



**MARIA ANGÉLICA DI CARVALHO**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DO MINIJARDIM NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE TECA (*Tectona grandis*  
Linn F.) E OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE ENRAIZAMENTO**

**LAVRAS – MG**

**2023**

**MARIA ANGÉLICA DI CARVALHO**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DO MINIJARDIM NA PRODUÇÃO DE MUDAS  
CLONAIS DE TECA (*Tectona grandis* Linn F.) E OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE  
ENRAIZAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria  
Orientador

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo  
Coorientador

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

**LAVRAS – MG**

**2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Di Carvalho, Maria Angélica.

Influência do manejo do minijardim na produção de mudas  
clonais de teca (*Tectona grandis* Linn f.) e otimização do tempo de  
enraizamento / Maria Angélica Di Carvalho. - 2023.

78 p. : il.

Orientador(a): José Marcio Rocha Faria.

Coorientador(a): Lucas Amaral de Melo, Édila Cristina de  
Souza.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Miniestaquia. 2. Clonagem. 3. Produtividade. I. Rocha Faria,  
José Marcio. II. de Melo, Lucas Amaral. III. de Souza, Édila  
Cristina. IV. Título.

**MARIA ANGÉLICA DI CARVALHO**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DO MINIJARDIM NA PRODUÇÃO DE MUDAS  
CLONAIAS DE TECA (*Tectona grandis* Linn f.) E OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE  
ENRAIZAMENTO  
INFLUENCE OF MINI GARDEN MANAGEMENT ON THE PRODUCTION OF  
CLONAL TEAK SEEDLINGS (*Tectona grandis* Linn F.) AND OPTIMIZATION OF  
ROOTING TIME**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Florestal, área de  
concentração em Ciências Florestais, para obtenção  
do título de Doutor.

APROVADA em 27 de outubro de 2023.

Dr. José Marcio Rocha Faria	UFLA
Dr. Lucas Amaral de Melo	UFLA
Dr <sup>a</sup> Édila Cristina de Souza	UFMT
Dr. Anderson Cleiton José	UFLA
Dr. Rodolfo Sorares de Almeida	UFV

Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria  
Orientador  
Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo  
Coorientador  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Édila Cristina de Souza  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2023**

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. Esse ano em especial passamos por um desafio muito grande em nossas vidas, e você me mostrou sua força interior me ensinando a manter a calma e o equilíbrio quando tudo parece perdido. Você é minha joia rara, tudo que tenho de mais precioso nesse mundo 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

Ao meu orientador José Marcio, por estar sempre disposto a me ajudar, sendo solícito e prestativo. Obrigada por confiar em meu trabalho e me apoiar em infinitas ideias de projetos que tivemos ao longo desses anos durante a pandemia, nunca colocando empecilhos, mesmo que não fosse de sua linha de pesquisa.

Ao meu coorientador Lucas Amaral, por aceitar fazer parte dessa orientação, mesmo com seu pouco tempo disponível. Obrigada por toda ajuda dispensada a mim durante a condução dos experimentos, me atendendo fora do seu horário de expediente, sempre com muita paciência e dedicação.

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.

A todos os professores que compôs a minha banca de defesa do doutorado, muito obrigada por todas as contribuições.

Ao Laboratório de Sementes Florestais–UFLA, que durante o ano no qual frequentei, sempre fui muito bem recebida pelo professor Anderson e a técnica Olívia, me

dando todo o suporte necessário. Obrigada também aos colegas do laboratório, que deixavam o ambiente mais leve e divertido, principalmente nas horas do café.

A todos os professores da Pós-Graduação em Engenharia Florestal–UFLA que de alguma forma contribuíram para meu engrandecimento profissional no decorrer desses anos.

A empresa florestal que rodei essa pesquisa e toda sua equipe do viveiro, sempre de portas abertas para nos receber, incentivando e dando todo suporte necessário para a realização da pesquisa.

Ao mestre, engenheiro florestal e amigo Joamir, por todos os ensinamentos desde minha graduação, e a confiar em meu trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa em minha reta final do doutorado e a UFLA por todo suporte necessário durante meus estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), por meio do projeto PPM 00145-17.

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

## RESUMO

*Tectona grandis* Lin F. é uma espécie de grande interesse econômico, visto seu elevado valor comercial e qualidade madeireira. Seu processo silvicultural desde o melhoramento genético, produção de mudas até a colheita madeireira, tem sido objeto de estudo por parte de muitos pesquisadores, a fim de compreender as particularidades dessa espécie. Neste contexto, este trabalho visa aperfeiçoar a técnica da propagação vegetativa dessa espécie, abordando as principais características do minijardim que influenciam na produção de mudas dessa espécie e a otimização da casa de vegetação. Para tanto foram avaliadas diferentes características do minijardim, produção de brotos ao longo do ano, otimização da casa de vegetação, desempenho produtivo e de enraizamento de cada material genético, além da qualificação técnica dos colaboradores do viveiro florestal. Os trabalhos foram realizados em um viveiro florestal na região de Mato Grosso, contando com oito clones comerciais e quatro clones destinados a pesquisa da empresa. Para análises dos dados foi utilizada a técnica multivariada para avaliar as características do minijardim e a produção de miniestacas ao longo do ano e a técnica univariada para a otimização da casa de vegetação de acordo com a época do ano e material genético. De forma geral, dentro dos parâmetros avaliados e condições de manejo adotado, conclui-se que o manejo do minijardim influencia na sobrevivência da muda, os colaboradores têm padrões semelhantes de qualidade nos miniestaqueamentos e há diferença no comportamento produtivo e no tempo de enraizamento de acordo com o material genético e época do ano.

**Palavras-chave:** Miniestaquia. Clonagem. Produtividade. Rizogênese.

## ABSTRACT

*Tectona grandis* Lin F. is a species of great economic interest, given its high commercial value and timber quality. Its silvicultural process, from genetic improvement, seedling production to timber harvesting, has been the object of study by many researchers, to understand the particularities of this species. In this context, this work aims to improve the vegetative propagation technique of this species, addressing the main characteristics of the mini garden that influence the production of seedlings of this species and the optimization of the greenhouse. To this end, different characteristics of the mini garden were evaluated, production of shoots throughout the year, optimization of the greenhouse, production and rooting performance of each genetic material, in addition to the technical qualifications of the forest nursery employees. The work was carried out in a forest nursery in the Mato Grosso region, with eight commercial clones and four clones intended for the company's research. For data analysis, the multivariate technique was used to evaluate the characteristics of the mini-garden and the production of mini-cuttings throughout the year and the univariate technique was used to optimize the greenhouse according to the time of year and genetic material. In general, within the evaluated parameters and management conditions adopted, it is concluded that the management of the mini-garden influences the survival of the seedling, the collaborators have similar quality standards in the mini-stakes and there is a difference in the productive behavior and rooting time according to with genetic material and time of year.

