PROVENIENTES DO (A) MINIJARDIM TUBETE; (B) MINIJARDIM CANALETÃO. .... 43
- FIGURA 13 – SEÇÕES TRANSVERSAIS DA BASE DE MINIESTACAS CAULINARES DE *Tectona grandis* Linn f. EM DIFERENTES SISTEMAS DE MINIJARDIM.(A): SISTEMA CANALETÃO 0 DIAS; (B): SISTEMA CANALETÃO 40 DIAS; (C): SISTEMA TUBETE 0 DIAS E (D): SISTEMA TUBETE 40 DIAS. CÓRTEX PARENQUIMÁTICO (CO), MEDULA PARENQUIMÁTICA (MP), CAMBIO FASCICULAR (CA), RAIOS PARENQUIMÁTICOS (RP), ELEMENTOS DE VASO (EV), RAIZES (RA), ZONAS MERISTEMÁTICAS (ZM), FIBRAS (FI). .... 44
- FIGURA 14 - REPRESENTATIVIDADE DA QUALIDADE DA MUDA NOS QUESITOS ALTURA (HT); MASSA SECA RADICIAL (MSR), AEREA (MSPA) E TOTAL(MST), DIAMETRO DA MINIESTACA (DM), DIAMETRO SAIDA CASA DE VEGETAÇÃO (DCV), DIAMETRO SAIDA PLENO SOL (DPS) E RELAÇÃO ALTURA E DIAMETRO NA SAIDA A PLENO SOL(HT/DPS), NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARIM E COLETAS SUCESSIVAS. .... 49
- FIGURA 15 MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS DE VIGOR RADICIAL (CTR, CMR, NR) SOBREVIVENCIA (SCV, SCS, SPS), CRESCIMENTO EM DIAMETRO (DM, DCV, DPS) E QUALIDADE DA MUDA (HT, MSR, MSPA, MST, IQD, HT/DPS) AO LONGO DAS SUCESSIVAS COLETAS EM MINIJARDIM (A) CANALETÃO E (B) TUBETE. \*\* VALOR SIGNIFICATIVO PELO TESTE F (P<0,01), \* (P<0,05), <sup>NS</sup> NÃO SIGNIFICATIVO. .... 51
- FIGURA 16 - ACP A PARTIR DO PLANO DE DISPERSÃO DAS COLETAS NO SISTEMA CANALETÃO (C1; C2; C3; C4; C5; C6; C7 E C8) E TUBETE (T1, T2, T3 E T4) SOBRE A ALTURA (HT); MASSA SECA RADICIAL (MSR), AEREA (MSPA) E TOTAL (MST), DIAMETRO DA MINIESTACA (DM), DIAMETRO SAIDA CASA DE VEGETAÇÃO (DCV), DIAMETRO SAIDA PLENO SOL (DPS) E RELAÇÃO ALTURA E DIAMETRO NA SAIDA A PLENO SOL(HT/DPS), NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARIM E COLETAS SUCESSIVAS. .... 52

FIGURA 17 - PLANO DE POLIGONO E DISPERSÃO DE PONTOS DOS GRUPOS DE DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM FORMADOS A PARTIR DAS VARIÁVEIS DE SOBREVIVENCIA (SCV, SCS, SPS), VIGOR RADICIAL (NR, CTR, CMR), QUALIDADE DA MUDA (HT, HT/DPS, MSR, MSPA, MST) E DIAMETROS (DCV, DPS) EM <i>Tectona grandis</i> Linn f . GRUPO C: MINIJARDIM CANALETÃO, GRUPO T: MINIJARDIM TUBETE. ....	53
FIGURA 18 – SEÇÕES TRANSVERSAIS DA BASE DE MINIESTACAS CAULINARES DE <i>Tectona grandis</i> EM MINIJARDIM CANALETÃO NOS TEMPOS 0; 10; 20; 30 E 40 DIAS (A, C, D, G, H, J) E EM MINIJARDIM TUBETE (B, E, F, I, K) RESPECTIVAMENTE. CÓRTEX PARENQUIMÁTICO (CO), MEDULA PARENQUIMÁTICA (MP), FLOEMA PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO (F1, F2), XILEMA PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO (X1, X2), FIBRAS (FI), ELEMENTO DE VASO (EV), ZONA MERISTEMÁTICA (ZN) E PERIDERME (PE). BARRA 200 μM .....	59
FIGURA 19 – FORMAÇÃO DE CALO AOS 20 DIAS APÓS O ESTAQUEAMENTO EM MINIJARDIM (A) CANALETÃO E (B) TUBETE. ....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACP - Análise De Componentes Principais  
AIB - Ácido Indolbutírico  
BrotosR - Brotos Remanescentes  
Ca - Cambio fascicular  
CV - Casa De Vegetação  
CD – Crescimento em Diâmetro  
CMR - Comprimento da maior raiz  
CS - Casa De Sombra  
Co - Córtex parenquimático  
CTR - Comprimento Total De Raízes  
DCV - Diâmetro Saída Da Casa De Vegetação  
Dim. - Componente Principal  
DM - Diâmetro Na Entrada Da Casa De Vegetação  
DPS - Diâmetro Saída A Pleno Sol  
ENR 40 – Enraizamento aos 40 dias  
Ev - Elementos de vaso  
Ep - Epiderme  
Fi - Fibras  
Ht - Altura Das Mudas  
Ht/ DPS - Altura e Diâmetro na Saída a Pleno Sol  
IC - Intervalo de Coleta  
IQD - Índice De Qualidade De Dickson  
MSR - Massa Seca Radicial  
MSPA - Massa Seca Aérea  
MST - Massa Seca Total  
Mp: Medula parenquimática  
NR - Número De Raízes Primárias  
NB – Número de Brotos  
PMC - Produção de Miniestacas Por Minicepa  
PMM - Produção de miniestacas por metro quadrado ao mês  
PMA - Produção de miniestacas por metro quadrado ao ano  
PS - Pleno sol

Pe - Periderme

Ra - Raízes

Rp - Raios parenquimáticos

SCV - Sobrevivência Na Saída Da Casa De Vegetação

SCS - Sobrevivência Saída Da Casa De Sombra

SPS - Sobrevivência Saída a Pleno Sol

SC - Minijardim em Sistema Canaletão

SMIN - Sobrevivência de Minicepas

ST – Minijardim em Sistema Tubete

Tmáx. - Temperatura máxima

Tmín - Temperatura mínima

Tméd - Temperatura média

Zm - Zonas meristemáticas

## RESUMO

DI CARVALHO, Maria Angélica. **Produção de mudas clonais de *Tectona grandis* (Linn f.) em diferentes sistemas de minijardim.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Dagma Kratz.

A espécie *Tectona grandis* tem ocupado cada vez mais espaço dentre as espécies exóticas plantadas no Brasil e no exterior, visto sua alta qualidade madeireira. Para sua rápida propagação recomenda-se a utilização de genótipos superiores, advindos de programas de melhoramento genético, para tanto, faz-se necessário a constante aprimoração de técnicas de produção de mudas para a obtenção de mudas clonais com qualidade e maior sobrevivência em campo. Baseado nisto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar ao longo de sucessivas coletas e imagens anatômicas, o melhor sistema de minijardim, canaletão (SC) ou tubete (ST), para produção de muda clonal de *T. grandis*. As mudas clonais foram plantadas em dois sistemas de minijardim e no 10º dia foi realizada a poda apical para emissão de brotações. As miniestacas foram coletadas para cada sistema de minijardim com 7sete cm de comprimento, folhas reduzidas a 25 % da dimensão original, corte da base em bisel e posterior foram estaqueadas com adição de ácido indolbutírico em pó a 500 mg. L<sup>-1</sup>. Como variáveis, mensurou-se a produtividade de miniestacas, brotos remanescentes, sobrevivência de minicepas, análise nutricional foliar, número de raízes, comprimento total de raízes, comprimento da maior raiz, sobrevivência da muda, altura, diâmetro, massa seca (raiz, aérea e total), índice de qualidade de Dickson e relação altura/ diâmetro. Durante os oito meses de experimento foram realizadas oito coletas em sistema canaletão e quatro em sistema tubete, ambos os minijardins apresentaram sobrevivência acima de 94 %. As minicepas de *T. grandis* apresentam comportamento cíclico. O sistema de minijardim em canaletão (0,62 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup>) apresentou maior produtividade em relação ao sistema de tubete (0,56 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup>). Bem como melhor vigor radicial, análise nutricional, sobrevivência em casa de vegetação, casa de sombra e pleno sol, e qualidade da muda. Já o segundo experimento seguiu os passos descritos anteriormente para realizar o estaqueamento, sendo as mudas levadas a casa de vegetação e avaliadas a cada 10 dias no quesito comportamento rizogênico, porcentagem calogênica e de enraizamento durante 40 dias, e geradas imagens anatômicas de ambos os minijardins. As miniestacas oriundas do minijardim tubete apresentaram maior lignificação, menor porcentagem calogênica, presença de fibras, crescimento secundário mais acentuado e emissão de raízes primeiro, entretanto o comportamento de raízes após 30 dias de estaqueamento foi o mesmo para ambos os sistemas de minijardim, não existindo diferença estatística. Logo conclui-se que o melhor minijardim foi em sistema

canaletão, apresentando melhores resultados para produção e qualidade da muda.

**Palavras – chave:** Teca, miniestaquia, enraizamento adventício, produtividade de minicepa, qualidade da muda.

## ABSTRACT

DI CARVALHO, Maria Angélica. **Production of clonal seedlings of *Tectona grandis* (Linn f.) on different mini - garden systems.** 2018. Dissertation (Master in Forestry and Environmental Sciences) – Federal University of Mato Grosso, Cuiabá-MT. Advisor: Prof. Dr<sup>a</sup>. Dagma Kratz.

The *Tectona grandis* species has occupied more space among the exotic species planted in Brazil and abroad, due to its high quality of timber. For its rapid propagation it is recommended the use of superior genotypes, coming from genetic breeding programs, for that, it's necessary the constant improvement of seedling production techniques to obtain clonal seedlings with quality and greater survival in the field. Based on this, the general objective of this work was to evaluate, during successive collections and anatomical images, the best mini-garden system, canaletão (SC) or tubete (ST), for production of clonal changes of *T. grandis*. The clonal seedlings were planted in the two systems of mini-garden and 10 days the pruning was done apical for emission of shoots. The mini-cuttings were collected for each mini-garden system with 7sete cm of length, leaves reduced to 25% of the original size, cut of the bevel base and posterior were staked with addition of powdered indolbutyric acid to 500 mg. L<sup>-1</sup>. As variables, the productivity of mini-cuttings, remaining shoots, mini-stumps survival, nutritional analysis, root number, total root length, length of the largest root, survival of seedlings, height, diameter, dry mass (root, aerial and total), Dickson quality index and height / diameter ratio. During the eight months of the experiment, eight samples were collected in canaletão system and four in a tubete system, both mini-garden presented survival above 94 %. The mini-stumps of *T. grandis* show cyclic behavior. The mini-garden system in canaletão (0.62 mini-cutting/mini-stumps) presented higher productivity in relation to the tubete system (0.56 mini-cutting/mini-stumps). As well as better radicial force, nutritional analysis, survival in greenhouse, shade house and full sun, and quality of seedling. The second experiment followed the steps described previously to carry out the staking, and the seedlings were taken to greenhouse and evaluated every 10 days in the rhizogenic behavior, calogenic and rooting percentage for 40 days, and anatomical images of both mini - gardens. The mini-cutting from the mini-garden tubete were more lignified, higher calogenic percentage, the presence of fibers, higher secondary growth and root emission, however the root behavior was the same for both mini-garden systems, and there was no statistical difference starting the 30 days of stacking. Therefore, it was concluded that the best mini-garden was in canaletão system, presenting better results for the production and quality of changes.

**Key - words:** Teak, mini-cutting, adventitious rooting, mini-stumps productivity, quality changes.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos plantios de *T. grandis*, popularmente conhecida como teca, tem ocupado cada vez mais espaço dentre as espécies exóticas plantadas no Brasil e no exterior, atingindo em 2016 cerca de 87 mil ha em todo o território nacional (IBA, 2017), sendo atualmente plantada em mais de 60 países (KOLLERT e KLEINE, 2017). Sua madeira de alta qualidade chama a atenção do mercado interno e externo, podendo ser utilizada em móveis de luxo, construção naval, elementos estruturais, pisos laminados, painéis e construção civil. (KOLLERT e KLEINE, 2017).

Além de chamar a atenção por conta de sua alta qualidade madeireira, esta espécie possui preços elevados no mercado internacional, podendo variar de acordo com sua origem. Nos últimos 10 anos, os preços das toras oriunda de Myanmar (seu país de origem), África e América Latina mostram em média uma tendência a aumentar na ordem dos 3 % a 4,5 % ao ano (FAO, 2015), sendo que no Brasil o valor da tora pode chegar a 540 USD/m<sup>3</sup> e em Myanmar a 1.000 USD/m<sup>3</sup> (ITTO, 2019). Apesar disto, o fornecimento de toras de qualidade de *T. grandis* provenientes das florestas nativas de Myanmar vem diminuindo, devido ao impacto da proibição em sua exportação em vigor desde 1 de abril de 2014, elevando o interesse em plantações desta espécie e aumentando conseqüentemente a preocupação com boas práticas de manejo (FAO, 2015) e seleção de genótipos superiores.

A partir da seleção dos genótipos superiores, pode-se efetuar a propagação desta espécie via assexuada/ vegetativa, uma vez que sua propagação via seminífera apresenta germinação lenta e irregular por conta da dormência mecânica, e desenvolvimento inicial em campo heterogêneo devido da variabilidade genética (FERREIRA *et al.*, 2016). As plantas clonais de *T. grandis* (propagadas assexuadamente) apresentam maior crescimento e produção volumétrica em relação as seminais ao final da rotação, devido ao uso de material genético superior (MEDEIROS *et al.*,

2015). Além da rápida multiplicação dos indivíduos superiores, plantios homogêneos e qualidade da planta formada.

Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia apresenta excelentes perspectivas para a produção de mudas clonais, apresentando elevadas taxas de produtividade, enraizamento e adequado padrão de qualidade da muda. Badilla *et al.* (2016) destacam a miniestaquia de *T. grandis* como uma técnica promissora para a produção de mudas clonais. Entretanto alguns fatores interferem no êxito desta técnica, sendo o estabelecimento adequado do sistema de minijardim primordial para o sucesso da produção de mudas.

A produção de estacas pode ser realizada através de minijardins clonais, e jardins clonais em campo os quais ocupam maior área em viveiro, menor produção de estacas por cepa e material vegetal menos rejuvenescido. Já os sistemas de minijardim, oferecem maior produção de miniestacas por área no viveiro e material rejuvenescido.

Os minijardins podem ser conduzidos em diversos materiais dependendo da estratégia de produção, entretanto os mais utilizados são canaletões de fibrocimento e tubetes de polietileno. As diferenças entre esses dois minijardins estão no manejo adotado e na qualidade do sistema radicial da minicepa, sendo que nos canaletões, há menor restrição radicial e maior disponibilidade de recursos, e nos tubetes o controle nutricional e fitossanitário individualizado é favorecido. Os efeitos na produção e qualidade de muda advindas de minijardins manejados em tubetes e canaletões já são conhecidos para algumas espécies como, *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage (CUNHA *et al.*, 2005); *Grevillea robusta* A.Cunn (SOUZA JUNIOR, 2007), *Erythrina falcata* Benth (CUNHA *et al.*, 2008) e *Toona ciliata* M. Roem (SILVA *et al.*, 2016).

Para *T. grandis* ainda não se conhece o melhor sistema de minijardim para produção comercial, sendo necessário testar a capacidade produtiva das minicepas, sobrevivência, vigor radicial das miniestacas e a qualidade das mudas formadas em sucessivas coletas de brotações, tornando-se uma importante ferramenta para o aprimoramento do processo produtivo da espécie, a fim de apresentar desenvolvimentos satisfatórios em condições de campo. Diante do exposto, esta pesquisa foi dividida em dois

experimentos, sendo o primeiro referente a produção e qualidade da muda formada ao longo de sucessivas coletas em dois minijardins e o segundo experimento referente ao comportamento rizogênico nos dois minijardins.

Esta pesquisa tem por hipótese inicial, que minijardim manejado em canaletão apresenta maior produtividade de miniestacas e melhor formação de mudas quando comparado ao minijardim manejado em tubete.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral foi avaliar ao longo de sucessivas coletas e imagens anatômicas, diferentes sistemas de minijardim para produção e qualidade de mudas de *Tectona grandis* a partir da miniestaquia.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Avaliar a sobrevivência de minicepas e a produção de miniestacas ao longo de sucessivas coletas em dois sistemas de minijardim;
- II. Avaliar a sobrevivência, vigor radicial e qualidade da muda, em miniestacas oriundas de dois sistemas de minijardim no decorrer de sucessivas coletas;
- III. Analisar por meio de imagens anatômicas o processo rizogênico de ambos os minijardins,
- IV. Avaliar a dinâmica do enraizamento em tempos diferentes em casa de vegetação a partir da porcentagem calogênica, enraizamento e comportamento das raízes.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 *Tectona grandis* Linn. f.

*T. grandis*, popularmente conhecida como teca, tem ocorrência natural em florestas caducifólias da Índia, Myanmar, norte da Tailândia e Laos. Posteriormente, passou a ser cultivada em zonas tropicais, principalmente na África Ocidental, América Central e América do Sul, especialmente na Costa Rica e no Brasil (KOLLERT e KLEINE, 2017). No Brasil, plantios comerciais de *T. grandis* tem aumentado progressivamente nos últimos anos de acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBA), atingindo cerca de 87.502 mil hectares em 2016, um aumento de 25 % quando comparado ao ano de 2010 (IBA, 2017).

Trata-se de uma espécie pioneira, caducifólia, possui copa arredondada, folhas elípticas podendo medir de 30 a 60 cm de comprimento, sua base apresenta sapopemas e sob condições adequadas conta com um fuste cilíndrico, podendo chegar a mais de 25 m de altura. É uma espécie heliófila, não tolerante a sombra ou supressão de luminosidade em qualquer fase da sua vida (PANDEY e BROWN, 2000).

*T. grandis* é uma das espécies mais importantes a nível mundial de madeiras tropicais, tanto em florestas naturais, quanto em plantações. Ela cresce em diferentes regiões geográficas, sob diferentes condições ambientais, possui uma vasta variação genética, que pode ser observada na morfologia da folha, resistência à seca, forma do tronco e características do ramo, o incremento de crescimento, de preferência solo, a proporção de cerne, estrutura de madeira, o comprimento das fibras, a gravidade específica, a durabilidade, extrativos de madeira, coloração da madeira, e resistência a doenças e pragas (KOLLERT e KLEINE, 2017).

Seu cultivo se dá principalmente para a produção de madeira, uma vez que possui alto valor comercial pela qualidade e durabilidade, resistente a incêndios florestais, ataque de cupins e outros insetos xilófagos (PARK *et al.*, 2016).

### 3.2 MINIESTAQUIA

Os plantios seminais de *T. grandis*, possuem germinação lenta e irregular devido a dormência mecânica, e desenvolvimento inicial em campo heterogêneo por conta da variabilidade genética (FERREIRA *et al.*, 2016) refletindo negativamente na produtividade de mudas e tratos silviculturais. Essas limitações podem ser minimizadas a partir de técnicas de propagação vegetativa, que consistem em multiplicar genótipos selecionados, mudas com características economicamente desejadas, além de poder ser aplicada a qualquer indivíduo que não produz sementes férteis, seja porque ainda não entrou no estágio maduro ou como resultado de condições ambientais desfavoráveis (PARK *et al.*, 2016).

A propagação vegetativa, assexuada ou clonagem, consiste em obter novos indivíduos geneticamente idênticos a planta matriz, a partir de diferentes órgãos vegetativos (galhos, brotações, folhas, gemas ou raízes) (HARTMANN *et al.*, 2011). Ela permite a produção clonal massal de genótipos superiores, maximizando a produtividade, qualidade e uniformidade em sistemas de produção florestal (SILVA *et al.*, 2012).

Na década de 70 o Brasil adotou comercialmente a estaquia como ferramenta para a propagação de mudas florestais principalmente para a espécie de *Eucalyptus*, visando a melhoria de seus plantios tanto em termos qualitativos quanto quantitativos (BRONDANI *et al.*, 2012), entretanto a partir da década de 90, com o avanço das pesquisas surgiu a miniestaquia, a qual pode ser considerada uma variação da estaquia convencional (macroestaquia) (ALFENAS *et al.*, 2009; ALMEIDA *et al.*, 2007).

As miniestacas normalmente possuem de 4 a 8 cm de comprimento, contendo de 1 a 3 pares de folhas, com a redução de aproximadamente um terço da área foliar, variando em função de clone ou espécie. Seu processo de produção pode ser dividido em produção e coleta de brotos no minijardim clonal ou seminal, seguido do enraizamento adventício em casa de vegetação com umidade em torno de 80 %, temperatura média de 35°C e pH do substrato ao redor de 6,0, seguida da

aclimação em casa de sombra e por fim o crescimento e rustificação à pleno sol (ALFENAS *et al.*, 2009).

De maneira geral, a miniestaquia apresenta elevada porcentagem de enraizamento e alto padrão de qualidade da muda clonal, podendo ter ganhos de até 40 % quando comparados com as estacas convencionais. Elas desenvolvem uma melhor estrutura no sistema radicial, o que aumenta a sobrevivência, arranque inicial e desenvolvimento do clone no campo (ALFENAS *et al.*, 2009; XAVIER *et al.*, 2013).

Para potencializar a rizogênese em propágulos de espécies de difícil enraizamento, pode-se realizar aplicações exógenas de fitorreguladores de crescimento, sendo que o ácido indolbutírico (AIB) apresenta melhores resultados na promoção de raízes adventícias, em razão de sua menor mobilidade, e maior estabilidade química no interior da miniestaca (HARTMANN *et al.*, 2011; XAVIER *et al.*, 2013).

Em relação a técnica de estaquia convencional, a miniestaquia apresenta como vantagens: diminuição da área produtiva no viveiro, devido a maior produtividade de miniestacas por unidade de área e tempo, associada ao maior controle ambiental, fitopatológico, hídrico e nutricional. Ainda, menores concentrações do fitorregulador para o enraizamento da miniestaca e, em alguns casos até sua ausência, redução do tempo de enraizamento e aclimação das mudas, custo de produção competitivo em relação às demais técnicas de propagação assexuada (HIGASHI *et al.*, 2002; WENDLING *et al.*, 2005; ALFENAS *et al.*, 2009; XAVIER *et al.*, 2013).

Alguns autores relatam o sucesso da propagação assexuada para *T. grandis*, em função da concentração de AIB (FERNANDES *et al.*, 2015; MEZA *et al.*, 2015; BADILLA *et al.*, 2016;), idade da planta matriz (HUSEN, 2011; HUSEN e PAL, 2006), tempo de armazenamento do propágulo (BADILLA *et al.*, 2017), posição do ramo (apical, intermediário e basal) (HUSEN e PAL, 2007a) e ao longo do ano (GATTI, 2002).

### 3.3 MINIJARDIM

O termo “minijardim clonal”, é utilizado nos viveiros para destinar a área onde os propágulos vegetativos serão coletados para

posteriormente serem estaqueados. Eles ocupam áreas menores em relação aos jardins clonais de campo, otimizando o espaço do viveiro, além de produzir mais miniestacas por unidade de área (ALFENAS *et al.*, 2009). A constituição do minijardim dependerá dos materiais disponíveis e estratégia do produtor, podendo ser utilizado tubetes de polietileno, vasos, caixas de fibra de vidro, canaletões de fibrocimento, dentre outros materiais (HIGASHI *et al.*, 2004; ALFENAS *et al.*, 2009).

A diferença entre os sistemas de minijardim não é apenas estrutural, mas também no manejo adotado. Nos canaletões a restrição radicial, lixiviação de nutrientes e perda de água é menor em relação aos minijardins em tubetes, além de manter melhor a umidade (SILVA *et al.*, 2012). Nos minijardins manejados em tubetes pode-se realizar tratamentos fitossanitários e nutricionais de maneira localizada, sem prejuízo no sistema radicial das plantas adjacentes (SILVA *et al.*, 2012). Em contrapartida, necessita de maior frequência de irrigação e reposição de nutrientes, principalmente à base de nitrogênio e potássio (SOUZA *et al.*, 2014).