**Keywords:** Mini-cutting. Cloning. Productivity. Rhizogenic.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>10</b>
<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
2.1 <i>Tectona grandis</i> Linn. f.....	12
2.2 Miniestaquia em teca.....	14
2.3 Otimização do tempo de enraizamento de miniestacas.....	16
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INFLUÊNCIA DO MANEJO DO MINIJARDIM SOBRE A PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE TECA (<i>Tectona grandis</i> Linn F.).....</b>	<b>24</b>
1 <b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>26</b>
2. <b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
2.1 Caracterização da área de estudo e constituição do minijardim clonal.....	28
2.2 Coleta das brotações, preparo e manejo das miniestacas e mudas.....	30
2.3 Variáveis respostas .....	32
2.3.1 Colaboradores .....	32
2.3.2 Minijardim, produção de miniestacas e qualidade de coletas .....	32
2.4 Procedimentos estatísticos .....	33
3 <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
3.1 Influência do manejo do viveiro sobre a produção de mudas clonais de teca .....	34
3.2 Influência do colaborador e material genético para produção de mudas de teca .....	43
4 <b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO 2 – OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS CLONAIS DE TECA (<i>Tectona grandis</i> Linn F.).....</b>	<b>53</b>
1 <b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>55</b>
2 <b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>57</b>
2.1 Caracterização da área de estudo e constituição do minijardim clonal.....	57
2.2 Coleta das brotações, preparo e estaqueamento das miniestacas. ....	58
2.3 Avaliações experimentais e procedimentos estatísticos .....	60
3 <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>62</b>
4 <b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>79</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

*Tectona grandis* (Linn f.) popularmente conhecida como teca, é uma espécie florestal exótica que vem despontando no setor madeireiro nas últimas décadas. Seu estabelecimento no Brasil teve início no final da década de 60 na região Centro-Oeste, e desde então a área plantada no país está em ascensão, chegando em 2018 com cerca de 93 mil hectares, tornando-se o quarto gênero florestal mais plantado no Brasil (IBA, 2019), principalmente no estado do Mato Grosso (IBA, 2020).

Seu processo silvicultural desde o melhoramento genético até a colheita madeireira, tem sido objeto de estudo por parte de muitos pesquisadores, entretanto, gargalos em sua produção ainda necessitam ser explorados e solucionados, a começar pela produção das mudas. Sementes de teca apresentam germinação lenta e irregular devido à sua dormência (VIJAYALAKSHMI; JAMALUDHEEN, 2020), lançando-se mão da propagação assexuada, a qual garante a uniformidade da produção de mudas e conservação de genótipos superiores com a garantia das qualidades genotípicas de interesse.

Estudos para aumentar a eficiência da propagação vegetativa de teca especificamente pela técnica de miniestaquia são comumente encontrados na literatura (HUSEN, 2011; VALVERDE, 2014; BADILLA et al., 2017; DI CARVALHO, 2019; NA'EM; WIDIYATNO, 2020). Entretanto essa técnica pode ser afetada por diversos fatores que podem atuar isoladamente ou em conjunto, como o genótipo, as condições fisiológicas da planta matriz, a época e a posição de coleta, o grau de maturidade fisiológica das miniestacas, a presença de gemas e folhas e, os fatores ambientais como temperatura e umidade relativa no ambiente de enraizamento (HARTMANN et al., 2011).

Uma das grandes dificuldades para a produção em larga escala dessa espécie é a baixa produção de brotos pelas minicepas. Elas apresentam forte dominância apical, prejudicando o desenvolvimento de brotações basais e conseqüente diminuição na produtividade no viveiro. O número de brotos por minicepa em teca varia de 0,56 a 1,7 miniestaca/minicepa/mês, versus em média 6 miniestacas/minicepa/mês, a depender de outras espécies florestais (CUNHA et al., 2005; SOUZA JUNIOR, 2007; CUNHA et al., 2008; SILVA et al., 2012; MANTOVANI et al., 2017; JUSTINO et al., 2017). Concentrar as preocupações no minijardim pode ser um dos pontos chaves de sucesso da propagação da teca, não somente para aumentar a produção de brotos, como também para avaliar todos os outros aspectos da

produção, tendo em vista a melhor qualidade da muda e melhoria nas atividades do viveiro bem como o enraizamento da miniestaca.

Outro quesito que precisa ser aprimorado no processo de produção de mudas de teca, é o período necessário que as miniestacas precisam permanecer em casa de vegetação durante as variações climáticas ao longo do ano até seu completo enraizamento. Atualmente empresas produtoras de mudas de teca utilizam critérios baseados em outras espécies florestais, principalmente do gênero *Eucalyptus*, variando de 30 a 45 dias de permanência em casa de vegetação. Entretanto cada espécie tem suas particularidades e necessita ser estudada a fim de aprimorar sua produção de mudas e conseqüente redução de custos.

A permanência das miniestacas além do tempo necessário no ambiente de enraizamento pode aumentar a incidência de doenças, devido às altas umidades e temperaturas na casa de vegetação. Desta forma, otimizar as instalações do viveiro para a necessidade dessa espécie podem minimizar os custos, reduzindo o ciclo de produção de mudas, no consumo desnecessário de água, além de evitar a retirada prematura das miniestacas da casa de vegetação (MELO et al., 2011).

Diante de todas as dificuldades acima relatadas, essa espécie ainda carece de estudos mais detalhados, que abrangem pontos-chaves de problematização da produção de mudas nos viveiros florestais, além de conhecer as peculiaridades de produção e enraizamento de miniestacas ao longo do ano em diferentes genótipos. Desta forma, detectar situações-problema mais importantes pode economizar tempo e recursos financeiros dentro de um viveiro florestal.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Tectona grandis* Linn. f.

O gênero *Tectona* pertence à família botânica Lamiaceae, antiga Verbenaceae, sendo constituído por cinco espécies; *Tectona grandis* Linn f; *Tectona hamiltoniana* Wall.; *Tectona philippinensis* Benth. & Hook.; *Tectona ternifolia* Buch.-Ham. ex Wall.; e *Tectona theka* Lour (TROPICOS, 2020). A espécie teca é a que mais se destaca no mercado internacional madeireiro, devido à alta qualidade do fuste utilizada principalmente para usos nobres.

Popularmente conhecida como teca ou teak (em inglês), é uma espécie que apresenta bom desenvolvimento em regiões tropicais e subtropicais do mundo, tendo ocorrência natural em florestas caducifólias da Índia, Myanmar, norte da Tailândia e Laos. Passou a ser cultivada em três continentes, ficando os plantios concentrados na Ásia (83%), África Ocidental (11%) e América Tropical (Caribe, América do Sul e Central) (6%) (KOLLERT; KLEINE, 2017). No Brasil, os primeiros plantios comerciais de teca foram estabelecidos ao final da década de 60 no município de Cáceres – MT (TSUKAMOTO FILHO et al., 2003). De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBA), a teca vem apresentando um crescimento progressivo em área plantada no país, ficando atrás somente dos gêneros Eucalipto, Pinus e Acácia, atingindo em 2018 no Brasil cerca de 93 mil hectares, um aumento de 30% nos últimos oito anos (IBA, 2019).

É uma espécie pioneira, heliófila, caducifólia (com queda de folhas no período de menor precipitação pluviométrica), possui copa arredondada, folhas elípticas coriáceas 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 (PANDEY; BROWN, 2000; PELISSARI et al., 2014). Apresenta grande tolerância à variedade de climas, desenvolvendo-se melhor em condições tropicais moderadamente úmidas e quentes, onde a precipitação anual fica entre 1.250 mm e 3.750 mm, temperatura mínima de 13 °C e máxima de 43 °C, totalmente intolerante a geadas (DIAS et al., 2009).