Ao referir-se a coleta de brotações, deve-se realizar de maneira seletiva e contínua, garantindo a minicepa bom estado vegetativo e um sistema radicial ativo (TITON *et al.*, 2003; ALFENAS *et al.*, 2009). De maneira geral, recomenda-se que o intervalo de coleta seja entre 15 a 30 dias, à depender do tipo de minijardim, condições ambientais (temperatura, intensidade luminosa e nutrição mineral), espécie e material genético (HIGASHI *et al.*, 2002).

Em estudo realizado por Silva *et al.* (2012) com minicepas seminais de *Toona ciliata* obtiveram maior número de coletas em minijardim em sistema de canaletão quando comparado ao sistema de tubetes, sendo 6 e 4 coletas, respectivamente.

A sobrevivência elevada (acima de 90%) de minicepas é comum nos minijardins clonais, para a maioria das espécies, quando se realiza um manejo adequado no minijardim, repercutindo na manutenção e vigor da planta fornecedora de propágulos vegetativos (SOUZA JUNIOR *et al.*, 2008). Gatti (2002) e Valverde (2014) obtiveram 97 % de sobrevivência de minicepas de *T. grandis* após 6 e 3 meses de coletas, respectivamente,

indicando bom manejo adotado no minijardim e boa resposta dessa espécie ao processo de coleta de brotações nas minicepas.

Minicepas em canaletão podem se manter produtivas por um período maior, quando comparado com o tubete, devido a restrição radicial ocasionado pelo pequeno volume de substrato (HIGASHI *et al.*, 2004)

Pires *et al.* (2017), obtiveram 100 % de sobrevivência em minicepas manejadas em canaletão nos três clones estudados do híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii* ao longo de 41 coletas sucessivas, entretanto notou-se a ocorrência de um esgotamento fisiológico temporários das minicepas a partir da 23ª semana, refletindo na queda da produtividade de brotos ao longo das coletas. Os autores afirmam que este fato pode ser devido a competição do sistema radicial por fatores ambientais e nutricionais, bem como a diminuição da quantidade de reservas armazenadas nas plantas doadoras de propágulos, bem como em sua nutrição. Brondani *et al.* (2012) também relatam comportamento semelhante para o mesmo híbrido estudado, encontrando exaustão temporária nas minicepas em função da estação do ano.

Já Silva *et al.* (2012) obtiveram 100 % de sobrevivência das minicepas nos dois sistemas de minijardim (canaletão e tubete) de *Toona ciliata*, não apresentando em ambos os sistemas queda de produtividade ao longo de seis meses de coletas sucessivas. Souza Junior (2007) observou 99,2 e 100 % de sobrevivência das minicepas de *Grevillea robusta* após 15 coletas nos sistemas de tubete e canaletão, respectivamente, não apresentando também exaustão das minicepas em ambos os sistemas de minijardim. Para *Erythrina falcata*, Cunha *et al.* (2008) observaram, após oito coletas sucessivas de miniestacas, que a sobrevivência das minicepas em sistema de hidroponia foi de 98,7 % e para tubetes foi de 100 % não indicando exaustão das minicepas com o decorrer das coletas.

Minijardim manejados em canaletões apresentam maior produtividade de miniestacas em um menor intervalo de coleta quando comparado ao minijardim manejado em tubetes (HIGASHI *et al.*, 2004). Como observado por Souza Junior (2007) com minicepas seminais de *Grevillea robusta* obteve-se maior produtividade em minijardim manejado

em canaletão com média de 3 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup>, quando comparadas ao sistema em tubetes 1,7 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup>. Silva *et al.* (2012) também observaram maior produtividade em minijardim no canaletão (3,5 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup>) quando comparadas em tubetes (1,24 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup>) após sucessivas coletas na espécie *Toona ciliata*. Souza *et al.* (2014) encontraram para minijardim em tubete e canaletão 1 e 2,6 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup> respectivamente para *Toona ciliata*, estes autores explicam que essa maior produtividade em canaletão é em função das raízes que exploram maior volume de substrato adquirindo maior quantidade de nutrientes.

Valverde (2014) estudando a propagação vegetativa da *T. grandis* pela técnica de miniestaquia, concluiu que é possível a propagação dessa espécie através da coleta sucessiva de brotações, em diferentes espaçamentos entre minicepas clonais, apresentando uma média de 0,57 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup> em nove coletas sucessivas em minijardim de canaletão. Já Gatti (2002) encontrou para um minijardim seminal alocado em área a pleno sol, uma média de 1,7 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup> em doze coletas sucessivas em minijardim tubete (280 cm<sup>3</sup>). Esta diferença de produtividade em ambos os autores, pode ser em função da juvenildade do propágulo utilizado, material genético e condições climáticas.

### 3.5 QUALIDADE DA MUDA

Segundo Carneiro (1995) os critérios para avaliar a qualidade da muda são em função da redução do replantio em campo, produzindo mudas mais vigorosas para suportar aos intemperes do campo, diminuindo assim a mortalidade pós plantio, e diminuição dos tratamentos culturais aplicados ao povoamento. Mudas com bom vigor fisiológico, possuem maior capacidade de desenvolvimento no campo, sendo mais ágeis no crescimento, reduzindo possíveis prejuízos causados por pragas florestais (TRAZZI *et al.*, 2013; LELES *et al.*, 2006).

São utilizadas variações morfológicas (aspectos fenotípicos) para determinar o padrão de qualidade das mudas, contudo, faltam definições mais criteriosas para responder às exigências quanto à

sobrevivência e ao crescimento no campo após o plantio (GOMES e PAIVA, 2013; GOMES *et al.*, 2002). Vale ressaltar que a qualidade da muda está diretamente ligada ao vigor radicial e material genético utilizado desde o início da produção, ou seja, minijardim e casa de vegetação.

Os parâmetros morfológicos mais utilizados são a altura da parte aérea, o diâmetro do colo, o peso de matéria seca total, o peso de matéria seca da parte aérea, o peso de matéria seca das raízes, a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto, a relação entre a altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes e o índice de qualidade de Dickson (GOMES *et al.*, 2002).

A relação altura/massa da parte aérea é o índice que apresenta maior contribuição relativa na qualidade de mudas (43,98 %), seguida da altura da parte aérea (32,34 %), conforme observado no crescimento inicial em campo em mudas de *Eucalyptus grandis* (GOMES *et al.*, 2002). Outra variável de interesse é o diâmetro de colo, podendo ser avaliado sozinho ou combinado com a altura, sendo que quanto maior o diâmetro, melhor será o equilíbrio do crescimento com a parte aérea (GOMES e PAIVA, 2013).

Estudos indicam que a produção da matéria seca é o melhor índice de crescimento e rusticidade, podendo ser utilizada para avaliar as exigências de cada espécie (GAZEL FILHO *et al.*, 2007), entretanto é pouco praticada pois requer a destruição das plantas, além de equipamentos específicos para quantificar a massa seca (GOMES e PAIVA, 2013). Para Gomes *et al.* (2002) as mudas com maior quantidade de massa seca resistem melhor as condições adversas do campo, promovendo maior sobrevivência, evitando gastos com replantios. Quanto maior a massa seca radicial, melhor será a sobrevivência da muda em campo, pois melhora a captação de nutrientes e água do solo para suprir as necessidades da planta. Já o Índice de Qualidade de Dickson, é um bom indicador de qualidade das mudas, pois leva em conta o equilíbrio da distribuição da massa seca das mudas, altura da parte aérea e diâmetro do colo, sendo que quanto maior o seu valor, melhor será o padrão de qualidade da muda (GOMES e PAIVA, 2013). Portanto para *T. grandis*

ainda não se tem parâmetros bem definidos para avaliar a qualidade da muda formada, sendo aplicado parâmetros de outras espécies para avaliá-las.

Silva *et al.* (2012) observaram um sistema radicial mais vigoroso em miniestacas mais lignificadas provenientes do minijardim tubete, segundo os autores elas contiveram maior acúmulo de reservas. Já as miniestacas do sistema canaletão obtiveram maior peso de matéria seca das raízes, por apresentarem maior quantidade de raízes secundárias. Cunha *et al.* (2008) afirma que para *Erythrina falcata* não houve diferença significativa para sobrevivência em todas as fases de produção da muda nos dois sistemas de minijardim (hidropônico e tubete), entretanto para as variáveis altura e diâmetro na última coleta, mudas provenientes do canaletão apresentaram maiores resultados.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no viveiro da empresa Floresteca S.A, localizado no município de Rosário Oeste, estado de Mato Grosso, localizado a 80 km da capital Cuiabá, no período de julho de 2017 a maio de 2018. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw (Clima tropical com estação seca de inverno). A precipitação média anual é de 1400 mm, com temperatura média anual de 26,5 °C no verão e de 22,5 °C no inverno (ALVARES *et al.*, 2013).

### 4.2 OBTENÇÃO DO CLONE E CONSTITUIÇÃO DO MINIJARDIM CLONAL

Para a constituição dos minijardins, foram utilizadas mudas advindas de um genótipo selecionado, pela empresa citada, em plantios comerciais localizados no Brasil com origem da Malásia, na década de 30. As mudas de *T. grandis* que deram origem às minicepas, foram produzidas a partir da técnica de miniestaquia, tendo como recipiente de cultivo tubetes plásticos de forma cônica de 55 cm<sup>3</sup>, contendo como substrato comercial casca de pinus compostada, fibra de coco, casca de arroz carbonizada, vermiculita expandida e carvão vegetal. A adubação de base do substrato foi composta por nitrogênio 19 %, fósforo 16 % e potássio 10 % de liberação lenta por três meses, na dose de 8 gramas de adubo por quilo de substrato

Mudas com 120 dias de idade já rustificadas e com aproximadamente 10 cm de altura, foram transferidas para seus respectivos sistemas de minijardim, sendo eles em: canaletão semi-hidropônico e em tubetes de 55 cm<sup>3</sup> (FIGURA 1).



FIGURA 1 – MINIJARDIM CLONAL DE *Tectona grandis* Linn f. (A) CONDUZIDO EM TUBETES 55 CM<sup>3</sup>. (B) CONDUZIDO EM CANALETÃO.

Ambos os sistemas de minijardins foram mantidos em casa de vegetação distintas. O espaçamento entre as mudas foi de 10 por 10 cm, contendo cinco (5) repetições de trinta (30) minicepas, totalizando 150 plantas em cada minijardim.

#### 4.2.1 Minijardim em sistema canaletão

Para montagem do minijardim em canaletão foi utilizado uma canaleta de fibrocimento, forrada com filme agrícola de 150  $\mu$ m em toda sua extensão, sobre o qual foram adicionados cinco centímetros de brita média (FIGURA 2A), cobertas por areia lavada de granulometria média (FIGURA 2B).



FIGURA 2 – MONTAGEM DO MINIJARDIM EM SISTEMA CANALETÃO (A) FORRADO COM FILME AGRÍCOLA E BRITA, (B) COBERTO COM AREIA LAVADA.

#### 4.2.2 Minijardim em sistema tubete

Para a montagem do minijardim em tubetes, foram utilizadas sete bandejas com capacidade para 176 tubetes de polietileno de 55 cm<sup>3</sup>, as quais foram dispostas em bancadas suspensas.

Decorridos 10 dias para adaptação das mudas em seus respectivos minijardins (canaletão e tubete), procedeu-se a poda da brotação apical, para superar a dormência apical e formação da minicepa. A poda foi efetuada a 7 centímetros acima do colo, deixando em média duas gemas laterais, a fim de reduzir o estresse e facilitar o desenvolvimento da brotação.

#### 4.3 MANEJO E NUTRIÇÃO DAS MINICEPAS

Os minijardins foram mantidos em casas de vegetação distintas, cobertas com polietileno transparente de baixa densidade (150 µm) possuindo tratamento contra raios ultravioletas. O sistema de irrigação foi via nebulização (vazão 24 litros/hora) sendo controlado por timer, acionado no minijardim canaletão a cada quatro horas por cinco minutos e em

sistema tubete a cada uma hora por 30 segundos. A intensidade luminosa de ambos os minijardins foi aferida ao meio dia com auxílio do luxímetro digital em três pontos; a média no minijardim em sistema canaletão foi de  $6,76 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e no minijardim em sistema tubete  $28,94 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

As minicepas foram submetidas a sucessivas coletas de brotações produzidas durante todo o período experimental em intervalos de tempo variáveis de acordo com o sistema de minijardim.

Foi realizada a limpeza semanal dos minijardins, com eliminação de folhas secas e musgo presente na superfície do substrato do minijardim. Durante todo o período experimental foram registrados os valores diários máximos e mínimos da temperatura do ar e dentro das casas de vegetação, utilizando um termostato (APÊNDICE A e B).

A solução nutritiva (TABELA 1) foi aplicada duas vezes por semana na quantidade de 100 mL por minicepa/aplicação em ambos os minijardins. No canaletão as minicepas receberam a solução nutritiva via gotejamento, enquanto as alocadas nos tubetes foram aplicadas individualmente por meio de uma seringa. O pH foi ajustado para seis com ácido clorídrico (HCl) ou hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1M.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA FERTIRRIGAÇÃO DOS MINIJARDINS CLONAL CANALETÃO E TUBETE DE *Tectona grandis*.

Fertilizante	FQ / PM*	Concentração (mg. L <sup>-1</sup> )
Sulfato de Magnésio	MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O / 246,48	56
Nitrato de Cálcio	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> / 164,08	84
Nitrato de Amônio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> / 80,04	70
Monoamônio fosfato	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> / 115,03	130
Cloreto de Potássio	KCL / 74,55	290
Ácido Bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> / 61,83	1
Sulfato de Cobre	CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O / 249,68	11
Sulfato de Zinco	ZnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O / 287,54	4
Sulfato de Manganês	MnSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O / 169,01	1
Molibdato de Sódio	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O / 241,95	1
Quelato de Ferro	Fe (EDDHA) / 55,84	13

\*FQ = fórmula química; PM = peso molecular

#### 4.4 COLETA DAS BROTAÇÕES E PREPARO DAS MINIESTACAS

As brotações de *T. grandis* foram coletadas no período matinal, a fim de reduzir a evapotranspiração das miniestacas, para tanto, foi utilizada tesoura de poda, previamente esterilizadas em álcool (70 % v/v). Durante todo o processo, as brotações foram armazenadas em caixas de isopor contendo água, a fim de preservar a turgescência celular dos tecidos vegetais até o momento de seu plantio.

As coletas foram feitas de maneira seletiva, não existindo intervalo fixo em ambos os sistemas de minijardim, sendo mantidas brotações menores que sete centímetros para as coletas subsequentes (FIGURA 3A e 3B).

As miniestacas apicais foram preparadas sem a remoção da gema apical, com comprimento de sete cm ( $\pm 1$  cm), corte da base em bisel e um par de folhas reduzidas à 25 % de sua dimensão original, evitando assim o excesso de transpiração e a dificuldade d'água atingir o substrato (FIGURA 3C e 3D).

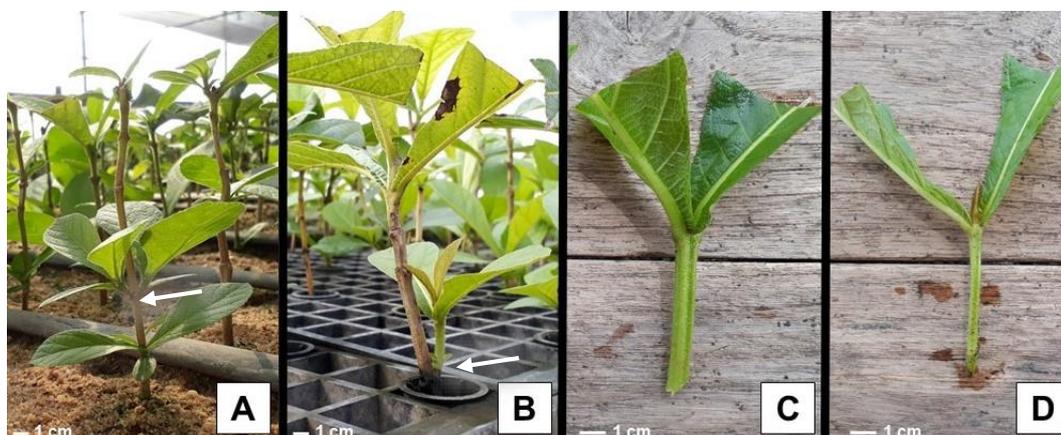


FIGURA 3 – (A) FORMAÇÃO DE BROTOS NO MINIJARDIM CANALETÃO. (B) FORMAÇÃO DE BROTOS NO MINIJARDIM TUBETE. (C) MINIESTACA ADVINDA DO MINIJARDIM CANALETÃO. (D) MINIESTACA ADVINDA DO MINIJARDIM TUBETE.

#### 4.5 MANEJO DAS MINIESTACAS

As miniestacas preparadas foram submetidas ao fitorregulador ácido indolbutírico (AIB) via talco na concentração de 500 mg L<sup>-1</sup> na base e

introduzidas no substrato comercial composto por casca de pinus compostada, fibra de coco, casca de arroz carbonizada, vermiculita expandida e carvão vegetal com as seguintes características: potencial hidrogeniônico 4,5; umidade 60 %; CRA 250 % m/m e condutividade elétrica de 1 mS/cm<sup>4</sup>, contido em tubetes plásticos cônicos de 55 cm<sup>3</sup>.

Previamente, os tubetes foram expostos a uma solução a 0,25 % (v/v) de hipoclorito de sódio (NaClO) por 48 horas, a fim de desinfestar o recipiente de possíveis fontes de patógenos, em seguida lavados em água corrente para remover os resíduos. Após a desinfestação, os tubetes foram preenchidos com o substrato comercial e acrescido oito gramas de fertilizante liberação lenta por três meses (nitrogênio 19 %, fósforo 16 % e potássio 10 %), por quilo de substrato.

As miniestacas permaneceram em média 35 dias em casa de vegetação (CV) automatizada até seu enraizamento. A umidade relativa (UR > 80 %) e temperatura do ar entre 35 °C a 40 °C, foram mantidas automaticamente por meio de umidostato e termostato, respectivamente. Durante o período do experimento, a frequência de irrigação sofreu oscilações dependendo das condições meteorológicas do mês, porém, de maneira geral foi estipulado na primeira semana 20 segundos a cada 7 minutos e na segunda, terceira e quarta semana 25 segundos a cada 10; 15 e 20 minutos respectivamente, sendo a vazão de cada microaspersores de 24 litros/hora.

Após o enraizamento, as miniestacas foram transferidas para casa de sombra (CS) com sombrite de 50 % e irrigação a cada 4 horas por 15 minutos, para aclimatação, tendo sua permanência média de 22 dias.

No último estágio de produção para avaliar a qualidade da muda formada, as plantas foram levadas a pleno sol (PS) para o crescimento e rustificação, sua permanência média foi de 25 dias. A frequência de irrigação foi a cada 6 horas por 10 minutos (810 litros/hora), e fertirrigação aplicada duas vezes na semana (TABELA 2).

TABELA 2- COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA FERTIRRIGAÇÃO DAS MUDAS DE *Tectona grandis* A PLENO SOL ADVINDAS DE DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM.

Fertilizante	FQ / PM*	Concentração (mg. L <sup>-1</sup> )
Sulfato de Magnésio	MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O / 246,48	600
Nitrato de Cálcio	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> / 164,08	600
Nitrato de Amônio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> / 80,04	600
Monoamônio fosfato	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> / 115,03	800
Nitrato de Potássio	KNO <sub>3</sub> / 101,10	400

\*FQ = fórmula química; PM = peso molecular

#### 4.6 EXPERIMENTO 1: PRODUÇÃO DE MUDAS EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM

##### 4.6.1 Sobrevivência e produtividade de minicepas em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim

Nos minijardins foram avaliadas a sobrevivência das minicepas (SMIN), a produção de miniestacas (PMC), intervalo de coleta (IC), e número de brotos remanescentes (BrotosR), ou seja, brotos menores que 7 cm que ficaram para próxima coleta.

A produção de miniestacas foi avaliada por minicepa (PMC), sendo posteriormente transformada para produção de miniestacas por metro quadrado ao mês (PMM) e produção de miniestacas por metro quadrado ao ano (PMA), a baixo segue a estruturação da fórmula:

$$PMM = \left( \frac{PMC}{0,01} \right) * \left( \frac{30}{\text{Intervalo entre coletas}} \right)$$

$$PMA = \left( \frac{PMC}{0,01} \right) * \left( \frac{365}{\text{Intervalo entre coletas}} \right)$$

A sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas, foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo os tratamentos definidos em oito coletas no canaletão

e quatro no tubete ao longo de oito meses. Para tanto, foi utilizado cinco repetições, contendo 30 minicepas

#### 4.6.2 Sobrevivência e vigor radicial da muda em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim

A sobrevivência das mudas foi avaliada na saída da casa de vegetação (SCV), saída da casa de sombra (SCS) e saída a pleno sol (SPS). Foram consideradas vivas apenas as mudas que mantiveram a coloração verde.

As folhas de ambos os sistemas de minijardim foram coletadas na entrada e na saída da CV e encaminhadas ao laboratório para realizar a análise nutricional de macro e micronutrientes. Esta análise nutricional foliar foi referente a um estaqueamento realizado após o encerramento das sucessivas coletas.

O vigor radicial foi avaliado por meio da contabilização do número de raízes primárias (NR), comprimento da maior raiz (CMR) e comprimento total de raízes (CTR). Para as avaliações destrutivas, foram retiradas aleatoriamente cinco mudas por repetição, e para auxiliar na medição das raízes foi utilizada uma régua graduada em centímetros.

A sobrevivência e vigor radicial da muda em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim, foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo os tratamentos definidos em oito coletas no canaletão e quatro no tubete ao longo de oito meses. Para tanto, foi utilizado cinco repetições, contendo número de miniestacas variável de acordo com cada coleta.

#### 4.6.3 Qualidade das mudas em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim

Ao longo do experimento foi aferido o diâmetro na entrada e saída da casa de vegetação (DM e DCV) e saída a pleno sol (DPS) de todas as miniestacas. A fim de verificar o crescimento em diâmetro (CD),

foi realizada a subtração de DPS e DM. Para auxiliar na medição foi utilizado um paquímetro digital com precisão de 0,01 milímetros.

Para avaliação da qualidade da muda formada, foi avaliada na saída à pleno sol a altura de todas as mudas (Ht) e selecionada aleatoriamente cinco mudas por repetição para aferição da massa seca radicial (MSR), massa seca aérea (MSPA), massa seca total (MST). Em seguida foi calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD) e relação entre altura e diâmetro na saída a pleno sol (Ht/ DPS).

Para realizar a análise de massa seca, as mudas foram previamente lavadas para a retirada do substrato, colocadas em sacos de papel devidamente identificados e transferidas para estufas de circulação de ar forçado por 48 horas a 105 °C. Após esses procedimentos as mudas foram pesadas em balança analítica (precisão 0,0001g). Os valores da MST foram resultantes da soma de MSPA e MSR.

A qualidade da muda em função das sucessivas coletas, foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo os tratamentos definidos em 8 coletas no canaletão e 4 no tubete ao longo de oito meses. Para tanto, foi utilizado cinco repetições, contendo número de miniestacas variável de acordo com cada coleta.

#### 4.7 EXPERIMENTO 2: TEMPO DE ENRAIZAMENTO E ANATOMIA DE MINIESTACAS PRODUZIDAS EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM

##### 4.7.1 Tempo de enraizamento

Este estudo foi realizado no período de abril a maio de 2018 após o encerramento das sucessivas coletas. O preparo e estaqueamento das miniestacas foi feito conforme descrito no item 4.4 e 4.5, sendo as miniestacas de ambos os sistemas de minijardim, levadas somente a casa de vegetação por 40 dias, a fim de avaliar a dinâmica do enraizamento. Durante todo o período experimental foram registrados os valores diários máximos e mínimos da temperatura do ar (T °C) e umidade relativa (UR)

dentro da casa de vegetação, utilizando um termostato e umidostato, respectivamente (APÊNDICE C).

Em seguida, foram feitas quatro avaliações a cada 10 dias (10; 20; 30 e 40 dias) para avaliar o NR, CTR, CMR, porcentagem calogênica e porcentagem de enraizamento aos 40 dias após o estaqueamento.