Sua inflorescência é do tipo panícula, com 700 a 3.500 flores brancas e pequenas, das quais apenas 1 a 2% desenvolve frutos (PELISSARI et al., 2014). Floresce entre os meses de junho e setembro nas áreas de ocorrência natural (FIGUEIREDO et al., 2005;

UGALDE, 2013), e no Brasil a primeira floração ocorre a partir do segundo ano após o plantio, entre janeiro e fevereiro e os frutos aparecem ao final do período chuvoso apresentando queda gradual sobre o solo (dispersão barocórica) (CÁCERES FLORESTAL, 2006). Os frutos são tipo drupa subglobosa e tetralocular, contendo até quatro sementes por fruto, as quais são pequenas e oleaginosas, medindo aproximadamente 5 a 6 mm de comprimento (DIAS et al., 2009; PELISSARI, 2014). Os frutos são utilizados como unidade de dispersão (diásporo), sendo comercializados como sementes, com média de 1.471 frutos  $\text{kg}^{-1}$  (CALDEIRA et al., 2000). Vale ressaltar que a quantidade, tamanho dos frutos e número de sementes por fruto depende do material genético, procedência, clima e condições edafoclimáticas que os indivíduos estão submetidos (AKRAM; AFTAB, 2016).

A madeira de teca é moderadamente dura e pesada, com densidade de 0,47  $\text{g/cm}^3$  em madeira juvenil, podendo chegar até 0,82  $\text{g/cm}^3$  ao final da rotação (GARCIA et al., 2016; LEMOS et al., 2019). Apresenta características marcantes, principalmente na região do cerne onde está presente maior teor de extrativos, conferindo elevada resistência a organismos xilófagos, água, corrosão, além de apresentar boa estabilidade dimensional e fácil trabalhabilidade (FLÓREZ, 2012; GARCIA et al., 2016). A madeira é, geralmente, empregada para fins de mobiliário luxuosos, construção naval, elementos estruturais, pisos laminados, painéis e construção civil, enquanto madeiras mais juvenis (5 a 8 anos) são destinadas a uso com menor valor agregado, como geração de energia, peças de decoração de interiores e artesanato (SILVA et al., 2015; KOLLERT; KLEINE, 2017).

O cultivo desta espécie nos trópicos ainda carece de estudos, visto que seu desenvolvimento nas Américas central e sul é superior ao seu país de origem, dificultando comparações entre regimes de manejo e condutas silviculturais. Normalmente a densidade inicial nos plantios é mais adensada, realizando desbastes entre quatro e cinco anos de idade (PANDEY; BROWN, 2000). No entanto, estudos recentes apontam que espaçamentos maiores (4 x 2 m) com densidade de 1.250 árvores.  $\text{ha}^{-1}$  apresentam maiores médias de diâmetro e produção volumétrica (SILVA et al., 2016). A idade de rotação em plantios de teca em sua área natural é em torno de 70 anos (PANDEY; BROWN, 2000), enquanto em outras regiões sua rotação média é de 25 anos com produtividade de 150 a 230  $\text{m}^3/\text{ha}$  (ANGELI, 2003).

## 2.2 Miniestaquia em teca

Uma das grandes limitações na produção de mudas via seminal de teca é sua germinação lenta e irregular, ocasionada pela dormência da semente. O diásporo da teca é composto por um pericarpo impermeável a água e camada espessa de células paliçadas no endocarpo e mesocarpo, cobertas com uma cutícula cerosa (JIMÉNEZ, 2018). Essa formação do fruto foi um mecanismo desenvolvido pela espécie para atrasar a germinação, visto que sua dispersão no ambiente de origem (Índia e Laos) é em estação seca de climas de monções (KAOSA-ARD 1998).

A causa de sua dormência ainda não é bem definida, alguns autores sugerem dormência física, mecânica, química, embrionária e até mesmo combinada (SLATOR et al., 2013; DHAKA; JHA, 2017). São aplicados diversos métodos de superação de dormência, como: imersão do diásporo em água corrente, escarificação física e química, estratificação a quente e frio, armazenamento do diásporo por longo período, imersão em estrume e urina de vaca, imersão em água quente e logo em seguida secagem em altas temperaturas, entretanto a taxa média germinativa das sementes de teca é de 35%, mesmo após a aplicação dos tratamentos pré germinativos (ROCHA et al., 2011; AKRAM; AFTAB, 2016; SOARES et al., 2017; DHAKA; JHA, 2017; VIJAYALAKSHMI; JAMALUDHEEN, 2020; XAVIER et al., 2021). Outra dificuldade para a produção em larga escala de mudas seminais é a alta variabilidade genética entre regiões distintas afetando na porcentagem germinativa, em razão das diferentes adaptações às condições ambientes que foram produzidas (PAMEI et al., 2017), além de apresentar comportamento heterogêneo das mudas em campo.

Diante deste cenário, a propagação vegetativa surge como opção para a produção de mudas geneticamente superiores, em especial a técnica de miniestaquia. A propagação vegetativa, também conhecida como clonagem ou propagação assexuada, garante um crescimento inicial homogêneo em campo, favorecendo os tratamentos silviculturais, conservação das qualidades economicamente desejáveis dos indivíduos, além de poder ser aplicada em qualquer época do ano e em indivíduos que não produzem sementes férteis (PARK et al., 2016).

O processo produtivo da miniestaquia pode ser dividido em algumas etapas, sendo elas: produção e coleta de brotos em minijardim clonal ou seminal, seguido do enraizamento em casa de vegetação, aclimação das mudas em casa de sombra e por fim o crescimento e

rustificação em área a pleno sol (ALFENAS et al., 2009). 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 (ALFENAS et al., 2009).

A miniestaquia e estaquia para teca foram relatadas como uma técnica promissora por alguns autores, tendo como fatores de sucesso a concentração de ácido indolbutírico (AIB) para o enraizamento de miniestacas (FERNANDES et al., 2015; MEZA et al., 2015; BADILLA et al., 2016), idade da planta matriz/minicepa (HUSEN, 2011; HUSEN; PAL, 2006), tempo de armazenamento do propágulo (BADILLA et al., 2017), posição do ramo (apical, intermediário e basal) (HUSEN; PAL, 2007), produção de brotos ao longo do ano (GATTI, 2002; DI CARVALHO, 2019), sistemas de minijardim (CARVALHO, 2019), área foliar e espaçamento entre minicepas (VALVERDE, 2014).

Uma parte fundamental no processo de produção de mudas estaqueadas diz respeito ao minijardim, que é uma área destinada no viveiro para a produção dos propágulos vegetativos, os quais posteriormente serão coletadas e estaqueadas, sendo as minicepas responsáveis por essa produção. Para um bom suprimento de miniestacas no viveiro, as minicepas devem ter seu balanço nutricional adequado, controle fitossanitário, sistema radicial ativo e condições climáticas adequadas para cada espécie (HIGASHI et al., 2002; TITON et al., 2003).

O estabelecimento e o manejo do minijardim interferem diretamente no aporte nutricional e hídrico das minicepas, refletindo assim no número de brotos. Para teca, o melhor sistema de minijardim é em canaletões de areia, em hidroponia, com fertirrigação por gotejamento, visto que nesse sistema há menor restrição radicial das minicepas e maior quantidade de brotos por minicepa, sendo até 223% mais produtivo que minijardins mantidos em tubetes (DI CARVALHO, 2019). Assis e Reis (2023) apontam que o ambiente ideal para o minijardim de teca ainda deve apresentar altas temperatura e umidade, e menor intensidade luminosa (controlada por sombrite).

Entretanto minicepas de teca apresentam uma forte dominância apical, diminuindo a emissão de novas brotações basais e conseqüente redução da produtividade do minijardim (DI CARVALHO, 2019). Esse comportamento de minicepas também foi relatado para as espécies *Toona ciliata* e *Peltophorum dubium*, as quais apresentam emissões basais subdesenvolvidas ocasionando seu amarelecimento e senescência foliar, causando a morte do broto (SOUZA et al., 2009; MANTOVANI et al., 2017). Essa forte dominância apical relatada nestas espécies

pode estar relacionada à fatores endógenos como: diferentes concentrações nutricionais e aos desbalanceamento de substâncias reguladoras do crescimento, especialmente as auxinas e citocininas (CLINE, 1991).

O número médio mensal de brotos por minicepa em teca varia de 0,56 a 1,7 miniestaca/minicepa/mês, a depender do sistema de minijardim adotado (canaletões ou tubetes), material genético, origem seminal ou clonal das minicepas, idade, condições nutricionais, bem como as condições climáticas (GATTI, 2002; VALVERDE, 2014; DI CARVALHO, 2019). Minicepas de origem seminal geralmente produzem maior quantidade de brotos, em função do seu maior vigor fisiológico, como visto por Gatti (2002), nessa mesma espécie, encontrando média mensal de 1,7 miniestaca/minicepa/mês ao longo de seis coletas sucessivas em minijardim de origem seminal. Entretanto, na maioria dos trabalhos encontrados, a produção de brotos mensal fica abaixo de 1 broto por minicepa, ou seja, algumas matrizes do minijardim não produzem brotos constantemente ao longo das coletas (VALVERDE, 2014; DI CARVALHO, 2019).

A produtividade mensal das minicepas de outras espécies de interesse econômico, alocadas em diversos sistemas de minijardim, é maior quando comparada à produção de miniestacas de teca, como exemplo tem-se o *Eucalyptus benthamii*, *Grevillea robusta*, *Erythrina falcata*, *Toona ciliata*; *Peltophorum dubium* e *Myracrodruon urundeuva*, com produtividade média mensal de 8,1; 3,3; 3,5; 2,2; 3,4 e 2,3 miniestacas/minicepa/mês respectivamente, versus 0,6 miniestaca/minicepa/mês de teca a cada 30 dias de intervalo de coleta (CUNHA et al., 2005; SOUZA JUNIOR, 2007; CUNHA et al., 2008; SILVA et al., 2012; MANTOVANI et al., 2017; JUSTINO et al., 2017 e DI CARVALHO, 2019).

### **2.3 Otimização do tempo de enraizamento de miniestacas**

A técnica de propagação vegetativa, via miniestaquia, da espécie *T. grandis* ainda não está consolidada, sendo muitos passos dessa propagação adaptados de outras culturas, principalmente do gênero *Eucalyptus*. Entretanto, cada espécie tem suas particularidades e necessidades fisiológicas distintas, tornando necessário conhecer as individualidades de cada uma, a fim de garantir a máxima eficiência na utilização dos recursos financeiros e de tempo disponíveis.

Além das dificuldades de propagação já discutidas anteriormente para teca (baixa produção de miniestacas), ainda é desconhecido o tempo ótimo de permanência das miniestacas em casa de vegetação, sendo comumente utilizado entre as empresas produtoras de mudas de teca de 30 a 45 dias de permanência em casa de vegetação. Esse tempo pode variar de acordo com a época do ano e material genético.

A alta umidade e temperatura em casa de vegetação apresentam condições favoráveis para o aumento da incidência de pragas e doenças nas miniestacas, afetando a formação e o desenvolvimento do sistema radicial das mesmas. Desta forma, otimizar as instalações do viveiro a partir de ajustes de modelos que expressam o enraizamento das miniestacas a serem propagadas, podem minimizar os custos na produção, a partir da redução entre cada ciclo de produção de mudas, no consumo desnecessário de água, além de evitar a retirada prematura das miniestacas na casa de vegetação (MELO et al., 2011). Entretanto, a maioria das empresas florestais brasileiras ainda utilizam como critério de retirada das mudas da casa de vegetação a saída da raiz ao fundo do tubete, ocasionando uma superestimação do tempo de permanência na casa para indução da rizogênese (FERREIRA et al., 2004).

A capacidade de enraizamento pode variar de acordo com cada material genético, influenciando no tempo de permanência na casa de vegetação; como já foi observado em miniestacas de teca apresentando diferentes porcentagens de enraizamento entre clones. Badilla et al. (2016; 2017) encontraram em quatro clones de teca, variação significativa no enraizamento de 84 a 96%. Sawitri et al. (2020) em 10 clones de teca também encontraram grande amplitude de porcentagem de enraizamento entre clones, de 30 a 85%, afirmando que as características genotípicas afetam fortemente a eficiência da capacidade de enraizamento, além da qualidade do sistema radicular. No gênero *Eucalyptus* esse comportamento se repete, variando entre 17 a 90% a porcentagem de enraizamento em diferentes clones avaliados (WENDLING et al., 2000; MELO et al., 2011; BRONDANI et al., 2012), entretanto, além da variação na porcentagem de enraizamento entre clones, o tempo de permanência em casa de vegetação (velocidade do enraizamento) influencia no percentual de enraizamento e posterior sobrevivência na casa de sombra (FERREIRA et al., 2004).

Muitos autores vêm utilizando o método sugerido por Ferreira et al. (2004), para calcular o tempo ideal das mudas em casa de vegetação. Este valor pode ser calculado a partir da interceptação entre as curvas do incremento corrente diário (ICD) e o incremento médio diário (IMD) para as miniestacas enraizadas, semelhante ao que foi feito na área de biometria florestal, para determinar o tempo ideal de desbaste no talhão (FERREIRA et al., 2004).

Entretanto esse método possibilita determinar o tempo máximo de enraizamento sem levar em conta o tamanho das raízes, sendo necessário analisar qual período ocorreu o maior crescimento radicial e onde foi a interceptação do ICD e IMD para chegar a um tempo ótimo de enraizamento em casa de vegetação.

Melo et al. (2011) estudando cinco clones híbridos de *Eucalyptus grandis*, encontraram tempos ótimos para permanência de cada clone em casa de vegetação (entre 10 a 20 dias), utilizando a interceptação do ICD e IMD; os autores ainda observam que a otimização do tempo utilizando esse método proposto, aumenta em 11% a rotatividade das mudas em casa de vegetação. Já Brondani et al. (2012), utilizando a mesma metodologia proposta por Ferreira et al. (2004), encontraram que o tempo ótimo de permanência das mudas em casa de vegetação varia de 35 a 42 dias, a depender do clone de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* avaliado. Essa diferença no comportamento das raízes entre clones da mesma espécie, pode estar relacionada à temperatura do substrato, idade ontogenética do tecido vegetal, aplicação de reguladores de crescimento e diferentes lâminas de irrigação (CORRÊA; FETT-NETO, 2004; HUSEN; PAL, 2007; FERNANDES et al., 2018). Já Moraes et al. (2014) obtiveram 100% de enraizamento em estacas apicais de *Toona ciliata* aos cinco dias após o estaqueamento, entretanto vale ressaltar que as raízes ainda se encontravam em estágios iniciais de desenvolvimento, sendo necessário permanecer em casa de vegetação por mais um período para fortalecer o sistema radicial.