Para as avaliações destrutivas das variáveis de raiz (NR, CTR e CMR), foram retiradas aleatoriamente quatro mudas por repetição. Para auxiliar na medição das raízes foi utilizada uma régua graduada em centímetros. Já para avaliar a porcentagem calogênica, as mudas selecionadas para avaliação radicial foram contabilizadas quanto a presença ou ausência de calo na base da miniestaca, enquanto a porcentagem de enraizamento aos 40 dias foi determinada a partir da presença de raízes nas miniestacas.

Este experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2 x 4) com parcelas subdividas no tempo, sendo os fatores constituídos por dois sistemas de minijardim (canaletão e tubete) e quatro tempos de avaliação (10; 20; 30 e 40 dias). Para tanto, utilizou-se quatro repetições, contendo 25 miniestacas.

#### 4.7.2. Análise anatômica

As análises anatômicas foram realizadas no Laboratório de Anatomia e Biomecânica Vegetal (LABV) do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná - UFPR, em Curitiba/PR.

Em cada período de avaliação do enraizamento (10; 20; 30 e 40 dias), foram retiradas 16 amostras da região basal da muda para a realização da análise anatômica.

As amostras tiveram aproximadamente dois centímetros de comprimento sendo fixadas em FAA 50 % (formaldeído 37 %, ácido acético glacial e etanol 50 %) por 24 horas. Em seguida foram desidratadas por meio de série alcoólica-etílica em concentrações crescentes (50 e 60 % v/v) e posteriormente armazenadas em álcool etílico 70 % v/v até o início dos procedimentos de confecção das lâminas permanentes.

Para a confecção das lâminas, os materiais foram emblocados em historesina (marca Leica), seccionados em micrótomo rotatório (marca Olympus CUT 4055), sendo os cortes obtidos em 7  $\mu\text{m}$  de espessura e após 48h corados com azul de Toluidina. A montagem das lâminas deu-se através de aplicação de verniz vitral, sobre os cortes corados e deposição de uma lamínula. Após a completa secagem do verniz vitral (cerca de 48h), foi possível observar e fotografar as amostras com fotomicroscópio Zeiss com câmera digital Sony Cyber-shot P72 acoplada.

#### 4.8 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Para o experimento 1, foi realizado uma análise descritiva da porcentagem de minicepas em relação a produção de miniestacas no período de oito meses de coleta e dois sistemas de minijardim. A fim de verificar homogeneidade da variância entre os tratamentos, os dados foram submetidos ao teste de Bartlett ( $p < 0,05$ ) e normalidade sendo transformados quando necessário. Em seguida foi aplicado a análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) e a correlação de Pearson entre as características amostradas ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ). Os valores médios foram comparados entre si pelo teste Tukey a 5 % de significância.

Posteriormente foi realizada análise multivariada pelo método de análise de componentes principais (ACP) com todas as variáveis de produção, vigor radicial e qualidade de muda para verificar quais variáveis apresentavam maior influência na análise e em seguida as variáveis que não apresentaram influência, foram retiradas. Após, foram plotados os tratamentos (coletas) para verificar os grupos formados. E por fim feita análise de correlação canônica, para verificar a existência e a intensidade da associação entre os grupos de variáveis aleatórias (X e Y), sendo correlacionado os grupos de sobrevivência, vigor radicial e qualidade da muda.

Já para o experimento 2, os dados foram submetidos ao teste de Bartlett ( $p < 0,05$ ) para verificar a homogeneidade da variância, e ao teste de normalidade, sendo os dados transformados quando necessário. Em seguida foi realizada análise de variância (ANOVA,  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ )

utilizando a análise em parcelas subdivididas no tempo. De acordo com a significância da ANOVA, os fatores (minijardim e tempo) foram desdobrados e comparados pelo teste Tukey a 5 % de significância. Para a variável, enraizamento aos 40 dias, foi utilizado o teste F ( $P < 0,05$ ).

Para o processamento dos dados de ambos os experimentos, foi utilizado o software R versão 3.5.1 (R Development Core Team, 2019).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 EXPERIMENTO 1: PRODUÇÃO DE MUDAS EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM

#### 5.1.1 Sobrevivência e produtividade de minicepas em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim

Ao longo de oito meses de experimento, foram efetuadas oito coletas no minijardim canaletão e quatro coletas no minijardim tubete, variando o intervalo de coleta em cada minijardim (TABELA 3).

TABELA 3 - NÚMERO DE BROTO TOTAL DE CADA COLETA (NB) E INTERVALO DE DIAS ENTRE COLETAS (IC) EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM EM *Tectona grandis* Linn f.

Mês	Semana	Canaletão			Tubete		
		Coleta	NB	IC	Coleta	NB	IC
Setembro	1º	1	50	30	1	54	30
	4º	2	48	25	-	-	-
Outubro	4º	3	111	28	2	69	53
Novembro	2º	4	129	19	-	-	-
Dezembro	1º	5	108	20	3	88	39
	3º	6	58	17	-	-	-
Fevereiro	1º	7	129	48	4	124	65
Março	1º	8	114	22	-	-	-
Total		-	747	-	-	335	-

A partir da análise exploratória (TABELA 3), nota-se que o sistema canaletão (SC) ao final dos oito meses de coletas foi 223 % mais produtivo em relação ao sistema tubete (ST), apresentando um menor IC dando indícios que as minicepas em SC estabelecem suas brotações mais rapidamente que o ST. Entretanto a fim de poder comparar os dois sistemas de minijardim juntos, foi utilizada a estatística multivariada pelo método de análise de componentes principais (ACP), o qual permite um estudo completo de todas as variáveis de produção ao mesmo tempo.

Para originar o gráfico de ACP, foram gerados autovalores ( $\lambda_i > 1$ ) (APÊNDICE D), sendo possível determinar dois componentes

principais, para as oito coletas no canaletão e quatro no tubete, os quais explicam a maior parte da variação no conjunto de dados.

A variável sobrevivência de minicepa foi considerada de pouca relevância para o presente estudo, apresentando valor de qualidade abaixo de 0,7 nas duas primeiras dimensões (APÊNDICE E), desta forma foi feita sua retirada para melhor interpretação dos resultados. Sendo assim, o primeiro componente principal (Dim.1), representado pela produtividade dos minijardins (PMC; PMM; PMA e BrotosR) foi responsável por 67,5 % da variação dos dados e o segundo componente principal (Dim.2), representado pelo intervalo de coleta (IC) foi responsável por 27,9 % da variação dos dados. Somados os dois primeiros componentes principais foram responsáveis por 95,4 % da variação total da produção nos diferentes minijardins (FIGURA 4).

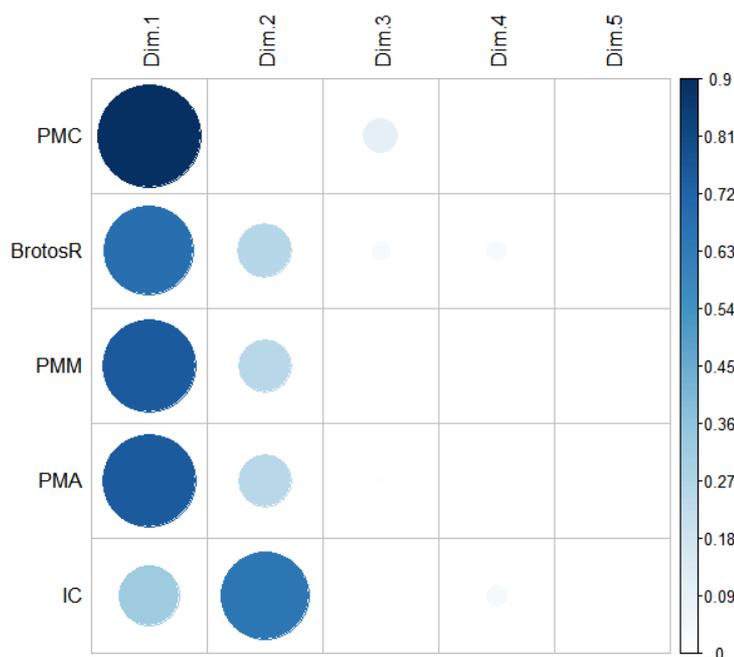


FIGURA 4 - REPRESENTATIVIDADE DA PRODUÇÃO DE MINIESTACA POR MINICEPA (PMC); BROTOS REMANESCENTES (BROTOSR); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO<sup>2</sup> AO MÊS (PMM); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO<sup>2</sup> AO ANO (PMA) E INTERVALO DE COLETA (IC), DENTRO DE CADA COMPONENTE PRINCIPAL (DIM), NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM AO LONGO DE OITO MESES DE COLETAS SUCESSIVAS.

Referente a correlação de Pearson observou-se correlação positiva entre as variáveis de produção (PMC, PMM e PMA) e o IC, em contrapartida para BrotosR houve correlação negativa com IC, e as variáveis de produção (FIGURA 5A e 5B). O que está de acordo com o observado em campo, intervalos entre coletas muito próximos diminuem a produção (correlação positiva) e aumentam o BrotosR (correlação negativa). Já a significância da temperatura máxima somente em minijardim tubete, foi em função da alta taxa de luminosidade presente nesse sistema ( $6,76 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  versus  $28,94 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  em minijardim canaletão).

Já para a ACP (FIGURA 6), o 1º quadrante indica a produtividade de miniestacas sendo alocadas as variáveis de produção PMM; PMA e PMC, o 2º quadrante aloca a variável BrotosR, enquanto o 4º quadrante o IC. Este gráfico também registra indícios da correlação entre as variáveis, comprovando os resultados da correlação de Pearson, sendo que o vetor das variáveis em sentidos opostos e com ângulos entre si acima de  $90^\circ$  indicam correlação negativa (BrotosR e IC), e vetor das variáveis próximas e com ângulos entre si abaixo de  $90^\circ$  indicam correlação positiva (PMC, PMM, PMA e IC).

O minijardim mais produtivo (em ordem decrescente) foi em sistema canaletão (SC), sendo a 7ª, 4ª, 3ª, 5ª e 8ª coleta (C7, C4, C3, C8 e C5) as que apresentaram maiores valores para produtividade de miniestacas. Já o minijardim em sistema tubete (ST) apresentou de maneira geral menor produtividade de miniestacas em relação ao SC, sendo a coleta 4 (T4) registrando maior IC e conseqüentemente o menor valor para BrotosR (FIGURA 6).

As coletas que obtiveram maiores valores de BrotosR, foram as primeiras em SC (C1 e C2) mais a coleta 6 (C6), e para o ST foi a coleta 1 (T1) (FIGURA 6). Essas coletas apresentaram as menores produtividades, reafirmando a correlação negativa com as variáveis de produção (FIGURA 5).

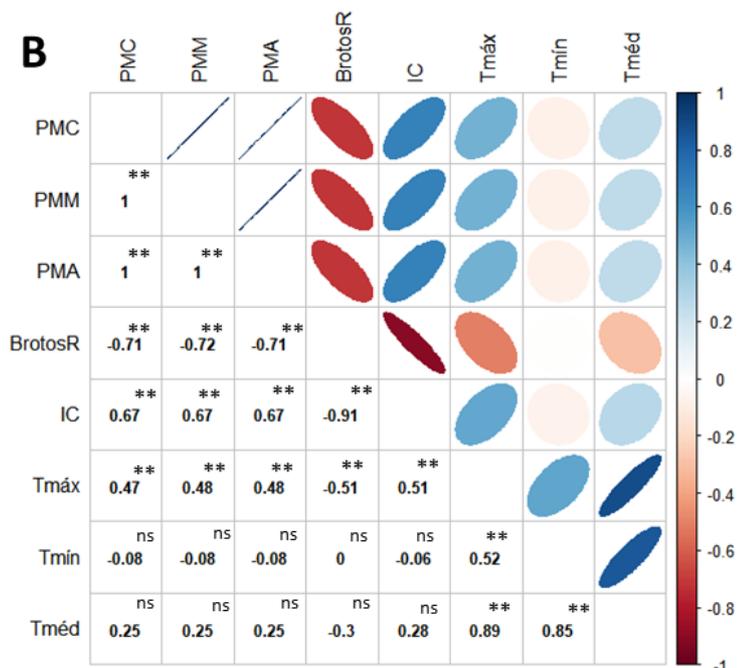
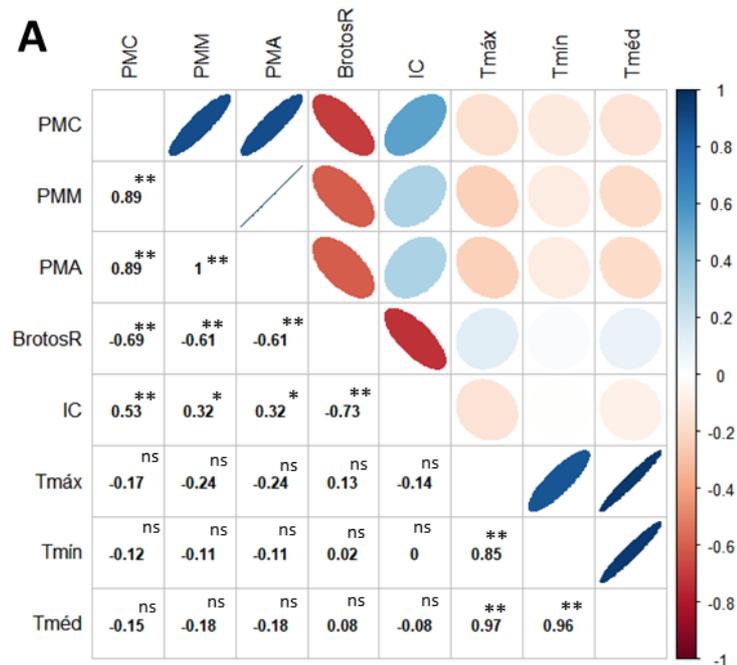


FIGURA 5 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR MINICEPA (PMC), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS (PMM), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR MESTRO QUADRADO AO ANO (PMA), MÉDIAS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS (TMÁX), TEMPERATURAS MÉDIAS (TMÉD) E TEMPERATURAS MÍNIMAS (TMÍN) AO LONGO DE OITO MESES DE COLETA EM MINIJARDIM CANALETÃO (A) E MINIJARDIM TUBETE (B). \*\*VALOR SIGNIFICATIVO PELO TESTE F ( $P < 0,01$ ), \*VALOR SIGNIFICATIVO PELO TESTE F ( $P < 0,05$ ), ns NÃO SIGNIFICATIVO.

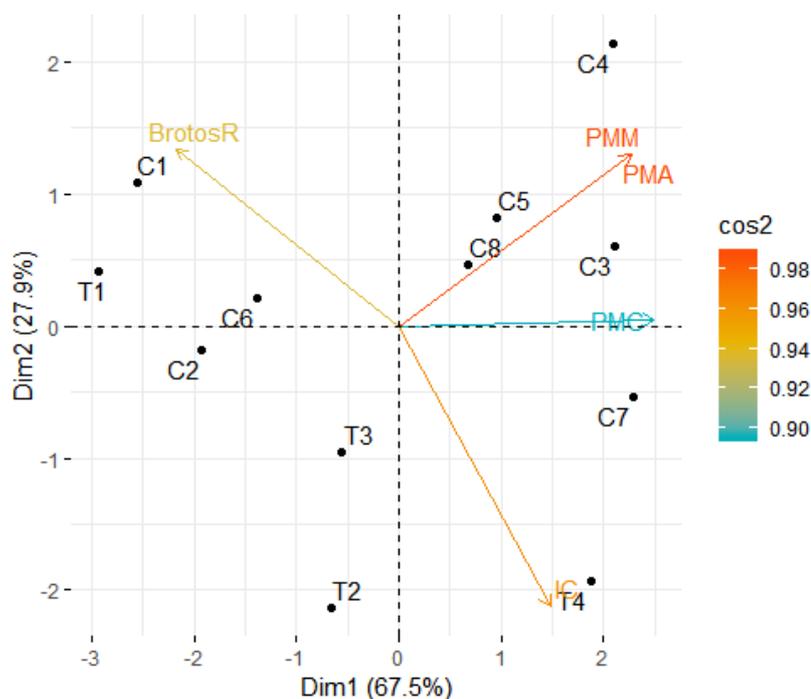


FIGURA 6 – ACP A PARTIR DO PLANO DE DISPERSÃO DAS COLETAS NO SISTEMA CANALETÃO (C1; C2; C3; C4; C5; C6; C7 E C8) E TUBETE (T1, T2, T3 E T4) SOBRE A PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR MINICEPA (PMC); BROTOS REMANESCENTES (BROTOSR); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS (PMM); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO (PMA) E INTERVALO DE COLETA (IC) AO LONGO DE OITO MESES DE SUCESSIVAS COLETAS.

É possível identificar a formação de dois grupos bastante distintos; sendo as coletas agrupadas de acordo com cada minijardim (grupo C: minijardim canaletão e grupo T: minijardim tubete), confirmando a diferença produtiva entre os sistemas (FIGURA 7). Apesar da segunda coleta do minijardim canaletão se aproximar da produção/BrotosR do minijardim tubete, o sistema de modo geral que houve maior produção de miniestacas foi o minijardim canaletão (grupo C), estando sua maior parte alocado na região do primeiro quadrante indicando maior produtividade.

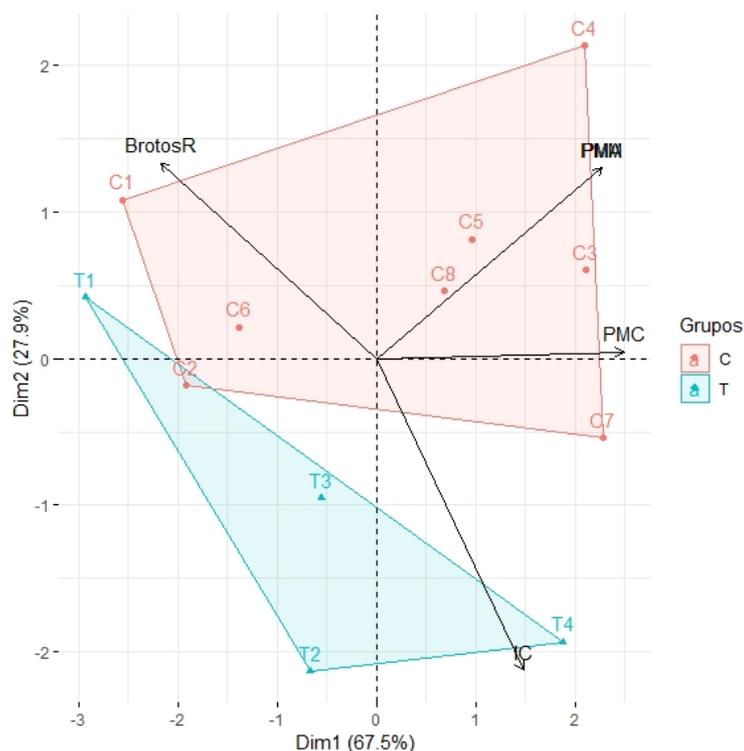


FIGURA 7 - PLANO DE POLIGONO E DISPERSÃO DE PONTOS DOS GRUPOS DE DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM FORMADOS A PARTIR DAS VARIÁVEIS DE PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR MINICEPA (PMC); BROTOS REMANESCENTES (BROTOSR); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS (PMM); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO (PMA) E INTERVALO DE COLETA (IC) EM *Tectona grandis* Linn f. . GRUPO C: MINIJARDIM CANALETÃO, GRUPO T: MINIJARDIM TUBETE.

A fim de comparar os valores da análise multivariada com a univariada foi realizado análise de variância, a qual houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre as coletas quanto a produção de miniestacas por minicepas (PMC), brotos remanescentes para a próxima coleta (BrotosR), produção de miniestacas por metro quadrado ao mês (PMM) e produção de miniestacas por metro quadrado ao ano (PMA) nos dois sistemas de minijardim. No entanto, a sobrevivência das minicepas (SMIN) apenas variou significativamente ( $p < 0,01$ ) quanto ao sistema de minijardim canaletão (TABELA 4).

TABELA 4 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS DE SOBREVIVÊNCIA DAS MINICEPAS (SMIN), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS E BROTOS REMANESCENTES POR MINICEPA (PMC; BROTOSR), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS (PMM) E PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO (PMA) DE *Tectona grandis* Linn F. NOS SISTEMAS DE MINIJARDIM CANALETÃO E TUBETE.

Minijardim	Causa da Variação	GL	Quadrados Médios				
			SMIN %	BrotosR brotos minic. <sup>-1</sup>	PMC minest. minic. <sup>-1</sup>	PMM minest. m <sup>-2</sup>	PMA minest. m <sup>-2</sup> ano <sup>-1</sup>
Canaletão	Coleta	7	24,00**	0,62**	0,29**	3528,67**	522341,22**
	Resíduo	32	3,47	0,02	0,02	334,02	49445,16
	Média	-	98,83	1,31	0,62	74,72	909,15
	CV <sub>exp</sub> (%)	-	1,88	13,02	23,01	24,45	24,45
Tubete	Coleta	3	8,14 <sup>ns</sup>	0,92*	0,22*	1283,79*	190037*
	Resíduo	16	2,77	0,03	0,01	74,83	11077
	Média	-	99,00	1,21	0,56	43,39	527,91
	CV <sub>exp</sub> (%)	-	1,68	14,39	19,94	19,94	19,94

\* \* valor significativo pelo teste F (p<0,01); \* valor significativo pelo teste F (p<0,05); ns não significativo; GL = graus de liberdade, CV<sub>exp.</sub> = coeficiente de variação.

A sobrevivência das minicepas de *T. grandis*, apresentaram resultados satisfatórios, com média geral de 98,83 % e 99 % para os sistemas de canaletão e tubete respectivamente (TABELA 4), durante oito meses de manejo, com oito coletas nas minicepas do canaletão e quatro coletas nos tubetes. Estes resultados demonstram que o manejo e nutrição mineral do sistema canaletão foram eficientes durante as coletas sucessivas, favorecendo o maior número de coletas, emissão de novas brotações e manutenção do vigor das minicepas, além de sugerir boa resposta desta espécie ao processo de coletas sucessivas de brotações nas minicepas.

Para o sistema tubete a sobrevivência das minicepas ficou acima de 97 %, entretanto a menor quantidade de coletas neste sistema quando comparadas ao SC, indica que as minicepas contaram com uma pequena área para expandir suas raízes, impedindo seu desenvolvimento radicial e conseqüente captação de maior quantidade de nutrientes, sugerindo então aumentar o volume do tubete.

Ao longo dos oitos meses, somente nas duas últimas coletas houve mortalidade das minicepas, podendo ser atribuído ao desgaste

fisiológico sofrido ao longo das coletas, entretanto a sobrevivência ainda pode ser considerada elevada permanecendo acima de 94 % em ambos os sistemas de minijardim (TABELA 5).

TABELA 5 - SOBREVIVÊNCIA DAS MINICEPAS (SMIN), PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR MINICEPA (PMC), BROTOS REMANESCENTES (BROTOSR) EM *Tectona grandis* Linn F., PRODUZIDAS NOS SISTEMAS DE MINIJARDIM DE CANALETÃO E TUBETE.

Minijardim	Coletas	SMIN (%)	PMC	Brotos R
			minest. minic. <sup>-1</sup>	brotos. minic. <sup>-1</sup>
Canaletão	1	100,00 a	0,33 c	1,87 a
	2	100,00 a	0,32 c	1,61 ba
	3	100,00 a	0,74 a	0,86 d
	4	100,00 a	0,85 a	1,42 bc
	5	100,00 a	0,64 ba	1,13 dc
	6	100,00 a	0,38 bc	1,47 bc
	7	95,99 b	0,89 a	0,87 d
	8	94,66 b	0,80 a	1,27 bc
Tubete	1	100,00 a	0,36 c	1,76 a
	2	100,00 a	0,46 bc	1,03 bc
	3	98,66 a	0,59 b	1,31 b
	4	97,33 a	0,84 a	0,75 c

Médias seguidas da mesma não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade

Estes resultados corroboram com estudos realizados em *T. grandis* por Valverde (2014), a qual obteve taxa de sobrevivência acima de 94 % em quatro clones após nove coletas sucessivas em sistema canaletão (SC), enquanto Gatti (2002) obteve sobrevivência de minicepas superior a 97 % em sistema tubete (ST) para seis coletas sucessivas.

Neubert *et al.* (2017) trabalhando com *Plathymenia foliolosa* Benth em SC, obtiveram variação na sobrevivência das minicepas no decorrer de coletas e entre os genótipos estudados, tendo uma variação de 100 % na primeira coleta a 25 % na quarta coleta de sobrevivência das minicepas, de acordo com cada progênie. Mantovani *et al.* (2017) para SC, contaram com 100 % de sobrevivência após cinco coletas em minicepas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., Souza Junior *et al.* (2008), em

minijardim tubete obtiveram sobrevivência de 100 % após 15 coletas sucessivas de *Grevillea robusta* A. Cunn.

Cunha *et al.* (2005) ao trabalharem com *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage, após cinco coletas sucessivas, obtiveram 88 e 100 % de sobrevivência no SC e ST, respectivamente, não existindo interação entre os sistemas e as coletas. Cunha *et al.* (2008) obtiveram 98,7 % e 100 % de sobrevivência em minicepas nos SC e ST respectivamente para *Erythrina falcata* Benth, enquanto Silva *et al.* (2012) para *Toona ciliata* M. Roem, observaram que as minicepas apresentaram 100 % de sobrevivência nos dois sistemas de minijardim (canaletão e tubetes).

Referente a produtividade de miniestacas por minicepa (PMC), de forma geral, aumentou com o passar das coletas, atingindo na última coleta em SC e ST, uma porcentagem de 64,8 % e 65,1 % minicepas produzindo ao menos 1 broto respectivamente em cada minijardim (APÊNDICE F).

Para o SC (FIGURA 8A e 9A), é possível observar grande heterogeneidade na produção de miniestacas de *T. grandis* no decorrer das coletas, gerando uma tendência cíclica, em que a produção inicial foi baixa (coleta 1 e 2), aumentando a partir da coleta 3, decrescendo a produção novamente nas coletas 5 e 6, cujo o intervalo de coleta foi cinco dias inferior à média das outras coletas, e tornando a aumentar no final dos oito meses de experimento. O comportamento cíclico na produção de miniestacas pode estar relacionado à exaustão temporária das minicepas ocasionando menores produções de miniestacas (TITON *et al.*, 2003; CUNHA *et al.*, 2005). Este efeito cíclico já foi observado em *T. grandis* por Valverde (2014) e Gatti (2002), e em outras espécies folhosas por Rosa *et al.* (2009); Souza Junior (2007); Ferriani *et al.* (2011) e Souza *et al.* (2014), com *Eucalyptus dunnii* Maiden, *Grevillea robusta*, *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme e *Toona ciliata*, respectivamente.

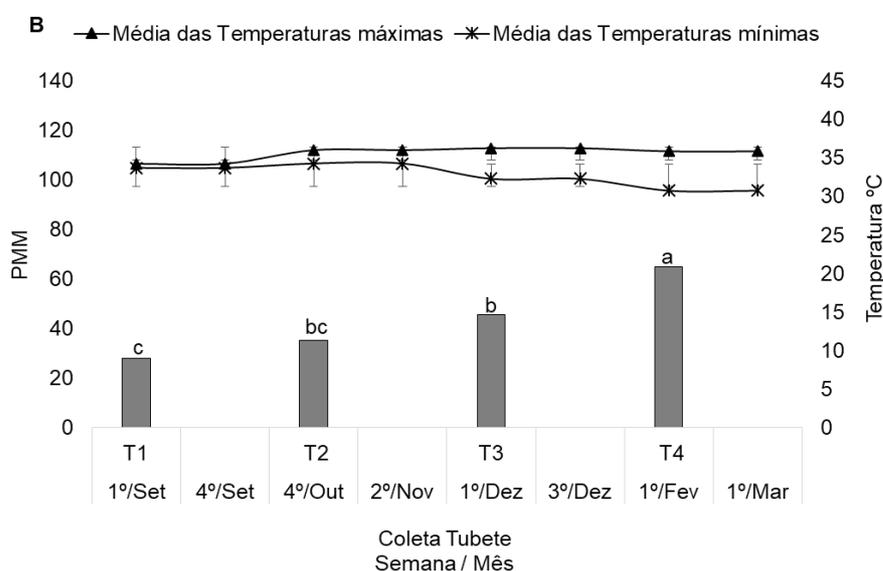
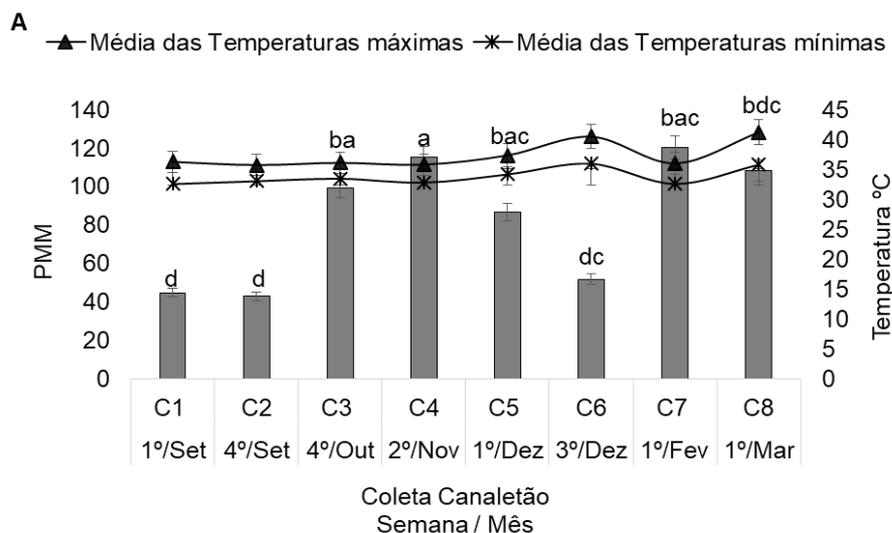


FIGURA 8 - PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO MÊS (PMM) EM (A) MINIJARDIM EM SISTEMA CANALETÃO E (B) MINIJARDIM EM SISTEMA TUBETE DE *Tectona grandis* Linn f. EM FUNÇÃO DAS COLETAS. MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE TUKEY, AO NÍVEL DE 5 % DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Já no minijardim em ST houve uma crescente produção de miniestacas no decorrer das coletas (FIGURA 8B e 9B), que pode ser atribuído ao maior intervalo de coleta (média de 39 dias) quando comparado ao SC (média de 22 dias) (TABELA 2). Esse maior intervalo entre as coletas foi conveniente, uma vez que reduz o número de intervenções sobre as minicepas, diminuindo o stress gerado sobre as mesmas (CUNHA *et al.*, 2005), verificado pela maior sobrevivência em ST.

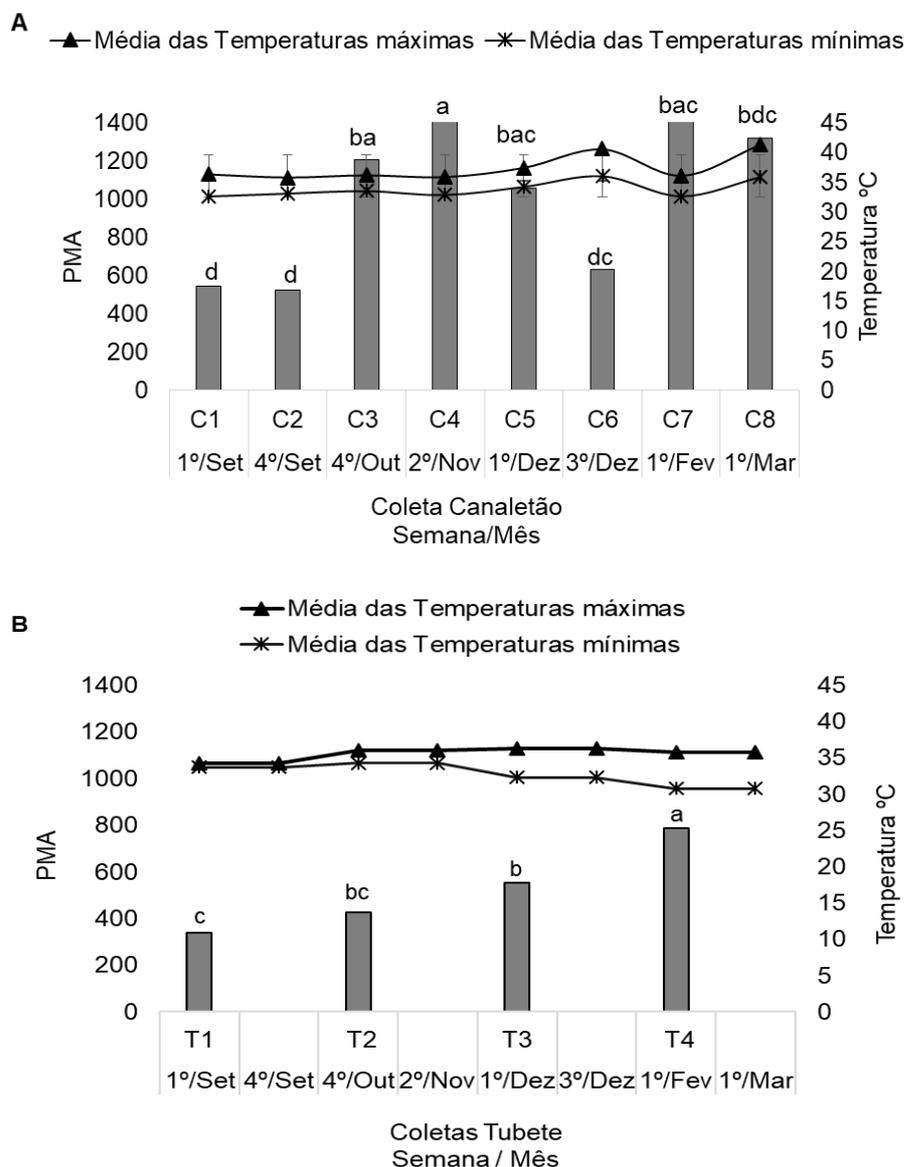


FIGURA 9 - PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO QUADRADO AO ANO (PMA) EM (A) MINIJARDIM CANALETÃO E (B) MINIJARDIM TUBETE DE *Tectona grandis* Linn f. EM FUNÇÃO DAS COLETAS. MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVAMENTE PELO TESTE TUKEY, AO NÍVEL DE 5 % DE PROBABILIDADE DE ERRO.

A produção média ao final das coletas de miniestacas por minicepa no SC foi maior quando comparado ao ST, 0,62 e 0,56 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup> respectivamente, sendo que as coletas 1; 2 e 6 foram significativamente inferiores as demais para o canaletão, enquanto para o tubete as duas primeiras coletas apresentaram resultados inferiores (TABELA 5). Essa baixa produção nas primeiras coletas, pode ser resultado da adaptação das minicepas à superação de dominância apical

após a primeira poda e a reorganização do sistema de crescimento ortotrópico para um sistema plagiotrópico (WENDLING e SOUZA JÚNIOR, 2003), além da melhor adaptação das minicepas com o passar das coletas em ambos os sistemas de minijardim.

Este mesmo comportamento estende-se para as variáveis PMM e PMA, apresentando em SC nas coletas 1, 2 e 6 média de 46,48 miniestacas.m<sup>-2</sup>.mês<sup>-1</sup> e 565,53 miniestacas.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>, enquanto para ST apresentou média de 31,6 miniestacas.m<sup>-2</sup>.mês<sup>-1</sup> e 384,37 miniestacas.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup> nas coletas 1 e 2 (FIGURA 8 e 9). As variáveis de produção PMC, PMM e PMA apresentaram correlação positiva ( $p < 0,01$ ) no sistema tubete para os valores médios das temperaturas máximas (T<sub>máx</sub>) (FIGURA 5B), indicando que as condições ambientais da estufa influenciaram significativamente a emissão de brotações.

A média geral da produção de miniestacas por minicepa no ST (0,56 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup>) encontra-se abaixo dos resultados observados por Gatti (2002) utilizando esse mesmo sistema de minijardim, a qual encontrou média de 1,7 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup> ao longo de 12 coletas. Essa diferença de produtividade deve-se ao tamanho do recipiente (280 cm<sup>3</sup>), minicepas de origem seminal, associado às condições climáticas onde o minijardim ficou alocado (pleno sol), visto que essa espécie se adapta melhor em temperaturas mais elevadas.

Já Valverde (2014) utilizando SC, encontrou para *T. grandis* diferença significativa entre coletas, espaçamentos entre minicepas e materiais genéticos, obtendo ao longo de nove coletas média de 0,63 miniestaca/ minicepa, aproximando dos valores encontrados no presente trabalho para SC (0,62 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup>). Essa proximidade de valores deve-se a utilização de genótipos superiores, permanência do minijardim em casa de vegetação climatizada e mesmo espaçamento entre minicepas utilizado neste trabalho (10 x 10 cm).

Outros autores também encontraram menor produção de miniestacas em minijardins alocados em tubetes, como Cunha *et al.* (2005) para *Eucalyptus benthamii* com média de 8,1 miniestacas. minicepa<sup>-1</sup> em SC versus 4,1 do ST em intervalos de coleta entre 25 e 30 dias; Souza Junior (2007) com *Grevillea robusta*, obtendo média de produção de 3

miniéstacas. minicepa<sup>-1</sup> em SC com intervalo entre coletas de 20 dias versus 1,7 no ST em intervalo de 25 dias; Cunha *et al.* (2008) com *Erythrina falcata*, obtiveram 2,9 miniéstacas por minicepa para o canaletão e 1,3 para tubetes, totalizando oito coletas em canaletão e quatro em tubetes; Silva *et al.* (2012) para *Toona ciliata* com média de 18,42 miniéstacas por minicepa em SC e 4,94 para ST, sendo realizado seis coletas em canaletão e quatro em tubetes e Souza *et al.* (2014) encontraram para minijardim em tubete e canaletão 1 e 2,6 miniéstacas/ minicepas respectivamente.

O maior número de coletas e produtividade em minijardim canaletão, deve-se ao maior vigor fisiológico e desenvolvimento do sistema radicial das minicepas, em função do maior volume de substrato disponível devido a não restrição física e por consequência, maior área de absorção de água e nutrientes minerais (SILVA *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2014).

Comparando os valores de produção de miniéstacas encontrados para outras espécies, verifica-se que a espécie *T. grandis* possui baixa produtividade de miniéstacas por minicepa. Esta diferença pode estar associada a forte dominância apical, e à grande área foliar desta espécie que dificulta a passagem de luminosidade até os brotos remanescentes da parte basal da minicepa inibindo seu crescimento, podendo ser um indicativo para aumentar o espaçamento entre as minicepas para melhor produção.

Nesta pesquisa pode-se comprovar esta afirmação pelos valores encontrados a partir da análise dos brotos remanescentes (BrotosR) (TABELA 5). O valor do BrotosR sempre foi maior que o valor de miniéstacas coletadas (FIGURA 10A e 10B), apresentando correlação negativa com todas as variáveis de produção ( $p < 0,01$ ) (FIGURA 5A e 5B) em ambos os sistemas de minijardim, permitindo observar durante o período experimental que esta espécie apresenta forte dominância apical, inibindo as gemas laterais e brotações de tamanho menores se desenvolverem. Nota-se que o comportamento cíclico também está presente nos brotos remanescentes, confirmando a exaustão temporária das minicepas de *T. grandis*.

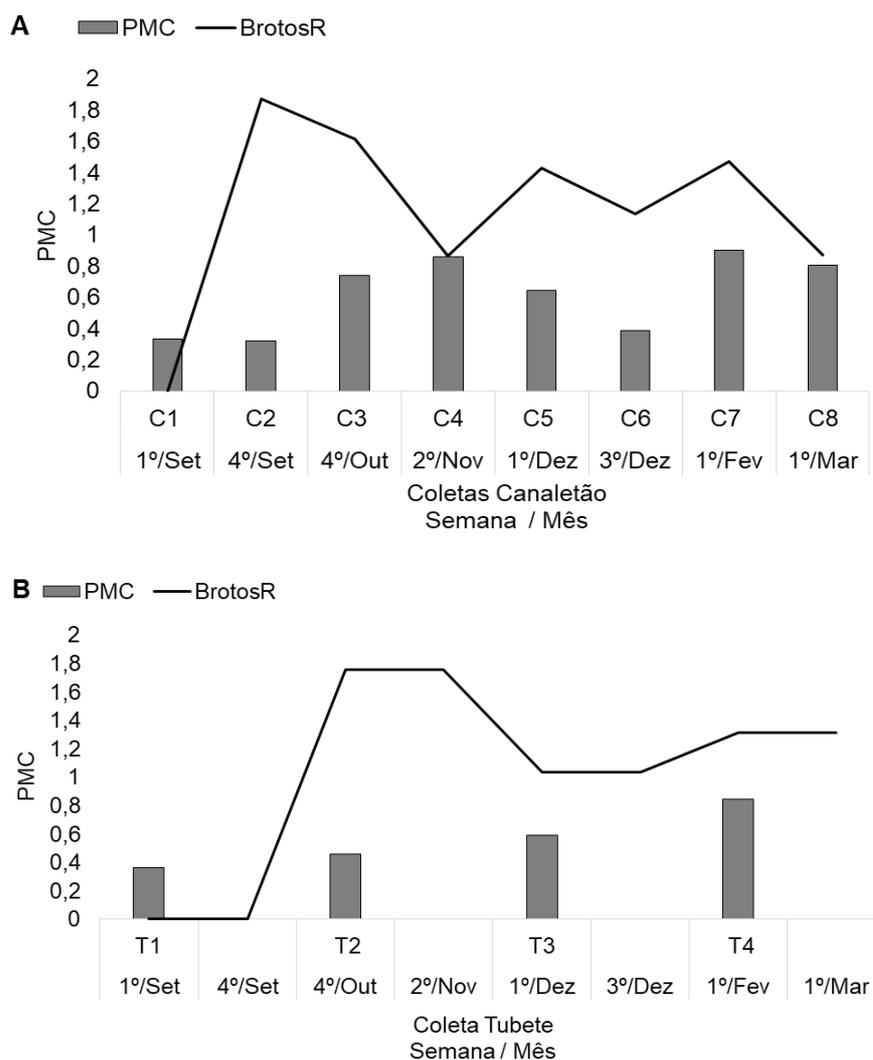


FIGURA 10 - PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR MINICEPA (PMC) E BROTOS REMANESCENTES POR MINICEPA (BROTOSR) EM (A) MINIJARDIM CANALETÃO E (B) MINIJARDIM TUBETE DE *Tectona grandis* Linn f. EM FUNÇÃO DAS COLETAS AO LONGO DE OITO MESES.

Desta forma, a partir de todas as variáveis analisadas pode-se afirmar que o sistema de minijardim canaletão demonstrou-se mais produtivo em relação ao sistema tubete.

#### 5.1.2 Sobrevivência e vigor radicial da muda em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim

A fim de poder comparar as sucessivas coletas com os sistemas de minijardim nos quesitos de vigor radicial e sobrevivência em casa de

vegetação, casa de sombra e a pleno sol (SCV; SCS; SPS), foi gerado os autovalores ( $\lambda_i > 1$ ) (APÊNDICE G), sendo determinado dois componentes principais (Dim.1 e Dim.2), os quais explicam a maior parte da variação no conjunto de dados.

O primeiro componente principal (Dim.1), representado pela sobrevivência e vigor radicial nos quesitos comprimento de maior raiz (CMR) e comprimento total de raízes (CTR), foi responsável por 70,9 % da variação dos dados e o segundo componente principal (Dim.2), representado pelo número de raízes primárias (NR) foi responsável por 26,7 % da variação dos dados. Os dois primeiros componentes principais foram responsáveis por 97,6 % da variação total do vigor radicial e sobrevivencia nos diferentes minijardins (FIGURA 11).

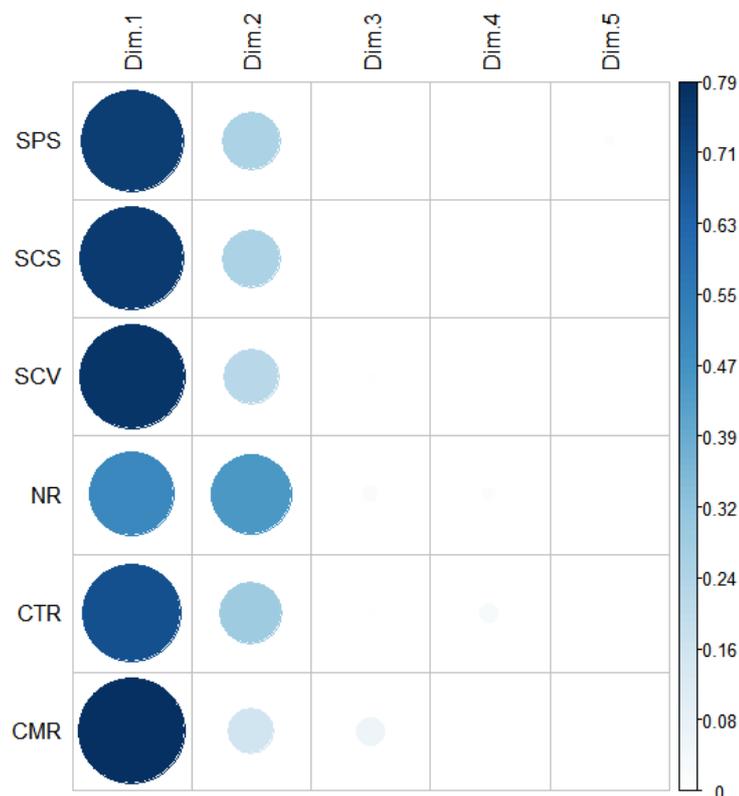


FIGURA 11 - REPRESENTATIVIDADE DA SOBREVIVÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO, CASA DE SOMBRA E PLENO SOL (SCV; SCS; SPS), NÚMERO DE RAÍZES (NR); COMPRIMENTO TOTAL DE RAIZES (CTR) E COMPRIMENTO DA MAIOR RAÍZ (CMR) DENTRO DE CADA COMPONENTE PRINCIPAL (DIM), NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM E COLETAS SUCESSIVAS.

O 1º quadrante da ACP, indica o vigor radicial das miniestacas, sendo alocadas as variáveis NR, CTR e CMR e no 2º quadrante estão alocadas as variáveis de sobrevivência (SCV, SCS, SPS). Estas variáveis apresentam uma correlação positiva ( $p < 0,01$ ) com as variáveis de sobrevivência, indicando que quanto maior o vigor radicial maior será a sobrevivência da muda (FIGURA 12).

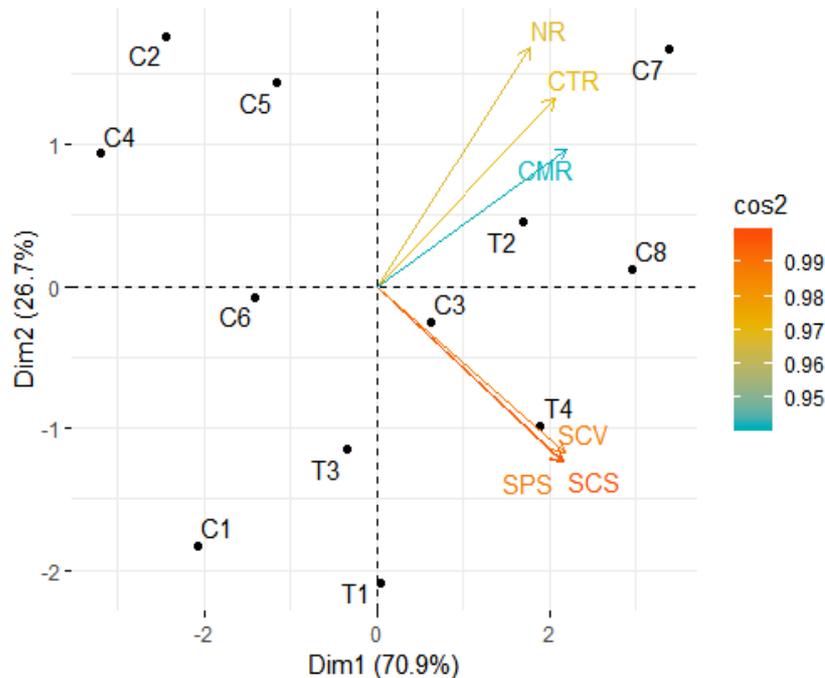


FIGURA 12 - ACP A PARTIR DO PLANO DE DISPERSÃO DAS COLETAS NO SISTEMA CANALETÃO (C1; C2; C3; C4; C5; C6; C7 E C8) E TUBETE (T1, T2, T3 E T4) SOBRE A SOBREVIVÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO, CASA DE SOMBRA E PLENO SOL (SCV, SCS, SPS), NÚMERO DE RAÍZES (NR); COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) E COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARIM E SUCESSIVAS COLETAS.