A procura pela otimização das áreas do viveiro, e o uso racional dos recursos disponíveis, vem demandando novas pesquisas especializadas nas espécies de interesse. A teca é uma espécie em expansão no mercado e ainda com alto custo de produção, demandando aprimoramento das pesquisas principalmente na área de produção de mudas, a fim de otimizar tempo e recursos financeiros.

## REFERÊNCIAS

- AKRAM, M.; AFTAB, F. Fruit size and sampling sites effect on dormancy, viability and germination of teak (*Tectona grandis* L.) seeds. **Pakistan Journal of Botany**, Pakistan, v. 48, n. 2, p. 511-518, 2016.
- ALFENAS, A.C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2009.
- ANGELI, A. Identificação de espécies florestais: *Tectona grandis* (Teca). Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. Disponível em <http://www.ipef.com.br>. Acesso em: 03 março de 2021.
- ASSIS, T. F. de; REIS, C. A. F. Produção de mudas clonais de teca por miniestaquia. In: ASSIS, T. F. de; REIS, C. A. F. **Teca (*Tectona grandis* L. f.) no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. cap. 8.
- BADILLA, Y. et al. Iba efficiency on mini-cutting rooting from teak (*Tectona grandis* Linn F.) Clones. **Revista Árvore**, Viçosa, 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. et al. Micropropagation of *Eucalyptus benthamii* to form a clonal micro-garden. **In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant**, v. 48, n.5, p. 478-487, 2012.
- CÁCERES FLORESTAL S/A. **Manual do cultivo da Teca**, Cáceres: Cáceres Florestal – Versão eletrônica atualizada em Jan/2006. Disponível em:<[http://www.caceresflorestal.com.br/Manual\\_do\\_cultivo\\_da\\_teca-Caceres\\_Florestal.pdf](http://www.caceresflorestal.com.br/Manual_do_cultivo_da_teca-Caceres_Florestal.pdf)> Acesso em: 10 de setembro de 2023.
- CALDEIRA, S. F. et al. Caracterização e avaliação da qualidade dos frutos de teca (*Tectona grandis* L.f.) produzidos no Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina – PR, v. 22, n. 1, p. 216–224, 2000.
- CLINE, M. G. Apical Dominance. **The Botanical Review**, New York, v. 57, n. 4, p. 318-358, 1991.
- CORRÊA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v. 29, n. 6, p. 315-324, 2004.
- 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.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubete. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n.3, p. 307-310. 2005.

DHAKA, R. K.; JHA, S. K. Evaluation of five teak (*Tectona grandis* L. F.) provenances for germination test to find out reasons of low germination. **International Journal of Pure and Applied Bioscience**, India, v. 5, n. 5, p. 1420-1426, 2017.

DI CARVALHO, M.A. **Produção de mudas clonais de *Tectona grandis* (Linn f.) em diferentes sistemas de minijardim**. 2019. 103p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

DIAS, J.R.M. et al. Quebra de dormência em diásporos de teca (*Tectona grandis* L.f.). **Acta Amazonica**, Manaus – AM, v. 39, n.3, p. 549-554, 2009.

FIGUEIREDO, E.O.; OLIVEIRA, L.C.de; BARBOSA, L.K.F. **Teca (*Tectona grandis* L.f.): Principais perguntas do futuro empreendedor florestal**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. 87p. (Embrapa Acre. Documento, 97).

FERNANDES, D. A.; MARTINEZ, D. T.; COSTA, R. B. Sacarose e ácido indolbutírico no enraizamento de *Tectona grandis* l.f. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, 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. et al. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.183-187, 2004.

FLÓREZ, J.B. **Caracterização tecnológica da madeira jovem de teca (*Tectona grandis* L.f.)**. 2012. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

GARCIA, R. A.; MARINONIO, G. B. Variação da Cor da Madeira de Teca em Função da Densidade e do Teor de Extrativos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 23, n. 1, p. 124-134, 2016.

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 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2002.

HARTMANN, H. T. et al. **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.

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. Effect of branch position and auxin treatment on clonal propagation of *Tectona grandis* Linn. f. **New Forests**, U.K., v. 34, p. 223–233. 2007.

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.

IBA. **Indústria brasileira de árvores**. s.l, p. 80, 2019

IBA. **Indústria brasileira de árvores**. s.l, p. 66, 2020

JIMÉNEZ TELLO, M. V. Propagación in vitro de *Tectona grandis* L. a partir de ápices de brotes axilares de plantas de origen epicórmico. 2018. Doutorado – Universidade Central "Marta Abreu" de Las Villas, Córdoba, 2018.

JUSTINO, S.T.P. et al. Sistema de manejo em minijardim clonal de *Myracrodruon urundeuva* Allemão. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos-PB, v.13, n.3, p.255-263, 2017.

KAOSA-ARD, A. Teak (*Tectona grandis* Linn.f.) nursery techniques with special reference to Thailand. Folhetim, **Danida Forest Seed Centre**, Dinamarca, p. 42, 1986.

KOLLERT, W.; KLEINE, M. **The Global Teak Study: Analysis, Evaluation and Future Potential of Teak Resources**. Viena: Ed. International Union of Forest Research Organizations, 2017.

LEMOS, A.S. et al. Influência do método de propagação na produção e qualidade da madeira de *Tectona grandis*. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá – MT, v. 6, n. 3, p. 761 – 765, 2019.

MANTOVANI, N. et al. Cultivo De Canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.27, n. 1, p. 225-236, 2017.

MELO, L. A. et al. 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. et al. Propagación de arboles de teca *Tectona Grandis* L. f. por miniestacas. **Temas Agrários**, Córdoba, v. 20, n. 2, p. 43 - 48, 2015.

MORAES, D. G. et al. Enraizamento de miniestacas caulinares e foliares juvenis de *Toona ciliata* M. Roemer. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, v. 26, n. 1, p. 47 - 54, 2014.

PAMEI, K.; KUMAR, A.L.H. Effect of different treatments on the germination parameters and seedling quality index of *Tectona grandis* (Teak) under nursery condition. **International Journal of Chemical Studies**, Índia, v.5, n. 5, p. 2418-2424, 2017.

PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview: An overview of global teak resources and issues affecting their future outlook. **Unasylva**, Roma – Itália, v. 51, n. 1, 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.

PELLISSARI, A. L. et al. Cultivo da teca: características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. **Agrarian academy**, Goiânia - GO, v.1, n.1, p.127-145, 2014.

ROCHA, R. B. Caracterização de fatores que afetam a germinação de teca (*Tectona grandis*): temperatura e escarificação. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.2, p.205-212, 2011.

SAWITRI, M N.; INDRIOKO, S.; WIDIYATNO. The effects of rooting media, IBA, and clones on rooting ability of Teak's shoot cutting. Series: **Earth and Environmental Science**, V. 449, 2020.