A partir da análise do plano de dispersão das coletas é possível afirmar que as coletas C7, C8, T2 e T4 apresentaram melhor vigor radicial e sobrevivência das mudas. Em contrapartida as coletas C3 e C6 encontram-se no nível intermediário. As coletas C2, C4 e C5 apresentaram as maiores taxas de mortalidade devido ao déficit de irrigação sofrido nos primeiros dias após o estaqueamento, onde as miniestacas apresentavam sintomas visuais de murcha. Ressalta-se que a irrigação foi ajustada, entretanto as condições fisiológicas da miniestaca já haviam sido afetadas.

Enquanto as coletas C1, T1 e T3 tiveram o menor vigor radicial (FIGURA 12).

A fim de comparar os valores da análise multivariada com a univariada foi realizado análise de variância, a qual houve diferença significativa ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ) entre as coletas quanto as variáveis dos sistemas de minijardim. No entanto somente no ST, as variáveis SCV e CMR foram iguais em todas as coletas (TABELA 6).

TABELA 6 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS DE SOBREVIVÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO, CASA DE SOMBRA E PLENO SOL (SCV; SCS E SPS), NÚMERO DE RAIZES (NR), COMPRIMENTO TOTAL DE RAIZES (CTR) E COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) DE *Tectona grandis* Linn f. NOS SISTEMAS DE MINIJARDIM CANALETÃO E TUBETE DURANTE AS SUCESSIVAS COLETAS.

Minijardim	Causa da Variação	GL	Quadrados Médios					
			SCV <sup>(1)</sup>	SCS	SPS <sup>(1)</sup>	NR <sup>(2)</sup>	CTR <sup>(3)</sup>	CMR <sup>(4) (5)</sup>
			%			(muda <sup>-1</sup> )	cm	
Canaletão	Coleta	7	1990,75*	2104,98*	2642,56*	0,005**	0,08**	12**
	Resíduo	32	254,46	275,45	262,24	0,001	0,01	1,08
	Média	-	70,91	67,82	63,49	2,27	16,34	6,57
	CV <sub>exp</sub> (%)	-	22,50	24,47	25,50	18,28	23,32	31,58
Tubete	Coleta	3	160,38 <sup>ns</sup>	237,39*	296,26*	0,005*	91,71*	0,01 <sup>ns</sup>
	Resíduo	16	67,51	67,10	73,48	0,001	23,5	0,01
	Média	-	88,45	86,80	85,72	1,90	11,37	7,74
	CV <sub>exp</sub> (%)	-	9,29	9,44	10,00	28,45	42,62	28,09

\* Valor significativo pelo teste F ( $p < 0,05$ ); \*\* valor significativo pelo teste F ( $p < 0,01$ ), ns não significativo; GL = graus de liberdade, CV<sub>exp.</sub> = coeficiente de variação. (1) Dados do minijardim canaletão transformados por  $n^{1,5}$ , (3) por  $\sqrt{n/100}$ , e (4) por  $n^{0,6}$  onde  $n$  = dado amostrado. (2) Dados de ambos os minijardins transformados por  $\sqrt{n/100}$  onde  $n$  = dado amostrado. (5) Dados do minijardim tubete transformados por  $\sqrt{n/100}$  onde  $n$  = dado amostrado.

De modo geral o SC apresentou melhores resultados médios de vigor radicial (NR 2,27 muda<sup>-1</sup> e CTR 16,34 cm), porém o ST obteve maiores taxas de sobrevivência nas fases de produção (SCV 88,45 %; SCS 86,8 % e SPS 85,72 %) (TABELA 6). Os valores de sobrevivência e vigor radicial para *T. grandis* estão de acordo com os encontrados na literatura (HUSEN e PAL, 2007a; HUSEN e PAL, 2007b; HUSEN, 2011).

Referente a cada coleta, o SC destacou-se para a sobrevivência e o vigor radicial nas coletas 7 e 8, sendo para NR 3,76 e 3,12 muda<sup>-1</sup>, CTR 34,19 e 26,44 cm e CMR 11,73 e 9,80 cm respectivamente (TABELA 7). Para as mudas originadas do ST as melhores coletas para o vigor radicial foram a 2 e 4, sendo para NR 2,96 e 2,00 muda<sup>-1</sup>, CTR 20,59 e 17,69 cm e CMR 9,51 e 9,60 cm respectivamente. Já os piores valores foram para a primeira coleta de ambos os sistemas de minijardim (TABELA 7). Esses resultados corroboram com o encontrado na análise de componentes principais.

TABELA 7 - SOBREVIVENCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO, CASA DE SOMBRA E PLENO SOL (SCV; SCS; SPS), NUMERO DE RAIZES (NR); COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (CTR) E COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) EM *Tectona grandis* Linn f., PRODUZIDAS NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM E COLETAS SUCESSIVAS.

Minijardim	Coletas	SCV	SCS	SPS	NR	CTR	CMR
			(%)		(muda <sup>-1</sup> )	(cm)	
Canaletão	1	74,00 abcd	72,00 abc	70,00 abcd	0,93 d	4,17 d	1,95 d
	2	44,44 d	42,22 c	42,22 e	2,20 bcd	13,06 bcd	6,01 bc
	3	87,27 abc	81,82 ab	75,45 abc	2,40 bc	16,81 abc	6,78 abc
	4	47,20 d	42,40 c	38,40 de	1,40 cd	10,79 cd	4,24 cd
	5	59,00 cd	54,00 bc	53,00 cde	2,60 abc	14,39 bc	7,11 abc
	6	67,00 bcd	65,45 abc	58,18 bcde	1,80 bcd	10,89 cd	5,02 cd
	7	90,83 ab	88,33 a	86,67 ab	3,76 a	34,19 a	11,73 a
	8	97,27 a	96,36 a	96,36 a	3,12 ab	26,44 ab	9,80 ab
Total médio de mudas		529,69	506,61	474,27	-	-	-
Tubete	1	89,09 a	89,09 ab	89,09 ab	1,13 b	8,45 b	5,90 a
	2	88,57 a	84,29 ab	80,00 ab	2,96 a	9,05 ab	9,51 a
	3	81,18 a	78,82 b	78,82 b	1,52 ab	10,30 ab	5,94 a
	4	95,00 a	95,00 a	95,00 a	2,00 ab	17,69 a	9,60 a
Total médio de mudas		296,30	290,78	287,16	-	-	-

Médias seguidas da mesma não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 %de probabilidade.

Para *Toona ciliata* (SILVA *et al.*, 2012 e 2016) e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (OLIVEIRA *et al.*, 2015) atribuíram a diferença no vigor radicial nas diferentes coletas em ambos os sistemas de minijardim, às condições climáticas durante o decorrer do período experimental, visto as regiões climáticas onde os estudos foram realizados; variações no turno de rega, devido a maior sensibilidade das miniestacas nos primeiros dias após a entrada no setor de enraizamento e o estado nutricional das minicepas. Já para *T. grandis*, os resultados devem-se não somente aos fatores citados acima, mas também a diferença no grau de lignificação nos tecidos das miniestacas advindas de ambos os sistemas de minijardim (FIGURA 13 A e B).



FIGURA 13 – MINIESTACAS DE *Tectona grandis* Linn f. PROVENIENTES DO (A) MINIJARDIM TUBETE; (B) MINIJARDIM CANALETÃO.

A maior quantidade de coletas no SC demonstra o crescimento mais acelerado dos brotos, gerando miniestacas com menor grau de lignificação nos tecidos (mais herbáceas), quando comparadas ao ST (FIGURA 13 B), resultando em um melhor vigor radicial. Esta condição também pode ser visualizada na diferença anatômica encontrada em ambos os sistemas de minijardim aos 0 e 40 dias após o estaqueamento



sobreviventes no final da produção a PS no sistema canaletão foi maior (474,27 mudas) quando comparado ao sistema tubete (287,16 mudas), mesmo tendo menor porcentagem de sobrevivência em pleno sol (63,49 %) (TABELA 7).

Cabe destacar que a menor sobrevivência observada nas coletas 2, 4 e 5 do SC, deve-se ao déficit de irrigação observado nos primeiros dias após o estaqueamento, onde as miniestacas apresentavam sintomas visuais de murcha. Ressalta-se que a irrigação foi ajustada, entretanto as condições fisiológicas da miniestaca já haviam sido afetadas.

Gatti (2002) encontrou resultados similares de sobrevivência de miniestacas seminais de *T. grandis*, assim como Badilla *et al.* (2016, 2017) em miniestacas de quatro clones comerciais. Já para *Toona ciliata* (Silva *et al.* 2016) também encontraram maior sobrevivência em ST.

Outro quesito que pode-se inferir para o superior vigor radicial das mudas alocadas em SC, é a melhor captação de nutrientes das minicepas neste sistema de minijardim, pois o estado nutricional tanto das plantas doadoras de propágulos quanto dos propágulos a serem regenerados em novas plantas, determina a quantidade de carboidratos, auxinas e outros compostos do metabolismo essenciais da planta para a iniciação e desenvolvimento da rizogênese (CUNHA *et al.*, 2009).

Souza *et al.* (2014, 2015), encontraram nas minicepas alocadas em minijardim canaletão maior acúmulo de nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e massa seca, quando comparadas com minicepas em sistema tubete. Este sistema admite um melhor desenvolvimento das raízes primárias e secundárias, permitindo maior captação de água e nutrientes, o qual garante bom desenvolvimento do propágulo vegetativo nas fases de produção subsequentes, como pode-se verificar na análise nutricional foliar das miniestacas em ambos os minijardins na entrada e saída da casa de vegetação (TABELA 8).

TABELA 8 - ANÁLISE NUTRICIONAL FOLIAR DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM MINIESTACAS DE *Tectona grandis* Linn f. NA ENTRADA E SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO PRODUZIDAS EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM CANALETÃO (C) E TUBETE (T).

Nutriente *	Miniestacas entrada da casa de vegetação		Miniestacas saída da casa de vegetação	
	C	T	C	T
Macronutrientes				
----- ( g Kg )-----				
N	28,5	27	12	10,5
P	6,8	3,9	2,6	2,5
K	16,2	16,6	17,6	22,2
Ca	12,3	7,3	4,2	3,9
Mg	6,9	3	3,1	3
S	0,8	0,6	0,8	0,9
Micronutrientes				
----- (mg Kg)-----				
Zn	19,5	20	27,1	24,5
Cu	12,2	16,6	11	10,1
Fe	67,4	68,5	61,3	67,9
B	76,2	41,5	28,5	42,5
Mn	12	13,3	17,2	16,1

\* Análise nutricional foliar referente a um estaqueamento realizado após o encerramento das coletas sucessivas.

A partir da análise nutricional foliar é possível identificar no minijardim canaletão que 83 % dos macronutrientes na entrada da casa de vegetação estão com valores superiores quando comparados ao minijardim tubete. Porém as concentrações de micronutrientes das miniestacas do sistema tubete na entrada da CV foram na maioria superiores que o SC (TABELA 8).

O N, P, Ca, Mg e S, tiveram maiores concentrações no SC, entretanto nota-se uma elevada variação na concentração desses nutrientes em relação a entrada e saída da CV, revelando maior perda no teor de nutrientes em relação ao sistema tubete (TABELA 8). As variáveis ligadas ao enraizamento das miniestacas (NR; CTR e CMR) estão diretamente relacionadas ao teor de carboidratos armazenado na planta matriz, quanto maior o nível de reservas e relação carbono/nitrogênio maior será o favorecimento do enraizamento das estacas (PAIVA e GOMES, 2013).

Somente o potássio (K) foi maior no minijardim tubete (TABELA 8). Em estudo realizado por Paula *et al.* (2003) com *E. grandis* x *E. urophylla* foi encontrado que o aumento deste nutriente pode apresentar efeito inibitório no enraizamento, e crescente desenvolvimento de calos dependendo do material genético. Sendo assim, sua maior concentração em ST pode ser um indicativo do menor vigor e número de raízes encontrados neste minijardim.

Já o fósforo participa da composição de carboidratos, fosfolipídios constituintes das membranas, coenzimas, nucleoproteínas e ácidos nucléicos, além de atuar nos processos vitais da planta em função do armazenamento e transferência de energia na forma de ATP (adenosina-trifosfato) (MALAVOLTA, 2006; PALLARDY, 2008). Estudo feito por Souza *et al.* (2015) com *Toona ciliata* observaram que os teores de fósforo nas miniestacas provenientes de minijardim em canaletão e em minijardim tubete foram diferentes, somente 115 dias da poda apical as concentrações se igualaram, como observado no presente estudo aos 40 dias de estaqueamento a concentração de fósforo se igualou em ambos os sistemas de minijardim.

Referente a concentração de Ca foi 40 % maior em SC (12,3 g/kg); esse nutriente é um dos poucos elementos minerais que apresenta efeito diretamente no processo de enraizamento (SCHWAMBACH *et al.*; 2005; GEISS *et al.*, 2009), atuando em processos de divisão e alongação celular e como mensageiro secundário na ação da auxina (GEISS *et al.*, 2009), podendo então ser atribuído ao melhor vigor radicial encontrado na SC. Já o S estudos apontam que o processo de enraizamento adventício é pouco afetado por ele (CUNHA *et al.*, 2009).

Em relação aos micronutrientes somente o boro foi maior na entrada da CV no SC (76,2 mg Kg) em relação ao minijardim tubete (41,5 mg Kg), entretanto 40 dias após o estaqueamento houve uma queda de 62,5 % em relação a sua concentração inicial, sendo o ST ficando com sua concentração praticamente estável até a saída da CV (42,5 mg Kg) (TABELA 8). Em estudos realizados para miniestacas de *E. dunnii* e *C. citriodora* (TRUEMAN *et al.*, 2013a), *Eucalyptus. cloeziana* (TRUEMAN *et*

*al.*, 2013b) as concentrações mais altas de boro no tecido foliar se correlacionaram positivamente com o enraizamento adventício.

Os demais micronutrientes Zn, Cu e Mn tiveram suas concentrações maiores em ST na entrada da casa de vegetação. Sendo que na saída das mudas da CV o Zn, Cu e Mn obtiveram um aumento considerável no minijardim canaletão, superando o ST o qual somente o Fe, e o B permaneceram maiores (TABELA 8).

A maior concentração do Mn e Fe em ST pode ter influenciado no vigor radicial do ST, sendo que o Mn apresenta função inibitório sobre o enraizamento (ASSIS *et al.*, 2004), atuando como ativador do sistema enzimático de oxidação de auxinas (HARTMANN *et al.*, 2011).

Já o Fe na fase de formação das raízes atua na biossíntese de peroxidases envolvidas no catabolismo de auxinas, afetando desta forma a formação e lignificação das paredes celulares, com acúmulo de compostos fenólicos na rizoderme e escurecimento das porções basais (SCHWANBACH *et al.*, 2005).

Desta forma pode-se afirmar que o sistema de minijardim canaletão apresenta melhor vigor radicial e maior número de mudas vivas ao final da produção, pelo fato da sua superioridade nutricional e menor lignificação dos tecidos.

### 5.1.3 Qualidade da muda em função das sucessivas coletas e sistemas de minijardim

A fim de poder comparar as sucessivas coletas com os sistemas de minijardim nos quesitos de qualidade da muda a pleno sol, foi gerado os autovalores ( $\lambda_i > 1$ ) (APÊNDICE H), sendo determinado dois componentes principais (Dim.1 e Dim.2), os quais explicam a maior parte da variação no conjunto de dados (91,5 %). As variáveis CD e IQD foram consideradas de pouca relevância para o presente estudo, apresentando valor de  $\cos^2$  nas duas primeiras dimensões abaixo de 0,7 (APÊNDICE I), desta forma foi feita sua retirada para melhor interpretação dos resultados. Sendo assim, o primeiro componente principal (Dim.1), representado pelas variáveis Ht, Ht/DPS, MSR, MSPA e MST foi responsável por 76,4 % da variação dos

dados e o segundo componente principal (Dim.2), representado pelos diâmetros (DM, DCV e DPS) foi responsável por 15,4 % da variação dos dados. (FIGURA 15).

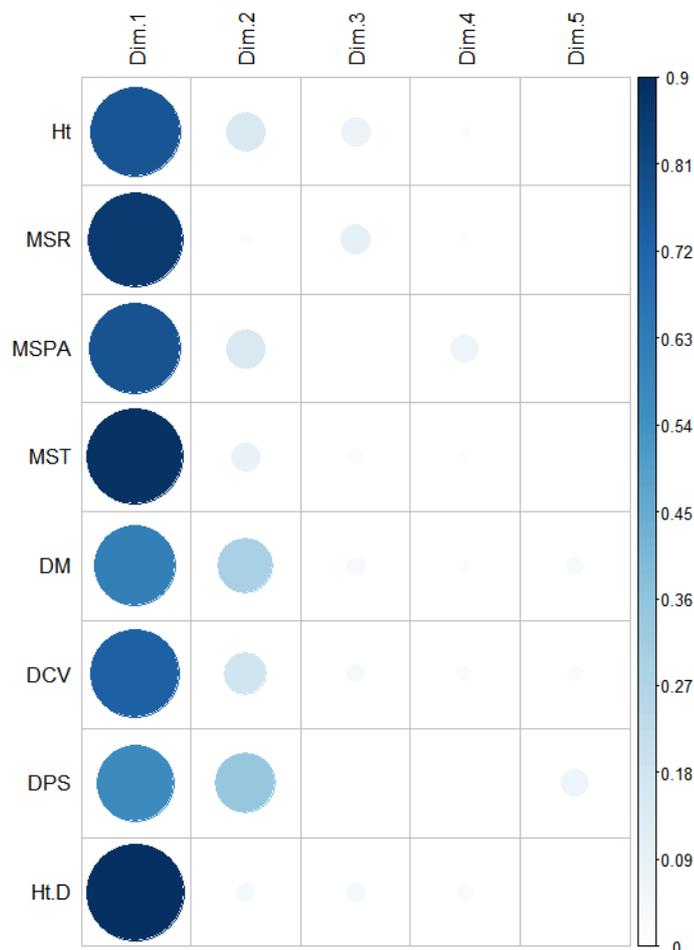


FIGURA 15 - REPRESENTATIVIDADE DA QUALIDADE DA MUDA NOS QUESITOS ALTURA (HT); MASSA SECA RADICIAL (MSR), AEREA (MSPA) E TOTAL(MST), DIAMETRO DA MINIESTACA (DM), DIAMETRO SAIDA CASA DE VEGETAÇÃO (DCV), DIAMETRO SAIDA PLENO SOL (DPS) E RELAÇÃO ALTURA E DIAMETRO NA SAIDA A PLENO SOL(HT/DPS), NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARIM E COLETAS SUCESSIVAS.

Diâmetros maiores estão associados ao maior teor de carboidratos armazenados e um balanço auxina/citocinina favorável a formações de brotações laterais, favorecendo o enraizamento e consequente qualidade de muda (MARCHESE *et al.*, 2010; DIAS *et al.*, 2013). Entretanto para *T. grandis* diâmetro acima de 3 mm não foi favorável para seu desenvolvimento radicial, altura e massa seca, sendo que o

diâmetro apresentou correlação negativa com essas variáveis (FIGURA 15) ou seja, miniestacas com diâmetros maiores também podem vir a interferir no vigor radicial e conseqüentemente na qualidade da muda formada.

As variáveis relacionadas ao vigor radicial, apresentaram correlação positiva com a sobrevivência (SCV, SCS e SPS) e qualidade de muda (FIGURA 15 A e B). O sistema radicial é responsável pela captação de água e nutrientes, suprimindo as necessidades fisiológicas da planta, a qual se desenvolverá com melhor qualidade, garantindo maior sobrevivência durante o processo de produção em viveiro.

Para a ACP, o 1º quadrante indica a qualidade da muda, sendo alocadas as variáveis Ht, MSR, MSPA, MST e HT/DP, enquanto o 4º quadrante ficou alocadas as variáveis de diâmetro, DM, DCV e DPS (FIGURA 16).

Referente ao plantio de dispersão da ACP (FIGURA 16), é possível observar que as coletas no SC, 5, 7 e 8 e para o ST a coleta 3 apresentaram melhor qualidade de muda, quando analisado todas as variáveis juntas. Já as coletas realizadas em SC 1, 2, e 3 apresentaram os maiores valores de diâmetro (FIGURA 16). O maior diâmetro nas primeiras coletas do SC deve-se a menor produção de brotações e competição entre as mesmas, favorecendo o seu crescimento.

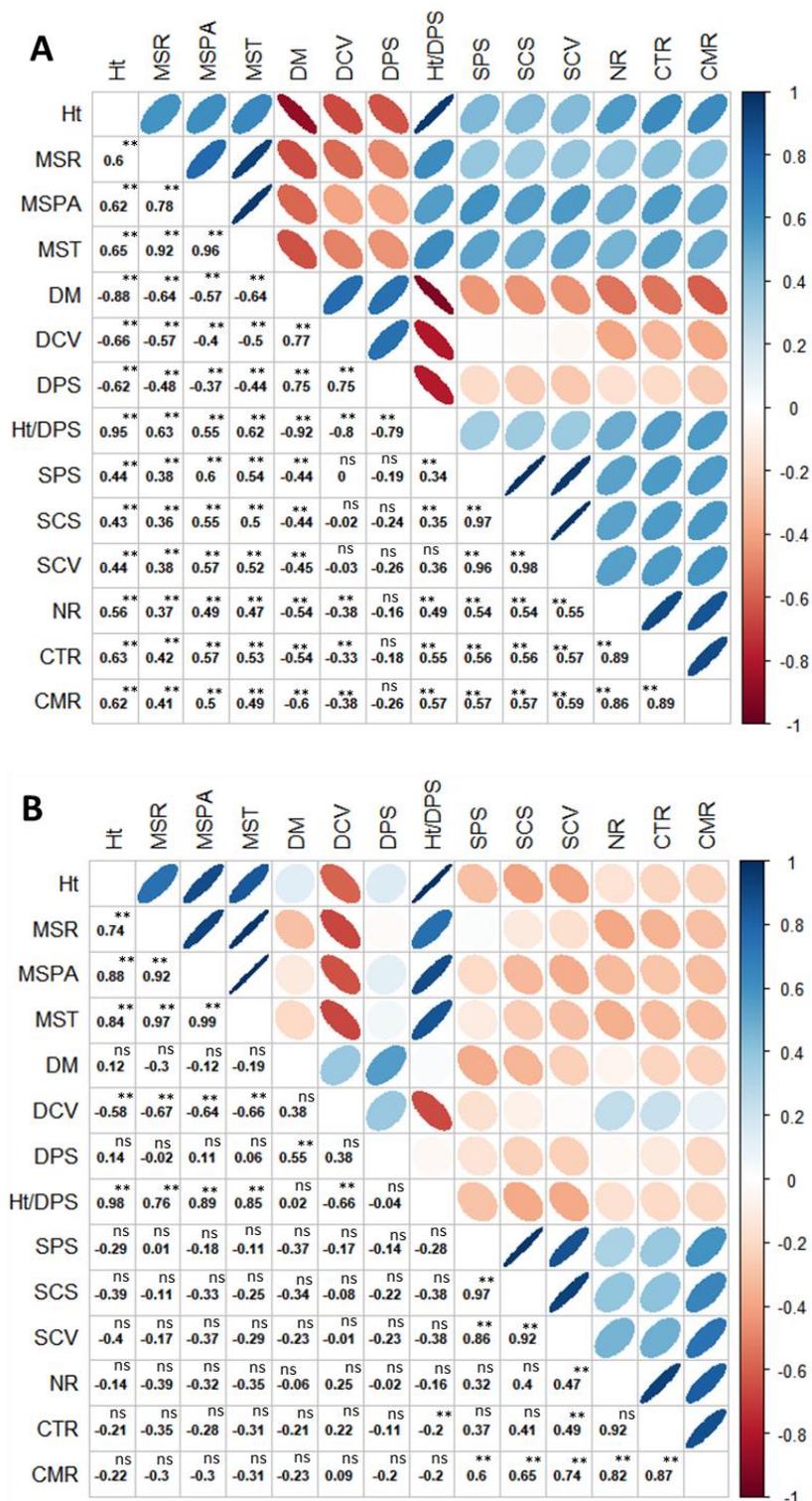


FIGURA 16 MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS DE VIGOR RADICAL (CTR, CMR, NR) SOBREVIVÊNCIA (SCV, SCS, SPS), CRESCIMENTO EM DIÂMETRO (DM, DCV, DPS) E QUALIDADE DA MUDA (HT, MSR, MSPA, MST, IQD, HT/DPS) AO LONGO DAS SUCESSIVAS COLETAS EM MINIJARDIM (A) CANALETÃO E (B) TUBETE. \*\* VALOR SIGNIFICATIVO PELO TESTE F ( $P < 0,01$ ), \* ( $P < 0,05$ ), ns NÃO SIGNIFICATIVO.