SILVA, D. et al. Potencial e qualidade da madeira de desbaste de teca para produção de biocombustível. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 299-305, 2015.

SILVA, M. P. S. et al. 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, R. S. Desempenho Silvicultural de *Tectona grandis* L. f. em Diferentes Espaçamentos em Cáceres, MT. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 23, n. 3, p. 397-405, 2016.

SLATOR, N. J.; CALLISTER, A. N.; NICHOLS, J. D. Mechanical but not physical dormancy is a cause of poor germination in teak (*Tectona grandis* L. f.). **New Forests**, U.K., v. 44, n. 1, p. 39-49, 2013.

SOARES, G. O. S. et al. Methods for overcoming dormancy in teak diaspores. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 4, p. 384-389, 2017.

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

SOUZA, J. C.A. V. et al. Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p.205-213, 2009.

TITON, M. et al. 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.

TROPICOS. Missouri botanical garden. 2020. Disponível em: <https://www.tropicos.org/home>. Acesso em: 05 agosto. 2023.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. et al. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 27, n. 4, p. 487-494, 2003.

UGALDE, L. A. U. **TEAK**: New trends in silviculture, commercialization and wood utilization. 1. ed. Cartago, C.R: International Forestry and Agroforestry, 2013.

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

VIJAYALAKSHMI, K.P.; JAMALUDHEEN, V. Effect of seed pre- treatments on germination and seedling characteristics of teak seed. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, India, v. 9, n. 4, p. 3361-3363, 2020.

WENDLING, I. et al. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.2, p.181-186, 2000.

XAVIER, M. O. et al. Análise de diferentes substratos e métodos de superação da dormência de *Tectona grandis* L.f. **PUBVET**, Maringá, v. 15, n. 02, p. 1-7, 2021.

## **CAPÍTULO 1 – INFLUÊNCIA DO MANEJO DO MINIJARDIM SOBRE A PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE TECA (*Tectona grandis* Linn F.)**

### **RESUMO**

Os plantios de teca têm ocupado cada vez mais espaço dentre as espécies exóticas plantadas no Brasil. Seu sucesso está diretamente ligado à qualidade das operações do viveiro e do seu produto, ou seja, as mudas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção anual de mudas clonais de teca em um viveiro florestal no estado de Mato Grosso, bem como as principais características do minijardim que influenciam no processo produtivo das mudas. O experimento foi realizado em um viveiro florestal na região de Mato Grosso contando com 12 clones, sendo oito destinados a produção comercial e quatro destinados a pesquisa. Para isso foram avaliadas: a origem e idade das minicepas, manejo de plantio do minijardim, número de minicepas por canteiro, número de brotos por minicepa, número de bandejas/dia, sobrevivência e mortalidade da muda em ambiente de rustificação e o desempenho de cada colaborador do viveiro no processo de produção das mudas. Foi utilizada a análise multivariada pelo método de análise fatorial por componentes principais para as variáveis quantitativas e análise discriminante para as variáveis qualitativas. As minicepas de teca apresentam comportamento cíclico na produção das brotações, sendo que sua origem e manejo de plantio do minijardim não influenciam nos resultados. Já a idade das minicepas, número de brotos/minicepas e número de minicepas por canteiro interferem na produção de miniestacas ao longo do ano. Conseguiu-se formar grupos distintos com relação aos colaboradores e diferentes materiais genéticos. Houve diferença na produtividade e sobrevivência das mudas de acordo com cada material genético e colaborador.

**Palavras-Chaves:** Produção de miniestacas. Colaboradores do viveiro. Material genético.

## ABSTRACT

Teak plantations have occupied more and more space among the exotic species planted in Brazil, their success is directly linked to the quality of the nursery's operations and its product, that is, the seedlings. Therefore, the objective of this work was to evaluate the annual production of clonal teak seedlings in a forest nursery in the state of Mato Grosso, as well as the main characteristics of the mini-garden that influence the seedlings' production process. The experiment was carried out in a forest nursery in the Mato Grosso region with 12 clones, eight of which were intended for commercial production and four for research. For this purpose, the following were evaluated: the origin and age of the mini-stumps, planting management of the mini-garden, number of mini-stumps per bed, number of shoots per mini-stump, number of trays/day, survival and mortality of the seedling in a rustification environment and the performance of each nursery collaborator in the seedling production process. Multivariate analysis was used using the principal components factor analysis method for quantitative variables and discriminant analysis for qualitative variables. Mini teak stumps exhibit cyclical behavior in the production of shoots, which their origin and planting management in the mini garden do not influence the results. The age of the mini-stumps, number of shoots/mini-stumps and number of mini-stumps per bed affect the production of mini-cuttings throughout the year. It was possible to form distinct groups in relation to collaborators and different genetic materials. There was a difference in the productivity and survival of the seedlings according to each genetic material and collaborator.

**Keywords:** Mini-cuttings production. Nursery employees. Genetic material.

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2021 a área total de árvores plantadas no país totalizou 9,93 milhões de hectares, um crescimento de 1,9% em relação ao ano de 2020; deste total 75,8% são compostas pelo cultivo de eucalipto e 19,4% de pinus (IBA, 2022). Os plantios de teca, também têm ocupado cada vez mais espaço dentre as espécies exóticas plantadas no Brasil, tendo um crescimento de 30% em sua área nos últimos oito anos (IBA, 2019).

Diante desse cenário visando o aumento da produtividade, é necessário utilizar mudas de boa qualidade genética, obtidas a partir da propagação vegetativa, uma vez que sua propagação via seminífera apresenta germinação lenta e irregular por conta da dormência, e desenvolvimento inicial em campo heterogêneo devido à variabilidade genética (VIJAYALAKSHMI; JAMALUDHEEN, 2020). Mudanças de teca provenientes da seleção de genótipos superiores apresentam maior crescimento e produção volumétrica em relação às seminais ao final da rotação (GAVA et al., 2021). De acordo com Goh e Monteuis (2005), a opção clonal parece ser a melhor e, em muitos casos, a única forma de maximizar o retorno dos investimentos com relação ao estabelecimento de plantações de teca, bem como o uso da terra.

A adoção do conceito de florestas clonais, derivadas de indivíduos superiores, tem sido um dos fatores responsáveis pelo grande salto de produtividade florestal verificado em várias partes do mundo (ASSIS; REIS, 2023). No Brasil, apesar dos recentes avanços nas técnicas de clonagem de teca e no aumento do seu plantio em escala comercial, o uso de plantações clonais em escala operacional é incipiente, mas existe um grande potencial a ser explorado, sobretudo porque as técnicas de clonagem de teca se mostram promissoras ao seu uso.

Dentre os aspectos mais relevantes, a produção de mudas florestais representa o início de uma cadeia de operações que visam o estabelecimento de florestas/ povoamentos e seu sucesso está diretamente ligado à qualidade das operações do viveiro e do seu produto (mudas). Na atualidade o principal método de propagação assexuada de teca em escala comercial, é via miniestaquia. Seu processo de produção pode ser dividido em produção e coleta de brotos no minijardim, seguido do enraizamento adventício em casa de vegetação, aclimação em casa de sombra e por fim o crescimento e rustificação a pleno sol (ALFENAS et al., 2009).