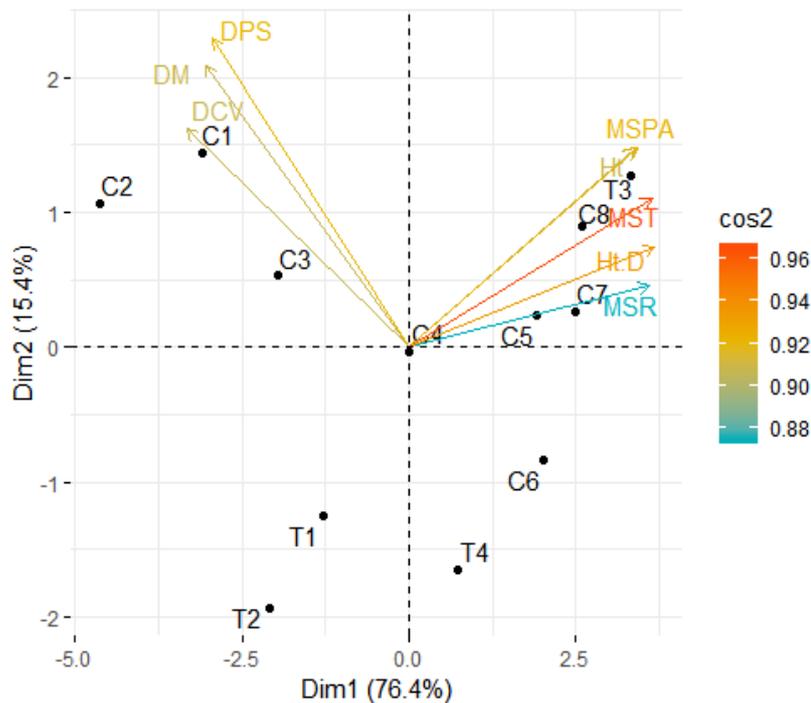


FIGURA 17 - ACP A PARTIR DO PLANO DE DISPERSÃO DAS COLETAS NO SISTEMA CANALETÃO (C1; C2; C3; C4; C5; C6; C7 E C8) E TUBETE (T1, T2, T3 E T4) SOBRE A ALTURA (HT); MASSA SECA RADICIAL (MSR), AEREA (MSPA) E TOTAL (MST), DIAMETRO DA MINIESTACA (DM), DIAMETRO SAIDA CASA DE VEGETAÇÃO (DCV), DIAMETRO SAIDA PLENO SOL (DPS) E RELAÇÃO ALTURA E DIAMETRO NA SAIDA A PLENO SOL(HT/DPS), NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARIM E COLETAS SUCESSIVAS.

Após as avaliações anteriores de sobrevivência em CV, CS e PS, vigor radicial mais a qualidade da muda a pleno sol, é possível fazer inferências sobre qual sistema de minijardim mostra-se com melhor capacidade de produzir mudas com adequado padrão de qualidade. Neste sentido, juntou-se todas essas variáveis para identificar os grupos formados a partir da influência de todos os quesitos avaliados ao mesmo tempo (FIGURA 17).

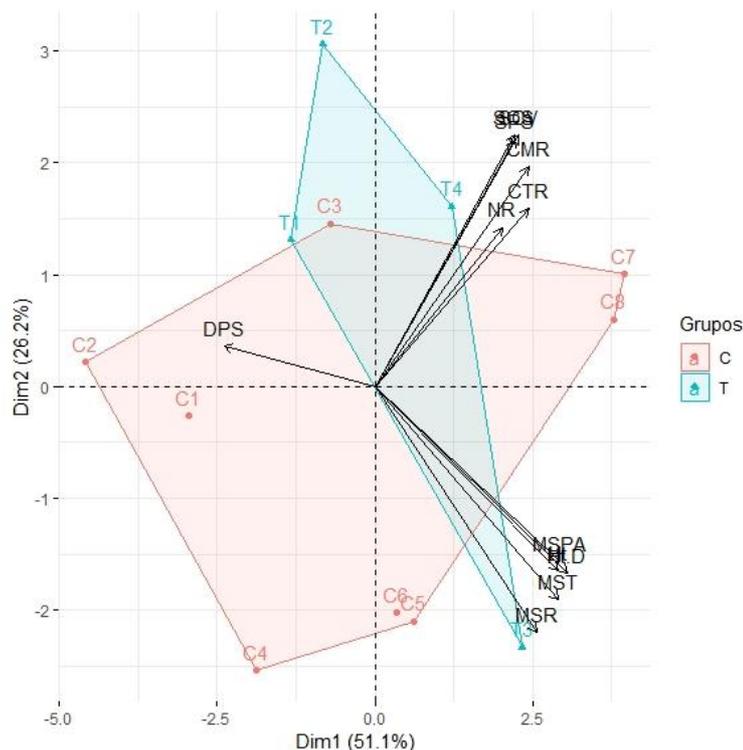


FIGURA 18 - PLANO DE POLIGONO E DISPERSÃO DE PONTOS DOS GRUPOS DE DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM FORMADOS A PARTIR DAS VARIÁVEIS DE SOBREVIVÊNCIA (SCV, SCS, SPS), VIGOR RADICIAL (NR, CTR, CMR), QUALIDADE DA MUDA (HT, HT/DPS, MSR, MSPA, MST) E DIÂMETROS (DCV, DPS) EM *Tectona grandis* linn f. GRUPO C: MINIJARDIM CANALETÃO, GRUPO T: MINIJARDIM TUBETE.

É possível identificar a formação de dois grupos bastante distintos, sendo as sucessivas coletas agrupadas de acordo com cada minijardim (grupo C: minijardim canaletão e grupo T: minijardim tubete), confirmando a diferença de qualidade da muda em ambos os minijardins. Analisando todos esses parâmetros ao mesmo tempo, a melhor qualidade da muda foi em sistema canaletão, especificamente as coletas 7 e 8, apresentando um bom equilíbrio entre as variáveis do sistema radicial, sobrevivência, altura, diâmetro e massa seca.

A fim de comparar os valores da análise multivariada com a univariada foi realizada análise de variância, a qual houve diferença significativa ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ) entre as coletas quanto a qualidade da muda e os diâmetros nos dois sistemas de minijardim (TABELA 9).

TABELA 9 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS DE ALTURA (Ht), DIAMETRO DA MINIESTACA (DM), DIAMETRO CASA DE VEGETAÇÃO (DCV), DIAMETRO A PLENO SOL (DPS), RELAÇÃO ALTURA/DIAMETRO A PLENO SOL (Ht/DPS), MASSA SECA RADICIAL (MSR), AEREA (MSPA) E TOTAL (MST) DE *Tectona grandis* Linn f.

Minijardim	Causa da Variação	GL	Quadrados Médios							
			Ht <sup>(1)</sup>	DM <sup>(2)</sup>	DCV	DPS	Ht/ DPS	MSR (3)	MSPA (3)	MST (3)
			cm	mm			-	g		
Canaletão	Coleta	7	29,61*	0,03**	3,22**	3,48**	4,86**	0,005**	0,006**	0,01**
	Resíduo	32	1,21	0,001	0,09	0,07	0,11	0,001	0,001	0,002
	Média	-	6,79	3,03	3,04	3,43	2,17	3,17	3,94	7,12
	CV <sub>exp</sub> (%)	-	16,23	8,31	10,06	7,88	15,69	17,97	18,08	17,36
Tubete	Coleta	3	0,24*	0,51 <sup>ns</sup>	0,32*	0,36*	5,56**	7,44**	19,62*	50,36**
	Resíduo	16	0,002	0,05	0,02	0,05	0,04	0,49	0,49	1,59
	Média	-	5,50	2,45	2,59	2,94	1,86	3,04	3,78	6,82
	CV <sub>exp</sub> (%)	-	7,81	9,11	5,97	7,54	10,73	21,39	18,48	18,51

\* valor significativo pelo teste F ( $p < 0,05$ ); \*\* valor significativo pelo teste F ( $p < 0,01$ ); GL = graus de liberdade, CV<sub>exp.</sub> = coeficiente de variação. (1) Dados do minijardim tubete transformados por  $\log n$ , onde  $n$  = dado amostral. (2) Dados do minijardim canaletão transformados por  $\log n$ , (3) por  $\sqrt{n/100}$ , onde  $n$  = dado amostral.

De maneira geral, a qualidade das mudas de *T. grandis*, oriundas do sistema canaletão apresentou superioridade ao sistema tubete (TABELA 9). Maiores valores para as mudas provenientes do SC, deve-se ao melhor vigor radicial que as mesmas apresentaram neste sistema de minijardim, garantindo um melhor desenvolvimento às raízes secundárias, as quais são responsáveis pela maior absorção de água e nutrientes e conseqüentemente melhor incremento nas variáveis de qualidade, conforme comprovado na correlação de Pearson.

Referente a cada coleta, o SC destacou-se para a qualidade da muda nas coletas 5, 7 e 8, já o ST somente a coleta 3 apresentou melhores resultados. Em ambos os sistemas de minijardim as primeiras coletas obtiveram menores valores (TABELA 10). Esses resultados corroboram com o encontrado na análise de componentes principais.

TABELA 10 – ALTURA (Ht), DIAMETRO DA MINIESTACA (DM), DIAMETRO CASA DE VEGETAÇÃO (DCV), DIAMETRO A PLENO SOL (DPS), RELAÇÃO ALTURA/DIAMETRO A PLENO SOL (Ht/DPS), MASSA SECA RADICIAL (MSR), AEREA (MSPA) E TOTAL (MST) EM *Tectona grandis* Linn f., PRODUZIDAS NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM E COLETAS SUCESSIVAS.

Minijardim	Coletas	Ht	DM	DCV	DPS	Ht / DPS	MSR	MSPA	MST
		cm	mm			-	g		
Canaletão	1	3,56 d	3,83 ab	3,93 ab	3,97 b	0,90 d	2,40 bc	3,47 ab	5,87 ab
	2	3,11 d	3,95 a	4,33 a	5,18 a	0,61 d	1,42 c	1,81 b	3,25 b
	3	6,53 c	3,09 c	3,65 b	3,62 bc	1,82 c	1,86 bc	2,99 ab	4,85 ab
	4	6,82 c	3,19 bc	2,73 c	3,03 de	2,24 bc	3,19 abc	3,50 ab	6,70 ab
	5	7,77 bc	2,83 cd	2,27 c	2,99 de	2,62 ab	4,01 ab	5,16 a	9,17 a
	6	7,38 bc	2,55 d	2,29 c	2,54 e	2,90 ab	4,57 a	3,54 ab	8,10 a
	7	9,13 ab	2,40 d	2,54 c	2,90 de	3,15 a	3,92 abc	5,35 a	9,27 a
	8	10,06 a	2,46 d	2,60 c	3,21 cd	3,14 a	4,04 a	5,71 a	9,75 a
Tubete	1	3,32 c	2,43 a	2,75 a	3,22 a	1,04 c	2,66 bc	2,99 bc	5,66 bc
	2	3,73 bc	2,50 a	2,86 a	2,95 ab	1,27 c	1,57 c	1,85 c	3,42 c
	3	10,34 a	2,56 a	2,35 b	3,05 a	3,38 a	4,45 a	6,51 a	10,96 a
	4	4,61 b	2,33 a	2,39 b	2,58 b	1,79 b	3,46 ab	3,80 b	7,26 b

Médias seguidas da mesma não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade

Silva *et al.*, (2016) para *Toona ciliata* também encontraram diferença significativa na qualidade de muda a pleno sol para as variáveis Ht, DPS, MSPA, MSR e Ht/DPS ao decorrer das sucessivas coletas, destacando a superioridade do SC versus ST. Esses autores obtiveram menores valores de diâmetro e altura para as primeiras coletas e maior valor de Ht/DPS, indicando um desequilíbrio no crescimento o que pode indicar estiolamento nas mudas. Xavier *et al.*, (2003) para *Cedrela fissilis* Vell. em minijardim de vasos, também encontraram variação na altura e diâmetro a pleno sol no decorrer de três coletas sucessivas, sendo atribuído tal fato a condições climáticas na época de cada coleta. Já Cunha *et al.*, (2008) para *Erythrina falcata*, encontraram para as variáveis altura e diâmetro na última coleta no SC, maiores resultados quando comparado ao ST.

A razão Ht /DPS exprime o equilíbrio de crescimento da muda, relacionando a altura com o diâmetro, sendo valores próximos a 1 a taxa ideal de equilíbrio do crescimento entre a razão altura e diâmetro, vale ressaltar que estes valores dependem da espécie. Como é o caso de *Pinus taeda* L., sendo recomendado valores entre 5,4 a 8,1 de Ht/DPS (CARNEIRO, 1995). Neste estudo as mudas de *T. grandis* em ambos os sistemas de minijardim, não se encontravam estioladas, visto o bom desenvolvimento em diâmetro em relação à altura, apresentando valores de 2,17 para SC e 1,86 para ST (TABELA 9). Silva *et al.*, (2016) também encontraram valores mais elevados para a razão Ht /DPS, 3,31 para SC e 3,22 para ST, indicando bom equilíbrio nas mudas provenientes de ambos os minijardins.

Já a produção de matéria seca, Silva *et al.*, (2012) encontraram melhores resultados ao final da produção em mudas provenientes do SC. Os mesmos resultados podem-se verificar para *T. grandis*, onde a massa seca foi maior em SC com 3,17 g (MSR); 3,94 g (MSPA) e 7,12 g (MST) (TABELA 9). Esses resultados indicam um menor ciclo de produção para mudas vindas do SC, estando prontas para campo mais rápido que o ST. Além de apresentaram melhor resistência as condições adversas do campo em decorrência da melhor qualidade, promovendo melhor sobrevivência e menor gastos com replantios (GOMES *et al.*, 2002)

Para *T. grandis* alguns estudos apontam que a qualidade da muda também depende do material genético (BADILLA *et al.*, 2016; BADILLA *et al.*, 2017). Entretanto ainda não existem critérios bem definidos para distinguir uma boa qualidade da muda desta espécie, necessitando de mais estudos.

## 5.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA

Para a análise de correlação canônica, foi gerado cargas canônicas que determinam a importância (maior valor) de cada variável dentro do conjunto de dados (TABELA 11).

TABELA 11 – ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA ENTRE OS GRUPOS AVALIADOS.

Grupo	Variáveis	R <sup>2</sup> Canônico
1	Qualidade da muda	0,46
	Sobrevivência das mudas	0,17
2	Vigor Radicial	0,55
	Sobrevivência das mudas	0,25
3	Qualidade da muda	0,32
	Vigor Radicial	0,5

A variabilidade das variáveis do grupo 1, qualidade da muda (x) explicam 46 % da variabilidade da sobrevivência das mudas (y) ( $R^2_{x|y} = 0,46$ ), enquanto que a inversa é fraca ( $R^2_{y|x} = 0,17$ ), ou seja, mudas com maior qualidade garantem melhor sobrevivência.

Já o grupo 2, as variáveis do vigor radicial (y) explicam 55 % da variabilidade da sobrevivência (x) ( $R^2_{y|x} = 0,55$ ), enquanto que a inversa é fraca ( $R^2_{x|y} = 0,25$ ), ou seja, mudas com melhor vigor radicial garantem uma melhor sobrevivência. Como constatado por Dias *et al.* (2015) em estacas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke, tratadas com diferentes contrações de AIB, encontraram maior sobrevivência em casa de vegetação em mudas que apresentaram melhor vigor radicial e Mantovani *et al.* (2017) em miniestacas de *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub, encontraram 100 % de sobrevivência em estacas enraizadas.

E o grupo 3, qualidade da muda (x) com vigor radicial (y), a variabilidade das variáveis do vigor explica 50 % da variabilidade da qualidade da muda ( $R^2 y | x = 0,50$ ), enquanto que a inversa é fraca ( $R^2 x | y = 0,32$ ), logo o vigor radicial influencia na qualidade da muda. Como encontrado por Silva *et al.* (2016) em estacas de *Toona ciliata*; a melhor qualidade de muda foi proveniente de mudas com maior número e comprimento total de raízes, e conforme visto neste presente trabalho, onde mudas do SC geraram mudas de melhor vigor radicial e conseqüentemente melhor qualidade da muda.

Logo conclui-se que o vigor do sistema radicial é fundamental para o bom desenvolvimento da muda, bem como sua maior sobrevivência em ambos os minijardins.

### 5.3 EXPERIMENTO 2: ANATOMIA DE MINIESTACAS E TEMPO DE ENRAIZAMENTO PRODUZIDAS EM DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM

#### 5.3.1 Análise anatômica em diferentes tempos após estaqueamento

Com relação as análises anatômicas da base das miniestacas, podem-se verificar a partir do tempo 0 dias em ambos os sistemas de minijardim uma camada de epiderme unisseriada, córtex parenquimático (Co) e medula parenquimática (MP) (FIGURA 19 A e B). O tecido de ambos os sistemas de minijardim encontra-se em crescimento secundário devido a presença de xilema e floema secundário situados na região do cambium fascicular (Ca), sendo que somente em SC ainda é nítido o floema primário, dando indícios de ser um tecido mais jovem.

O sistema vascular da espécie *T. grandis* é do tipo eustelo, sendo em minijardim canaletão todo envolto por algumas camadas contínuas de fibras pericíclicas (Fi) (FIGURA 19 A), enquanto em minijardim tubete a região vascular também apresenta Fi, com várias interrupções ao longo da região vascular (setas acinzentadas) (FIGURA 19 B).

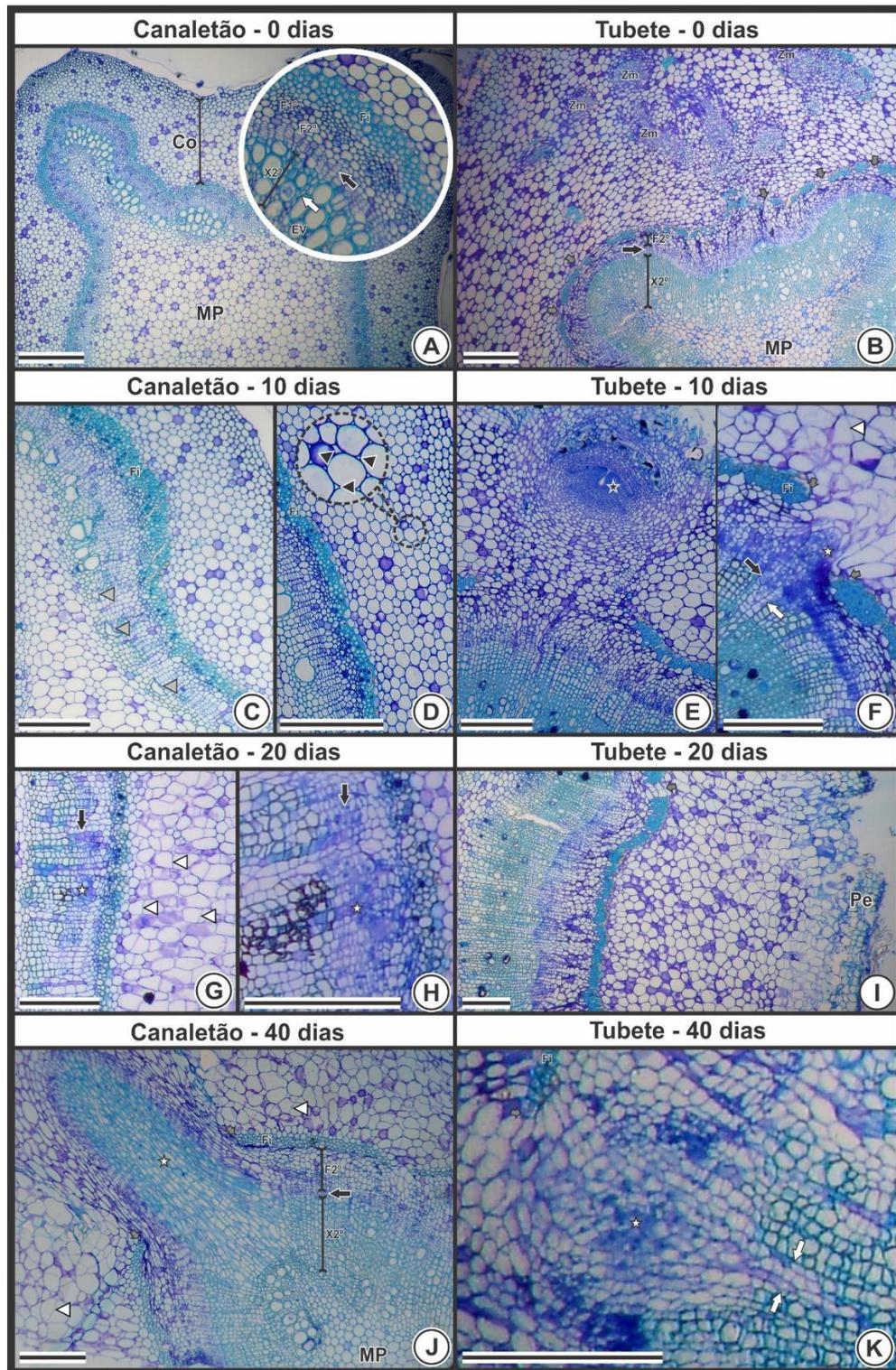


FIGURA 19 – SEÇÕES TRANSVERSAIS DA BASE DE MINIESTACAS CAULINARES DE *Tectona grandis* EM MINIJARDIM CANALETÃO NOS TEMPOS 0; 10; 20; 30 E 40 DIAS (A, C, D, G, H, J) E EM MINIJARDIM TUBETE (B, E, F, I, K) RESPECTIVAMENTE. CÓRTEX PARENQUIMÁTICO (Co), MEDULA PARENQUIMÁTICA (MP), FLOEMA PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO (F1, F2), XILEMA PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO (X1, X2), FIBRAS (Fi), ELEMENTO DE VASO (EV), ZONA MERISTEMÁTICA (Zn) E PERIDERME (Pe). BARRA 200  $\mu$ m

As fibras quando contínuas, podem ser consideradas barreiras anatômicas dificultando ou bloqueando a emergência do primórdio radicial, uma vez que a capacidade de enraizamento das estacas é inversamente proporcional à continuidade da barreira esclerenquimática que se forma no caule de algumas espécies (ONO e RODRIGUES, 1996), entretanto fibras descontínuas como no ST, fornecem sustentação e proteção, não atuando como barreira anatômica para emergência de raízes (JESUS *et al.*, 2010). Esta mesma condição encontrada em SC, foi verificada em *Maytenus ilicifolia* (LIMA *et al.*, 2011), cujas fibras pericíclicas se arranjam na forma de anel no córtex do caule e possivelmente dificultaram o enraizamento das estacas. Husen e Pal (2006), em estacas de *T. grandis* advindas de matrizes de diferentes idades (2 meses, 15 anos e 30 anos), também encontraram um sistema vascular do tipo eustelo envolto por um anel de fibras e aumento de volume do xilema e floema secundário nas miniestacas de acordo com a idade da planta matriz.