Entretanto esse processo está baseado principalmente na propagação do eucalipto, necessitando ainda de um olhar mais detalhado sobre todo o processo de produção de mudas, bem como no desempenho da equipe de colaboradores. Além de identificar os principais setores do viveiro que necessitam de maior atenção e cuidado, conhecer o padrão comportamental de diferentes materiais genéticos, para conseguir alavancar de forma assertiva sobre a técnica de propagação dessa espécie.

Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção anual de mudas clonais de teca em um viveiro florestal no estado de Mato Grosso, bem como as principais características do minijardim que influenciam no processo produtivo das mudas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo e constituição do minijardim clonal.

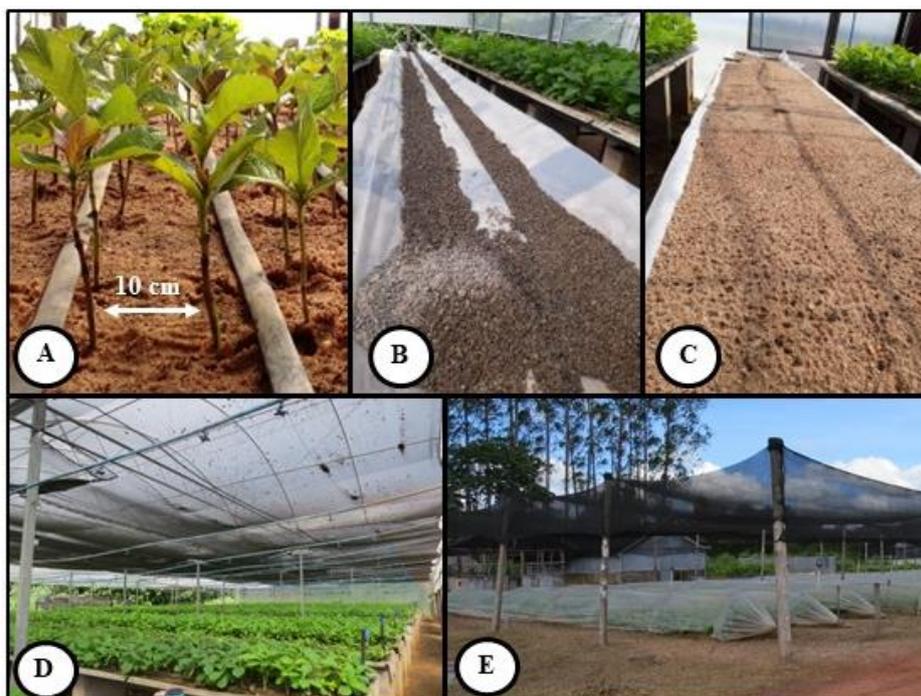
O estudo foi desenvolvido em um viveiro de produção de mudas de teca na região de Mato Grosso. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw (Clima tropical com estação seca de inverno). A precipitação média anual é de 1.400 mm, com temperatura média anual de 26,5 °C no verão e de 22,5 °C no inverno (ALVARES et al., 2013).

Foram monitoradas, mensalmente, uma parcela da produção e qualidade do miniestaqueamento do ano de 2019, abrangendo desde os diferentes genótipos; a origem, a idade e o número de matrizes e o manejo do minijardim; a produção de miniestacas; a qualidade da produção (sobrevivência e mortalidade das mudas em área de rustificação), além do desempenho de cada colaborador do viveiro.

Todos os genótipos trabalhados no viveiro da empresa foram utilizados nesta pesquisa, sendo divididos em duas categorias: comercial (8 genótipos), que constitui a maior produção do viveiro, utilizados para o plantio comercial da empresa; e os genótipos de pesquisa (4 genótipos), os quais constituem-se de plantios direcionados à pesquisa e para conservação do banco de germoplasma da empresa, totalizando assim 12 clones monitorados mensalmente.

As minicepas foram constituídas por mudas micropropagadas ou miniestaquiadas (origem da minicepa) com diferentes idades: 4 meses (muda jovem), 10 meses (muda em pleno vigor) e 34 meses (muda sênior). As minicepas foram espaçadas por 10 x 10 cm (FIGURA 1<sup>a</sup>), alocadas em minijardins (canaletas ou estufins) contendo canteiros forrados com filme agrícola de 150 µm em toda sua extensão, sobre o qual foram adicionados cinco centímetros de brita média e coberta por areia lavada de granulometria média (FIGURA 1B e C). Os minijardins foram constituídos de canaletas de fibrocimento (FIGURA 1D) ou estufins diretamente no chão (manejo do minijardim) (FIGURA 1E), ambos cobertos com polietileno transparente de baixa densidade (150 µm) possuindo tratamento contra raios ultravioleta, sombrite preto 50% e com sistema de irrigação via gotejamento (FIGURA 1<sup>a</sup>). A solução nutritiva (pH = 6) dos minijardins foi aplicada por meio de fertirrigação via gotejamento, duas vezes na semana, na quantidade de 100 ml por minicepa/aplicação (TABELA 1).

Figura 1 Representação da constituição do minijardim clonal em canaletas de fibrocimento e estufins em um viveiro de produção de mudas de teca no Mato Grosso. (A) espaçamento de 10 cm entre minicepas. (B) minijardins forrados com filme agrícola, brita e (C) adicionado areia. (D) minijardim em canaletas de fibrocimento. (E) minijardim em estufins no chão.



Fonte: Do autor (2022)

Tabela 1 – Composição da solução nutritiva para fertirrigação das minicepas de teca.

Fertilizante	Concentração (mg. L <sup>-1</sup> )
Sulfato de Magnésio	56
Nitrato de Cálcio	84
Nitrato de Amônio	70
Monoamônio fosfato	130
Cloreto de Potássio	290
Ácido Bórico	1
Sulfato de Cobre	11
Sulfato de Zinco	4
Sulfato de Manganês	1
Molibdato de Sódio	1
Quelato de Ferro	13

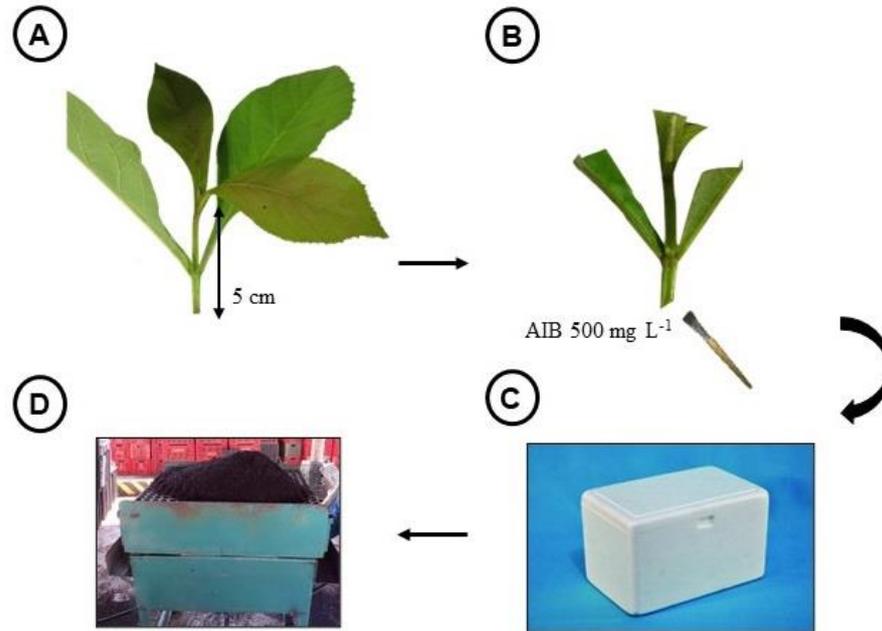
Fonte: Do autor (2022)

## 2.2 Coleta das brotações, preparo e manejo das miniestacas e mudas.

As brotações de teca foram coletadas no período matinal, a fim de reduzir a evapotranspiração das miniestacas. Para tanto, foi utilizada tesoura de poda, previamente esterilizada 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 estaqueamento. As coletas foram feitas de forma seletiva, ou seja, quando mais de 70% dos brotos atingissem cinco centímetros de comprimento; brotações menores foram mantidas nas minicepas para coletas subsequentes.