Em relação ao SC 10 dias após o estaqueamento, quase não houve avanço no crescimento secundário, porém na região interfascicular pode-se observar formação dos primeiros elementos de vasos do xilema secundário (setas cinzas) (FIGURA 19 C), as Fi continuam integras envolta da região vascular e o córtex permanece com formato isodiamétrico e com os meatos bem definidos (setas pretas) (FIGURA 19 D). Em contrapartida no minijardim em ST houve crescimento secundário mais pronunciado, sendo possível observar no córtex a formação de gemas adventícias (estrela preta) (FIGURA 19 E).

Segundo Hartmann *et al.* (2011), a formação de raízes adventícias pode ser de forma direta, pela diferenciação de células próximas ao sistema vascular, ou indireta, quando as células de divisão não orientada formam calos que permanecem assim por um período e depois, ao se dividirem de forma organizada, iniciam a raiz primária. Sendo assim para o ST pôde-se observar aos 10 dias de estaqueamento, na região do cambium vascular (seta preta) o início da diferenciação de uma raiz adventícia (estrela branca), na região adjacente ao raio parenquimático (seta branca) (FIGURA 19 F), configurando o enraizamento direto do minijardim em sistema tubete. As interrupções das camadas de Fi no ST

deram passagem para a raiz emergente (setas cinzas), ficando então o parênquima cortical com alteração em seu formato, com paredes mais delgadas e os meatos quase imperceptíveis (FIGURA 19 F).

Resultados similares foram obtidos por Zottele e Aoyama (2014) em estacas de *Justicia wasshauseniana* Profice (Acanthaceae) em que as raízes adventícias surgiam nas proximidades do câmbio vascular. Em *Coffea arabica* L. (JESUS *et al.*, 2010) verificaram que as raízes adventícias tiveram origem endógena e sua formação ocorreu nas proximidades da região cambial e não no tecido caloso.

Aos 20 e 30 dias após o estaqueamento o parênquima cortical em sistema canaletão já perde o formato isodiamétrico ficando as paredes mais delgadas e os meatos quase imperceptíveis (seta branca) (FIGURA 19 G). Esta alteração do parênquima cortical é um indicio do processo de iniciação da formação das raízes adventícias (estrela branca) na região do cambio vascular (seta preta), configurando neste sistema de minijardim também o enraizamento direto (FIGURA 19 G e H).

Pode-se afirmar a partir das imagens anatômicas, que o enraizamento de *T. grandis* se dá de forma direta, ou seja, da região do cambio vascular, entretanto para o minijardim em SC em decorrência da presença do anel de fibras pericíclicas envolta do sistema vascular do tipo eustelo; a emissão de raízes se deu somente no tempo de 20 dias após o estaqueamento. Outro fator que se pode evidenciar para a surgimento das raízes adventícias nesta espécie, é a necessidade um bom desenvolvimento do sistema vascular e raios vasculares antes do início dos primórdios radiciais, visto que em ST já se encontrava em crescimento secundário mais marcante desde o tempo 0, ao contrário do SC em que neste tempo 0 ainda existia indícios do floema primário. Conforme visto por Schwarz *et al.* (1999) em estacas de *Acacia baileyana* F. Muell, verificando desenvolvimento do sistema e raios vasculares precedentes a formação das raízes adventícias.

Já no minijardim em ST a alteração mais evidente foi a presença da periderme (Pe), o que evidencia um crescimento secundário do xilema e floema mais acentuado, já que ambos os meristemas laterais se encontram em atividade (FIGURA 19 I). A periderme é uma característica

comum em plantas com crescimento secundário, e funciona como proteção para as suas estruturas internas em condições de temperaturas extremas, tais como aquelas provocadas pela radiação solar (VIVEIROS e COSTA, 2006). Isso explica a maior sobrevivência nas miniestacas advindas do minijardim tubete, referente ao experimento 1 nas sucessivas coletas. Neste mesmo período (20 dias), ainda pode-se encontrar a presença da epiderme na base das miniestacas de *T. grandis* advindas do SC, provando ser um material mais herbáceo e apresentando maior juvenildade dos órgãos quando comparado ao ST. As miniestacas aos 30 dias após o estaqueamento, não apresentaram diferenças anatômicas do tempo 20 dias.

Aos 40 dias de estaqueamento (saída da casa de vegetação), pode-se observar em SC maior crescimento secundário na região interfascicular quando comparado ao tempo de 10 dia (seta preta) e rompimento do anel de fibras pericíclicas em algumas regiões (setas acinzentadas) (FIGURA 19 J). Este rompimento das Fi, pode ser reflexo tanto do crescimento em diâmetro provocado pela atividade do câmbio (com concomitante formação de xilema e floema secundários), como pelo aparecimento de regiões onde as células apresentaram-se mais volumosas (hipertrofiadas), sendo nesta região apresentada a raiz adventícia (estrela branca), mais desenvolvida quando comparada com os tempos antecedentes.

O parênquima cortical continua com seu formato não isodiamétrico, em decorrência da presença da raiz adventícia, tendo as paredes celulares mais delgadas e os meatos quase imperceptíveis (seta branca) (FIGURA 19 J).

Já em ST, nota-se a presença de zonas meristemáticas (Zn) reconhecidas principalmente pelo seus núcleos volumosos e citoplasma denso e a formação de outra raiz adventícia (estrela branca) na região adjacente do raio parenquimático (seta branca) (FIGURA 19 K), o qual de acordo com Hartmann *et al.* (2011) relataram que raízes adventícias em estacas de plantas com crescimento secundário, tem origem no floema, nos raios vasculares ou no câmbio. As Fi ainda se encontram presentes em formato descontínuo, facilitando a emissão das raízes (FIGURA 19 K).

A partir das análises anatômicas pode-se observar que o motivo do sistema tubete ter emitido as primeiras raízes foi em decorrência do rompimento precoce do anel de fibras, porém esta barreira não foi um empecilho para as miniestacas de *T. grandis* advindas do minijardim canaletão enraizarem e atingirem melhor qualidade em relação as miniestacas do ST, como comprova o experimento 1 ao longo de 8 meses de coletas. Outro fator que se identifica nas miniestacas do ST é a presença da periderme, explicando o fato da maior taxa de sobrevivência no experimento 1, enquanto as miniestacas do SC apresentavam tecidos ainda com registro da epiderme, ou seja, com órgãos mais rejuvenescidos.

### 5.3.2 Tempo de enraizamento

A partir da avaliação do sistema radicial ao longo do tempo, foi possível identificar detalhadamente a dinâmica de enraizamento em ambos os sistemas de minijardim, tanto no quesito em campo (porcentagem calogênica e enraizamento aos 40 dias, e o comportamento das raízes no quesito NR, CTR e CMR em cada período avaliado), como nas imagens anatômicas de cada tempo avaliado.

De acordo com a análise de variância houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) entre os minijardins, os tempos e a interação entre os fatores minijardim e tempo (TABELA 12).

TABELA 12 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS DE NUMERO DE RAIZES (NR), COMPRIMENTO TOTAL DE RAIZES (CTR), COMPRIMENTO DA MAIOR RAIZ (CMR) CALO E ENRAIZAMENTO AOS 40 DIAS (ENR 40) DE *Tectona grandis* Linn f. NOS SISTEMAS DE MINIJARDIM CANALETÃO E TUBETE.

Fonte da Variação	GL	Quadrados médios				
		NR <sup>(1)</sup> (muda <sup>-1</sup> )	CTR <sup>(1)</sup> cm	CMR <sup>(1)</sup> cm	Calo <sup>(2)</sup> %	ENR 40 %
Tempo	4	0,39**	1,11**	0,85**	0,31**	-
Resíduo tempo	15	0,01	0,2	0,01	0,04	-
Minijar.	1	0,23**	0,36**	0,22	0,07 <sup>ns</sup>	703,12 <sup>ns</sup>
Tempo x Minijar.	4	0,04*	0,09**	0,07	0,06 <sup>ns</sup>	-
Resíduo minijar.	15	0,01	0,01	0,01	0,03	286,46
CV <sub>exp</sub> tempo (%)	-	11,08	17,75	14,19	15,89	-
CV <sub>exp</sub> minijar. (%)	-	10,83	15,22	11,95	15,16	20,06

\* valor significativo pelo teste F ( $p < 0,05$ ); \* \*valor significativo pelo teste F ( $p < 0,01$ ); <sup>ns</sup> valor não significativo, GL = graus de liberdade, CV<sub>exp</sub> = coeficiente de variação, Minijar. = minijardim. (1) Dados transformados por  $n+0,5^{-0,3}$ . (2) Dados transformados por  $n+0,5^{0,1}$ , onde  $n$  = dado amostral em todas as formulas.

De modo geral, o ST apresentou valores de NR, CTR, CMR e enraizamento aos 40 dias maiores que o SC (TABELA 13). Entretanto deve-se ressaltar que estes resultados são referentes a uma única coleta, não podendo tirar conclusões sobre qual o melhor sistema radicial entre os minijardins e sim sobre o comportamento das raízes nas miniestacas vindas de cada minijardim. Como observado no experimento 1 na primeira coleta de ambos os sistemas de minijardim, se comparada isoladamente o ST apresentou melhores resultados de vigor radicial *versus* SC, porém estendendo as análises para as demais coletas nota-se respostas inversas.

Desta forma, a partir de 30 dias após o estaqueamento, ambos os sistemas de minijardim não apresentaram diferença significativa, ou seja, o comportamento das raízes, porcentagem calogênica se igualaram, e chegando ao final dos 40 dias após o estaqueamento com o mesmo enraizamento (TABELA 13).

TABELA 13 – VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS NR (NÚMERO DE RAÍZES), CTR (COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES), CMR (COMPRIMENTO DA MAIOR RAÍZ), CALO E ENR 40 (ENRAIZAMENTO AOS 40 DIAS) EM RELAÇÃO A INTERAÇÃO MINIJARDIM DENTRO DE CADA TEMPO (DIAS) EM MINIESTACAS DE *T. grandis* Linn f.

Tempo (dias)	Minijardim	NR (muda <sup>-1</sup> )	CTR	CMR	Calo	ENR 40
			cm			
0	Canaletão	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	-
	Tubete	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	-
10	Canaletão	0,00 a	0,00 a	0,00 a	43,75 a	-
	Tubete	1,00 b	1,59 b	0,93 b	50,00 a	-
20	Canaletão	0,19 a	0,95 a	0,95 a	50,00 a	-
	Tubete	1,87 b	11,50 b	6,60 b	18,75 a	-
30	Canaletão	2,00 a	17,45 a	8,62 a	25,00 a	-
	Tubete	2,62 a	21,93 a	8,20 a	25,00 a	-
40	Canaletão	2,44 a	21,78 a	8,78 a	25,00 a	75,00 a
	Tubete	3,50 a	31,68 a	10,53 a	6,25 a	93,75 a

Médias seguidas da mesma não diferem entre si pelo teste Tukey / Teste F, a 5 % de probabilidade

Exclusivamente para o SC, o surgimento das raízes deu-se após 20 dias de estaqueamento, apresentando maior lentidão na emissão de raízes em relação ao ST que apresentou raízes aos 10 dias (TABELA 14). Para a espécie de *Eucalyptus* spp, os primórdios radiciais também foram encontrados entre 10 e 20 dias, corroborando com o presente estudo (TITON *et al.*, 2002; FERREIRA *et al.*, 2004; MELO *et al.*, 2011 e FERNANDES *et al.*, 2018).

Contudo, o desenvolvimento radicial tardio em SC não atrapalhou as miniestacas neste sistema, sendo estatisticamente igual ao ST aos 30 e 40 dias após estaquiamento (TABELA 13). O fato do ST apresentar primeiro o sistema radicial, explica a maior sobrevivência em CV das miniestacas deste minijardim referente ao experimento 1, garantindo antecipadamente a captação de água e nutrientes para a planta, mantendo assim o vigor fisiológico dos tecidos e consequente sobrevivência.

TABELA 14 - VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS NR (NÚMERO DE RAÍZES), CTR (COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES), CMR (COMPRIMENTO DA MAIOR RAÍZ) E CALO EM RELAÇÃO A INTERAÇÃO TEMPO (DIAS) DENTRO DE CADA MINIJARDIM EM MINIESTACAS DE *T. grandis* Linn f.

Minijardim	Tempo (dias)	NR (muda <sup>-1</sup> )	CTR	CMR	Calo %
			cm		
Canaletão	0	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 b
	10	0,00 a	0,00 a	0,00 a	43,75 a
	20	0,19 a	0,95 a	0,95 a	50,00 a
	30	2,00 b	17,45 b	8,62 b	25,00ab
	40	2,44 b	21,78 b	8,78 b	25,00ab
Tubete	0	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 b
	10	1,00 b	1,59 b	0,93 b	50,00 a
	20	1,87 c	11,50 c	6,60 c	18,70ab
	30	2,62 c	21,93 c	8,20 c	25,00ab
	40	3,50 c	31,68 c	10,53 c	6,25 b

Médias seguidas da mesma não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade

Referente a porcentagem calogênica, nota-se que o SC apresentou maiores resultados até os 20 dias de estaqueamento em relação ao ST, 50 e 18,7 % (TABELA 14) respectivamente. Como já mencionado nas imagens anatômicas, as miniestacas vindas do minijardim canaletão até os 20 dias, apresentaram-se mais herbáceas e sem a presença de periderme, a qual ajuda no controle de temperatura dos tecidos vegetais. Sendo assim, estas miniestacas sofreram mais com a elevada temperatura e umidade relativa do ar por períodos prolongados, ocorrendo a degradação de auxinas na região basal do propágulo (RASMUSSEN *et al.*, 2009), efeito que pode prejudicar a indução da raiz adventícia e favorecer a formação de calo na região basal (BRONDANI, 2012), conforme pode-se verificar a formação do calo ocupando maior região basal das miniestacas em SC (FIGURA 20).



FIGURA 20 – FORMAÇÃO DE CALO AOS 20 DIAS APÓS O ESTAQUEAMENTO EM MINIJARDIM (A) CANALETÃO E (B) TUBETE.

As variáveis ligadas as raízes (NR, CTR e CMR) para o SC, estabilizaram seu crescimento aos 30 dias após o estaqueamento, enquanto para o ST seu estabelecimento deu-se aos 20 dias (TABELA 14). O estabelecimento das raízes do ST 10 dias antes do SC, deve-se ao fato que neste sistema o tecido vegetal das miniestacas já apresentavam crescimento secundário acentuado aos 20 dias, ao contrário do SC que somente aos 30 dias houve maior crescimento secundário.

A velocidade e dinâmica do enraizamento ainda são pouco conhecidas, entretanto, conhecer o comportamento dessas variáveis é de suma importância para entender todo o restante do processo de produção, seja para acurar o tempo de permanência em casa de vegetação ou no processo de qualidade da muda.

## 5 CONCLUSÕES

Ambos os minijardins apresentaram alta (acima de 94 %) sobrevivência das minicepas.

O minijardim em sistema canaletão apresenta maior produção de miniestacas, vigor radicial e qualidade da muda, sendo indicado como o melhor sistema de minijardim para produção de mudas de *T. grandis*.

As miniestacas do sistema canaletão são herbáceas, enquanto do minijardim tubete apresentam-se mais lignificadas e com crescimento secundário mais acentuado.

Em ambos os sistemas de minijardim, o enraizamento é diretamente do cambio vascular, há presença de fibras as quais não atuam como barreira anatômica para o enraizamento de *T. grandis*.

O minijardim em sistema tubete apresenta emissão radicial primeiro, entretanto a partir de 30 dias após o estaqueamento, o sistema radicial e enraizamento aos 40 dias de ambos os minijardins se encontram semelhantes em seu desenvolvimento.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A.C. *et al.* **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2009, p.500.

ALMEIDA, F. D., 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**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.

ALVARES CA, STAPE JL, SENTELHAS PC, GONÇALVES JLM, SPAROVEK G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol.** n: 22, p:711–728, 2013

ASSIS, T. F.; NETO, A. G. F.; ALFENAS, A. C. **Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwood with emphasis on *Eucalyptus***. (Ed.). New Delhi: Research Signpost, 2004. p. 303-333.

BADILLA, Y.; XAVIER, A.; MURILLO, O.; PAIVA, H. N. Iba efficiency on mini-cutting rooting from teak (*Tectona grandis* linn f.) Clones. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.40, n.3, p.477-485, 2016.

BADILLA, Y.; XAVIER, A.; GAMBOA, O. M. Storage time effect on mini-cuttings rooting in *Tectona grandis* Linn f. clones. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 41, n. 3, 2017.

BRONDANI, G. E. **Aspectos morfofisiológicos na clonagem de *Eucalyptus benthamii***. 2012. 184 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. - SP

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (I) Sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.22, n.1, p.11-21, 2012.

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

CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage em sistema de hidroponia e em tubete. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n.3, p. 307-310. 2005

CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JUNIOR, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.1, p. 85-92, 2008.

CUNHA, A. C. M. C. M. PAIVA, H. N.; BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P. Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 591-599, 2009.

DIAS, J. P. T.; TAKATA, W. H. S.; KEIKO TAKAHASHI, K.; ONO, E. O. Propagação de figueira com estacas de diferentes diâmetros. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 7, n.1, pág. 52, 2013.

DIAS, ATAÍDE, G. M.; ALOISIO, X.; OLIVEIRA, L. S.; PAIVA, H. N. Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. **Cerne**, Lavras - MG v. 21 n. 3, 379-386, 2015.

FAO. 2015. **Global teak trade in the aftermath of Myanmar's log export ban** by Kollert, W. & Walotek, P.J. Planted Forests and Trees Working Paper FP/49/E. Rome, Italy (available at <http://www.fao.org/forestry/plantedforests/67508@170537/en/>)

FERNANDES, D. A.; MARTINEZ, D. T.; COSTA, R. B. Sacarose e ácido indolbutírico no enraizamento de *Tectona grandis* L.f. **Revista de Agricultura**, v.90, n.1, p. 87 - 99, 2015.

FERNANDES, S. J. O.; SANTANA, R. C.; SILVA, E. B.; SOUZA, C. M. P.; SILVA, C. T. Minicuttings rooting time of eucalyptus from minigardens managed with different water irrigation levels. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v.28 n.2, 2018.

FERREIRA, E. M.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; LEITE, H. G.; ROBERT CARDOSO SARTORIO, R. C.; PENCHEL FILHO, R. M. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa - MG v.28, n.2, 2004.

FERREIRA, R. Q. S.; CAMARGO, M. O.; SOUZA JUNIOR, M. R.; SOUZA, P. B.; OLIVEIRA, L. M. Choque térmico na superação da dormência de diásporos de *Tectona grandis* L. f. **Scientia Plena**, Tocantins, v. 12, n. 03, 2016.

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-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**, Colombo, v. 31, n. 67, p. 257-264, 2011.

GATTI, K. C. **Propagação vegetativa de pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Schum.), jequitibá (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) e teca (*Tectona grandis* Linn. F.) por miniestaquia**. 2002. 83 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

GAZEL FILHO, A. B. et al. Produção de Biomassa em Quatro Procedências de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby no Estádio de Muda. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 1047-1049, 2007.

GEISS, G.; GUTIERREZ, L.; BELLINI, C. Adventitious root formation: new insights and perspectives. **Annual plant reviews: root development**. New York: John Wiley & Sons, v. 37. p. 127-156, 2009.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 1 ed. 2º reimpressão. Viçosa: UFV, p. 116, 2013. (Série didática).

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 8 Ed. 2011. p. 915.

HIGASHI, E. N., SILVEIRA, R. L. V. de A., GONÇALVES, A. N. **Nutrição e Adubação em minijardim clonal hidropônico de Eucalyptus**. Circular Técnica IPEF, Piracicaba-SP, n. 194, 22 p, 2002.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. A. Fertirrigação em viveiros de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: BOARETTO, A. E.; VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, W. F. PARRA, L. R. V. (Eds.). **Fertirrigação: teoria e prática**. Piracicaba, SP: Os Autores, 2004. v. 1. p. 677-725.

HUSEN, A. Rejuvenation and Adventitious Rooting in Coppice-Shoot Cuttings of *Tectona grandis* as Affected by Stock-Plant Etiolation. **American Journal of Plant Sciences**, Ethiopia, v. 2, p. 370-374, 2011.

HUSEN, A. PAL, M. Variation in shoot anatomy and rooting behaviour of stem cuttings in relation to age of donor plants in teak (*Tectona grandis* Linn. f.). **New Forests**, v: 31 p. 57–73, 2006.

HUSEN, A. PAL, M. Effect of branch position and auxin treatment on clonal propagation of *Tectona grandis* Linn. f. University of Gondar, Ethiopia. **New Forests** v. 34 p. 223–233. 2007a.

HUSEN, A. PAL, M. Metabolic changes during adventitious root primordium development in *Tectona grandis* Linn. f. (teak) cuttings as affected by age of donor plants and auxin (IBA and NAA) treatment. **New Forests**, v. 33 p. 309–323, 2007b.

IBA. **Indústria brasileira de árvores**. s.l, p. 80, 2017.

ITTO. **Tropical Timber Market**. v. 23, n. 1, 01-15 janeiro. Yokohama, Japan. 2019.

JESUS A. M S.; CARVALHO, S. P.; CASTRO, E.M.; GOMES, C. N. Observações anatômicas em plantas de *Coffea arabica* L. obtidas por enraizamento de estacas. **Revista Ceres**, Viçosa – MG, v.57, n.2, 2010.

KOLLERT, W.; KLEINE, M. **The Global Teak Study - Analysis, Evaluation and Future Potential of Teak Resources**. Austria, 2017, 107 p.

LELES, P. S. S. et al. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em tubetes de diferentes dimensões. **Floresta e Ambiente**, v.13, n.1, p.69-78, 2006.

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**, Botucatu – SP, v. 13, n. 4, p. 422-438, 2011.

MANTOVANI, N.; ROVEDA, M.; TRES, L.; FORTES, F. O.; GRANDO, M. F. Cultivation of canafistula (*Peltophorum dubium*) in mini-clonal hedge and propagation by mini-cuttings. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v. 27, n. 1, p. 225-236, 2017.

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

MARCHESE, J.A.; PISSAIA, E.; BOCHESE, V.C.C.; CAMBRUZZI, E.; COLUSSI, G.; HART, V.; MAGIERO, E.C. Estacas de diferentes diâmetros na propagação de *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. – Verbenaceae. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu - SP, v.12, n.4, p.506-509, 2010.

MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; VENDRÚSCOLO, D. G. S.; F SILVA, F. T. Análise silvicultural e econômica de plantios clonais e seminais de *Tectona grandis* L.f. em sistema taungya. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.893-903, 2015.

MELO, L. A.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N.; BORGES, S. R. Otimização do tempo necessário para o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.4, p.759-767, 2011.

MEZA, A. R.; RODRIGUEZ, J.; GATTI, K. C; ESPINOZA, E. E. Propagación de arboles de teca *Tectona Grandis* L. f. por miniestacas. **Temas Agrarios**, v. 20, n. 2, p. 43 – 48, 2015.

NEUBERT, V. F.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N.; DIAS, P. C.; GALLO, R. Production of mini-cuttings and the influence of leaf reduction on rooting of vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 4, 2017.

OLIVEIRA, T. P. F.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; CARNEIRO, J. G. A.; OLIVEIRA, M. A. Productivity of polyclonal minigarden and rooting of *Handroanthus heptaphyllus* Mattos minicuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina - PR, v. 36, n. 4, p. 2423-2432, 2015.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal, Funep. 1996. 83p.

PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. 1 ed. 2<sup>o</sup> reimpressão. Viçosa: UFV, p. 52, 2013. (Série didática).

PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 3rd ed. Burlington: Academic Press, 2008. 464 p.

PANDEY, D.; BROWN, C. **Teak: a global overview**. Unasyuva, v. 51, n. 201, p. 3-13, 2000.

PARK, Y.; BONGA, J. M.; MOON H. Vegetative Propagation of Forest Trees. In: GOH, D., MONTEUUIS, O. **Teak**. National Institute of Forest Science (NIFoS), Seoul, Korea, p 425-440. 2016.

PAULA, T. A.; GONÇALVES, A. N. Efeito do potássio na produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto na presença e ausência de AIB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Solo: alicerce dos sistemas de produção**. Botucatu: UNESP; Ribeirão Preto: SBCS, 2003.

PIRES, P.; WENDLING, I.; SOUZA, A. M.; COELHO, A. S. G. Climatic oscillations in the production of *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* shoots in mini-clonal hedge. **Bosque**. Valdivia, v: 38, n.3, p. 487 - 493, 2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna. 2019.

RASMUSSEN, A.; SMITH, T. E.; HUNT, M. A. Cellular stages of root formation, root system quality and survival of *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* cuttings in different temperature environments. **New Forests**, Dordrecht, v. 38, n. 3, p. 285-294, 2009.

ROSA, L. S.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; REISSMANN, C. B. Efeito da dose de nitrogênio e de formulações de substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1025-1035, 2009.

SCHWANBACH, J.; FADANELLI, C.; FETT-NETO, A. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v. 25, n. 4, p. 487-494, 2005.

SCHWARZ, J. L.; GLOCKE, P. L.; SEDGLEY, M. Adventitious root formation in *Acacia baileyana* F. Muell. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**. Australia, v. 74, n. 5, p. 561-565, 1999.

SILVA, M. P. S.; BARROSO, D. G.; SOUZA, J. S.; FERREIRA, D. A.; CARNEIRO, J. G. A. Enraizamento de miniestacas e produtividade de minicepas de cedro australiano manejadas em canaletões e tubetes. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v. 22, n. 4, p. 703-713, 2012.

SILVA, M. P. S.; BARROSO, D. G.; SOUZA, J. S.; FERREIRA, D. A.; OLIVEIRA, T. P. F.; LAMÔNICA, K. R.; MARINHO, C. V. Growth and quality of australian cedar saplings originated from different multiclonal minigarden systems. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina - PR, v 37, n. 3, p. 1127-1134, 2016.

SOUSA, C. M.; BUSQUET, R. N.; VASCONCELLOS, M. A. S.; MIRANDA, R. M. Efeitos da auxina e da nebulização no enraizamento de estacas herbáceas e lenhosas da figueira. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza – CE, vol.44 n.2 Fortaleza, 2013.

SOUZA, J. S.; BARROSO, D. G.; SILVA, M. P. S.; FERREIRA, D. A.; GRAVINA, G. A.; CARNEIRO, J. G. A. Produtividade de minicepas de cedro australiano e remoção de nutrientes pela coleta sucessiva de miniestacas. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v. 24, n. 1, p. 71-77, 2014.

SOUZA, J. S.; BARROSO, D. G.; SILVA, M. P. S.; FERREIRA, D. A. Produtividade de minicepas de cedro-australiano em função do teor inicial de nutrientes. **Revista Floresta**, Curitiba - PR, v. 45, n. 3, p. 617 – 624, 2015.

SOUZA JUNIOR, L. **Tipo de minijardim clonal e efeito do ácido indolbutírico na miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. (proteaceae)**. 2007, 77f. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.

SOUZA JUNIOR, L.; MARGUERITE QUOIRIN, M.; WENDLING, I. Miniestaquia de *Grevillea robusta* a. Cunn. a partir de propágulos juvenis. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v. 18, n. 4, p. 455-460, 2008.

TRUEMAN, S. J., MCMAHON, V. T.; BRISTOW, M. Production of cuttings in response to stock plant temperature in the subtropical eucalypts, *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus dunnii*. **New Forests**, v. 44, n. 02, p. 265-279, 2013a.

TRUEMAN, S. J., MCMAHON, V. T.; BRISTOW, M. Production of *Eucalyptus cloeziana* cuttings in response to stock plant temperature. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 25, n. 1, p. 60-69, 2013b.

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. A. Dinâmica do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.665-673, 2002.

TITON, M., XAVIER, A., REIS, G. G., OTONI, W. C. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v.27, n.5, p.619-625, 2003.

VALVERDE, Y. B. **Clonagem de *Tectona grandis* Linn F. por estaquia e miniestaquia**. 2014. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

VIVEIROS, S. C.; COSTA, C. G. Periderme. In: APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2006. p. 237-262.

XAVIER, A.; DOS SANTOS, G.A.; WENDLING, I.; DE OLIVEIRA, M. L. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.2, p.139-143, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura Clonal: Princípios e Técnicas**. 2 ed. Viçosa: UFV, p 279. 2013.

ZEM, L. M.; WEISER, A. H.; RIBAS, K. C. Z.; RADOMSKI, M. I. Estaquia caulinar herbácea e semilenhosa de *Drimys brasiliensis*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza – CE. v. 46, n. 2, p. 396-403, 2015.

ZOTTELE, L.; AOYAMA, E. M. Morfoanatomia e enraizamento de estacas caulinares de *Justicia wasshauseniana* Profice (Acanthaceae). **Natureza online**. v. 12, n. 4, p.179-184. 2014.

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 Forests**, Dordrecht, v.46, p. 107-120. 2015.

WENDLING, I.; FERRARI, M.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de corticeira-domato (*Erythrina falcata* Benth) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis**. Colombo: Embrapa Florestas. p.130. 2005 (Comunicado Técnico).

WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil. In: CONGRESSO SUL – AMERICANO DA ERVA-MATE, 3, 2003. Chapecó. Anais...Chapecó: Epagri, 2003.

## 7 APÊNDICE

APÊNDICE A - TEMPERATURAS MÉDIAS DO AR (AGOSTO /2017 – MARÇO/2018) NA ESTUFA DE POLIETILENO COM O MINIJARDIM DE *Tectona grandis* EM SISTEMA DE CANALETÃO

Mês	Semana	Coleta	Temperatura (°C ± $\sigma$ )		
			Tmáx	Tméd	Tmín
Agosto	1		31,8± 3,4	30,2± 2,2	28,6± 2,8
	2		37,2± 6,5	34,0± 4,5	30,9± 6,6
	3		35,1± 2,1	32,0± 4,4	28,9± 3,3
	4		35,1 ± 3,7	34,0± 1,5	33,0± 4,7
Setembro	1	1°	38,6± 1,8	37,2± 2,0	35,8± 2,0
	2		36,9± 3,2	35,8± 1,5	34,7± 4,1
	3		35,7± 3,5	34,5± 1,7	33,3± 3,7
	4	2°	34,7± 3,8	32,9± 2,5	31,1± 3,7
Outubro	1		34,0± 2,8	32,4± 2,3	30,7± 5,2
	2		35,6± 4,4	34,0± 2,2	32,4± 3,9
	3		37,4± 2,2	36,1± 1,9	34,7± 2,4
	4	3°	35,4± 2,2	34,3± 1,5	33,3± 2,6
Novembro	1		36,3± 2,8	34,7± 2,3	33,0± 2,8
	2	4°	35,9± 1,6	34,0± 2,6	32,1± 1,6
	3		35,7± 2,1	34,7± 1,4	33,7± 2,1
	4		34,4± 4,4	33,1± 1,8	31,8± 4,3
Dezembro	1	5°	42,1± 2,7	39,6± 3,5	37,1± 4,0
	2		41,4± 2,8	39,0± 3,4	36,7± 4,0
	3	6°	38,0± 3,5	36,1± 2,7	34,2± 2,3
	4		35,6± 4,4	32,2± 4,8	28,9± 3,1
Janeiro	1		34,3± 2,4	33,1± 1,8	31,8± 2,2
	2		32,2± 2,8	31,6± 0,9	30,9± 2,5
	3		35,7± 2,8	34,6± 1,6	33,4± 2,7
	4		37,4± 2,2	36,1± 1,8	34,8± 2,5
Fevereiro	1	7°	35,0± 2,0	32,3± 3,9	29,5± 3,8
	2		38,5± 2,7	35,9± 3,7	33,3± 1,5
	3		42,3± 3,0	39,5 ±4,0	36,7± 2,3
	4		39,3± 4,2	36,2± 4,3	33,2± 4,1
Março	1	8°	42,1± 2,6	39,8± 3,2	37,5± 4,0
	2		40,8± 3,2	38,5± 3,3	36,1± 3,6
	3		38,8± 4,0	36,4± 3,4	34,0± 2,0
	4		34,5± 3,3	31,2± 4,7	27,8± 1,3

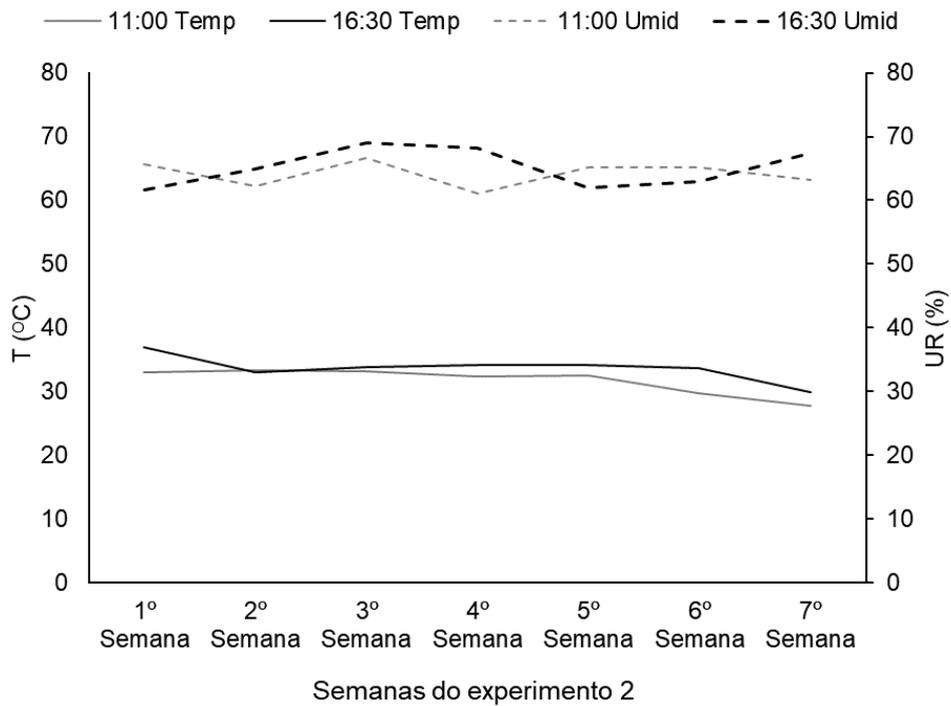
Tmáx - média das temperaturas máximas da semana, Tméd - média das temperaturas médias, Tmín - média das temperaturas mínimas da semana.  $\sigma$  - desvio padrão em relação ao valor médio.

APÊNDICE B - TEMPERATURAS MÉDIAS DO AR (AGOSTO /2017 – MARÇO/2018) NA ESTUFA DE POLIETILENO COM O MINIJARDIM DE *Tectona grandis* EM SISTEMA DE TUBETE.

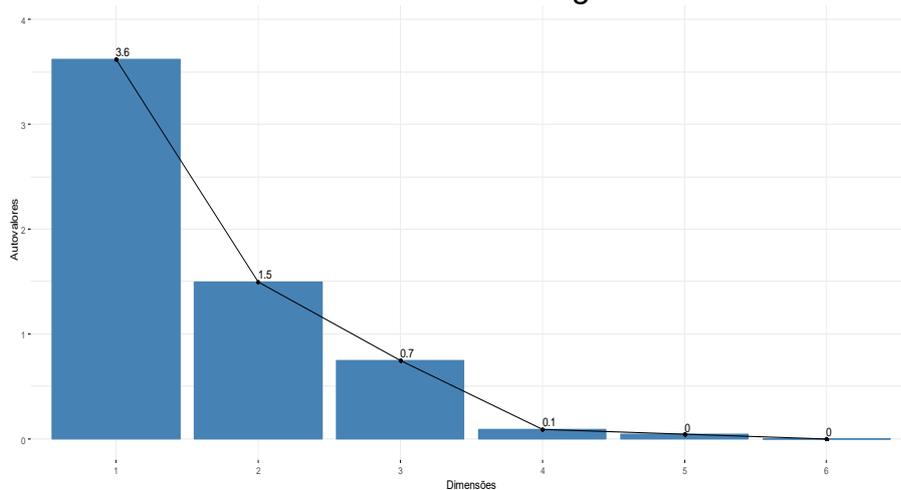
Mês	Semana	Coleta	Temperatura (°C ± σ)		
			Tmáx	Tméd	Tmín
Agosto	1		30,6± 2,3	28,7± 2,7	26,8± 1,4
	2		35,2± 3,6	34,5± 1,1	33,7± 2,2
	3		33,5± 2,6	33,1± 0,6	32,6± 1,9
	4		34,2± 2,3	33,4± 1,2	32,6± 2,9
Setembro	1	1 <sup>o</sup>	35,0± 1,6	34,6± 0,6	34,1± 2,2
	2		34,3± 1,3	34,2± 0,1	34,1± 1,1
	3		36,9± 4,0	35,6± 1,9	34,2± 4,7
	4		36,7± 1,0	33,9 ±40	31,1± 2,7
Outubro	1		33,9± 2,9	32,1± 2,6	30,2± 3,8
	2		36,6± 5,3	34,0± 3,7	31,4± 3,2
	3		37,4± 2,2	35,8± 2,4	34,1± 2,9
	4	2 <sup>o</sup>	34,0± 2,7	33,0± 1,4	32,0± 3,2
Novembro	1		37,1± 2,6	34,8± 3,1	32,6± 3,1
	2		36,3± 2,0	34,8± 2,1	33,3± 2,5
	3		36,9± 2,0	34,8± 3,0	32,7± 2,0
	4		36,5± 3,8	34,2± 3,2	32,0± 3,6
Dezembro	1	3 <sup>o</sup>	35,3± 3,3	33,8± 2,2	32,2± 3,0
	2		37,9± 6,9	35,4± 3,5	32,9± 4,7
	3		35,5± 3,4	33,3± 3,1	31,1± 4,1
	4		37,3± 2,6	36,1± 1,7	34,9± 3,2
Janeiro	1		37,1± 3,0	35,3± 2,5	33,6± 5,2
	2		40,4± 4,8	36,5± 5,5	32,6± 4,6
	3		39,4± 5,0	35,1± 6,1	30,8± 2,5
	4		36,1± 2,6	34,1± 2,9	32,0± 5,5
Fevereiro	1	4 <sup>o</sup>	32,0± 4,8	30,7± 1,9	29,4± 3,4
	2		35,5± 2,6	32,9± 3,7	30,3± 4,0
	3		37,5± 1,8	34,7± 3,9	31,9± 1,7
	4		34,4± 1,7	32,4± 2,9	30,3± 2,9
Março	1		38,3± 3,0	36,3± 2,7	34,4± 2,7
	2		37,2± 1,8	36,2± 1,4	35,3± 2,3
	3		36,5± 2,6	34,7± 2,6	32,8± 1,4
	4		33,3± 3,9	30,6± 3,8	27,9± 1,5

Tmáx - média das temperaturas máximas da semana, Tméd - média das temperaturas médias, Tmín - média das temperaturas mínimas da semana. σ - desvio padrão em relação ao valor médio.

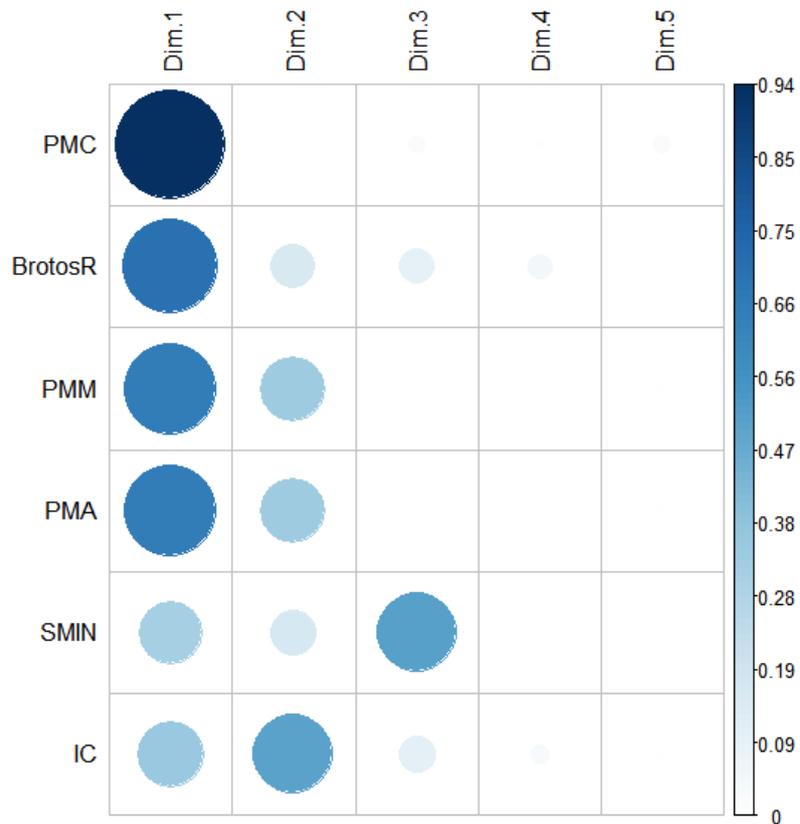
APÊNDICE C - TEMPERATURAS MÉDIAS DO AR (ABRIL A MAIO /2018)  
 NA ESTUFA DE POLIETILENO EM MINIESTACAS DE *Tectona grandis*.



APÊNDICE D – SCREE PLOT DOS AUTOVALORES DE  
 PRODUTIVIDADE E SOBREVIVENCIA DE MINICEPA PARA  
 DETERMINAR O NUMÉRO DE COMPONENTES PRINCIPAIS NOS DOIS  
 SISTEMAS DE MINIJARDIM PARA *Tectona grandis*.



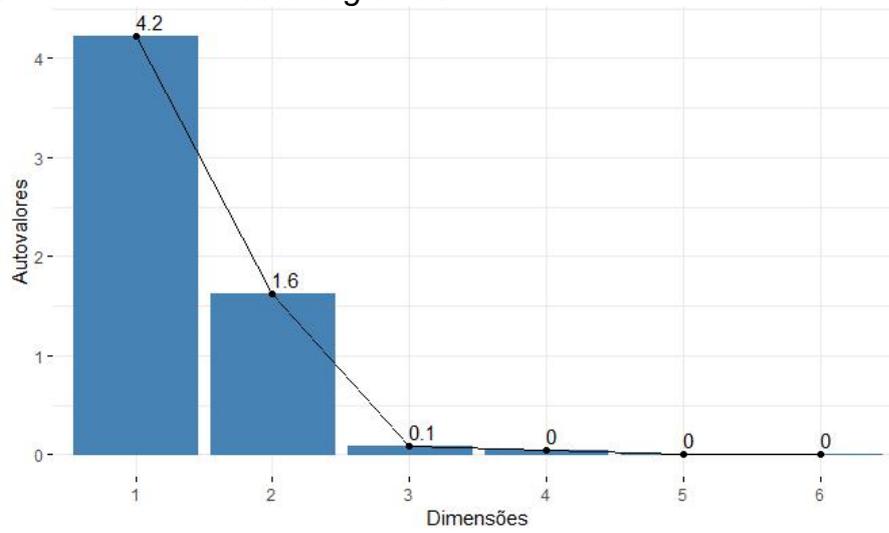
APÊNDICE E - RESUMO DA REPRESENTATIVIDADE DA PRODUÇÃO DE MINIESTACA POR MINICEPA (PMC); BROTOS REMANESCENTES (BROTOSR); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO<sup>2</sup> AO MÊS (PMM); PRODUÇÃO DE MINIESTACAS POR METRO<sup>2</sup> AO ANO (PMA), SOBREVIVÊNCIA DE MINICEPA (SMIN) E INTERVALO DE COLETA (IC) DENTRO DE CADA COMPONENTE PRINCIPAL (DIM), NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM AO LONGO DE SEIS MESES DE COLETAS SUCESSIVAS.



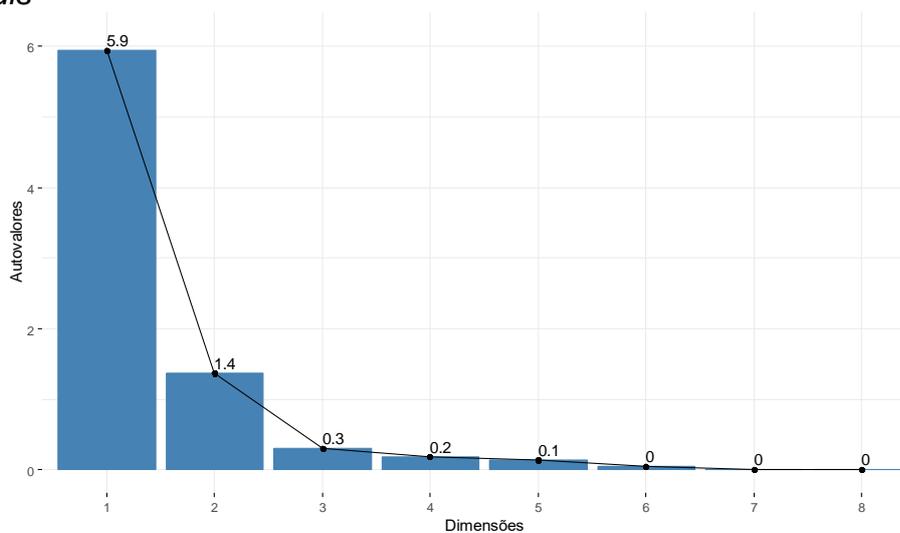
APÊNDICE F – PORCENTAGEM DA QUANTIDADE DE MINICEPAS EM RELAÇÃO A PRODUÇÃO DE MINIESTACAS AO LONGO DE SEIS MESES DE COLETA E DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM EM *Tectona grandis*.

Coletas	Quantidade de minicepas								BrotosR										
	Canaletão				Tubete				Canaletão				Tubete						
	Miniestacas (%)				Miniestacas (%)				BrotosR (%)				BrotosR (%)						
	0	1	2	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4
1	66,6	33,3	0	0	64,7	34,0	1,3	0	1,3	32,7	48	14	3,3	0,7	4,0	36,0	40,7	18,7	0,7
2	69,3	29,3	1,3	0	54,7	44,7	0,7	0	10,0	40,0	31,3	16,0	2,7	0	30,0	40,0	26,7	3,3	0
3	29,3	67,3	3,3	0	47,3	45,9	6,8	0	40,0	35,3	22,7	2,0	0	0	21,6	37,2	30,4	10,1	0,7
4	22,0	70,0	8,0	0	25,3	65,1	8,9	0,7	14,0	44,7	28,0	12,0	0,7	0,7	46,6	36,3	12,3	4,8	0
5	38,7	58,0	3,3	0	-	-	-	-	25,3	42,0	26,7	6,0	0	0	-	-	-	-	-
6	65,3	32,0	2,0	0,7	-	-	-	-	14,7	37,3	36,7	9,3	1,3	0,7	-	-	-	-	-
7	20,8	68,8	10,4	0	-	-	-	-	38,9	43,1	13,2	2,1	2,1	0,7	-	-	-	-	-
8	27,5	64,8	7,7	0	-	-	-	-	22,5	40,8	26,1	8,5	2,1	0	-	-	-	-	-
Total (%)	42,7	52,8	4,5	0,1	48,1	47,3	4,4	0,2	20,7	39,5	29,2	8,8	1,5	0,3	25,4	37,4	27,6	9,3	0,3

APÊNDICE G - SCREE PLOT DOS AUTOVALORES DE SOBREVIVENCIA E VIGOR RADICAL PARA DETERMINAR O NUMÉRO DE COMPONENTES PRINCIPAIS NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM PARA *Tectona grandis*.



APÊNDICE H - SCREE PLOT DOS AUTOVALORES DE QUALIDADE DA MUDA PARA DETERMINAR O NUMÉRO DE COMPONENTES PRINCIPAIS NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARDIM PARA *Tectona grandis*



APÊNDICE I - RESUMO DA REPRESENTATIVIDADE DA ALTURA (HT); MASSA SECA RADICAL (MSR), AEREA (MSPA) E TOTAL (MST), DIAMETRO DA MINIESTACA (DM), DIAMETRO SAIDA CASA DE VEGETAÇÃO (DCV), DIAMETRO SAIDA PLENO SOL (DPS), CRESCIMENTO EM DIAMETRO (CD), RELAÇÃO ALTURA E DIAMETRO NA SAIDA A PLENO SOL (HT/DPS) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD), NOS DOIS SISTEMAS DE MINIJARIM E COLETAS SUCESSIVAS.