Para confecção das miniestacas apicais (comprimento de 5 cm  $\pm$  1 cm), foi realizado corte da base em bisel, um par de folhas reduzidas a 75% de sua dimensão original, evitando assim o excesso de transpiração e a dificuldade para que as gotículas de água da irrigação atingissem o substrato (FIGURA 2 A e B). Após o preparo das miniestacas, estas foram tratadas com 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 contido em tubetes plásticos cônicos de 55 cm<sup>3</sup> (FIGURA 2 C e D). Previamente os tubetes foram desinfestados com solução a 0,25% (v/v) de hipoclorito de sódio (NaClO) por 48 horas, sendo em seguida lavados em água corrente.

Figura 2 – Preparo das miniestacas de *Tectona grandis* Linn F. em um viveiro de produção de mudas de teca no Mato Grosso. (A) brotação apical com comprimento de  $5\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$ . (B) corte da base em bisel, um par de folhas reduzidas a 75% de sua dimensão original e aplicação de AIB  $500\text{ mg L}^{-1}$ . (C e D) acondicionamento das miniestacas em caixas de isopor e seu posterior estaqueamento.



Fonte: Do autor (2023)

As miniestacas foram mantidas em casa de vegetação automatizada, cobertas com polietileno transparente (mesma especificação utilizada no minijardim). A umidade relativa e temperatura do ar foram controlados automaticamente por um umidostato e termostato, respectivamente. A irrigação em casa de vegetação foi feita por nebulização, acionado na primeira semana por 20 segundos a cada 7 minutos e a partir da segunda semana por 25 segundos a cada 12 minutos. A vazão de cada nebulizador foi de 7 litros/hora.

Após o enraizamento (média de 30 a 45 dias), as miniestacas foram transferidas para casa de sombra, com sombrite 50% e irrigação por microaspersão a cada 4 horas por 15 minutos para aclimação, tendo sua permanência média de 22 dias. A vazão de cada micro aspersor foi de 21 litros/hora. No último estágio de produção, as mudas foram levadas à área de rustificação, permanecendo em média 30 a 45 dias. A frequência de irrigação foi a cada 6 horas por 10 minutos e fertirrigação aplicada duas vezes na semana.

## 2.3 Variáveis respostas

### 2.3.1 Colaboradores

O critério para inclusão dos colaboradores foi a participação na coleta de miniestacas ao menos seis meses no ano. Foram levados em consideração apenas a equipe de produção de mudas, a qual conta com oito colaboradores, todos do sexo feminino, com idade média de 36 anos e 4 anos trabalhando no viveiro. A jornada de trabalho foi dividida em dois turnos: das 7 às 11h e das 13 às 17h, de segunda a sexta, com uma pausa de 15 minutos na metade destes turnos.

Cada bandeja do miniestaqueamento foi identificada com o nome de cada colaborador e acompanhada até o final da produção, ou seja, desde a coleta do broto até a área de rustificação da muda a bandeja era de responsabilidade exclusiva do mesmo colaborador que realizou seu miniestaqueamento. Desta forma, foi possibilitado o acompanhamento da qualidade da atividade desempenhada pelos colaboradores do viveiro da parte de produção de mudas durante um ano, avaliando a produtividade de miniestacas e sobrevivência da muda. Esta mesma equipe recebia, ao menos duas vezes no ano, treinamentos sobre qualidade e produção de mudas de teca.

### 2.3.2 Minijardim, produção de miniestacas e qualidade de coletas

A produção de brotos no minijardim foi avaliada com relação à origem das minicepas (OM), sendo elas provenientes da técnica de miniestaquia, ou da micropropagação em laboratório, e com relação ao manejo do local do minijardim (MMJ), ou seja, local de plantio (canaletas de fibrocimento ou estufins). A idade das minicepas também foi avaliada, sendo classificadas em 4 meses (muda jovem), 10 meses (muda em pleno vigor) e 34 meses (muda sênior), bem como o número de minicepas por canteiro (NM) de cada material genético.

A produção de miniestacas foi avaliada por minicepa (brotos por minicepas – NBM), produção média mensal de miniestacas e número de bandejas preenchidas por dia (BD). Todas essas variáveis foram analisadas em função de cada clone e período do ano. As temperaturas médias dentro da casa de vegetação de cada mês do ano foram obtidas a partir do controle interno do viveiro.

A qualidade de cada miniestaqueamento foi avaliada ao final do processo produtivo, ou seja, em área de rustificação. Foram contabilizadas a sobrevivência e a mortalidade de cada miniestaqueamento, ou seja, as mudas referentes a cada miniestaqueamento nos meses em estudo, foram comparadas em relação ao mês do miniestaqueamento a que elas pertencem, e não no mês em que estavam prontas para a expedição. Foram consideradas vivas apenas as mudas que mantiveram a coloração verde.

## **2.4 Procedimentos estatísticos**

Foi realizada uma análise descritiva envolvendo o minijardim, a produção de miniestacas e a qualidade das coletas durante o ano, a fim de analisar individualmente cada variável. Em seguida, procedeu-se com a correlação de Pearson entre as características amostradas ( $p < 0,05$ ).

Por se tratar de dados desbalanceados, sem delineamento estatístico e com grande quantidade de variáveis e fatores atuando ao mesmo tempo sobre a produção das miniestacas, foi utilizada a análise multivariada pelo método de análise fatorial por componentes principais com todas as variáveis do minijardim, produção e qualidade do miniestaqueamento. Esta análise permitiu verificar quais variáveis apresentaram maior influência no banco de dados e em seguida retirar as variáveis que ficaram próximas à origem no gráfico (pouca influência). Após essa pré-seleção, os dados foram submetidos ao teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) a fim de verificar se a análise fatorial era adequada para o ajustamento dos dados e, sendo adequada, prosseguiu-se com o fatorial, gerando um modelo estatístico, que permitiu rotacionar (varimax) os dados para melhor visualizá-los no gráfico.

A análise discriminante foi utilizada nas variáveis “colaborador” e “clone”, por se tratar de dados qualitativos (não métricos). Foi realizado o teste Box’s M para verificar a normalidade, seguido de teste lambda de Wilks, MANOVA e plotados os gráficos Boxplot e Biplot para análise de suas dimensões no banco de dados. Para o processamento dos dados, foram utilizados os softwares Assistat e R versão 4.3.1.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Influência do manejo do viveiro sobre a produção de mudas clonais de teca**

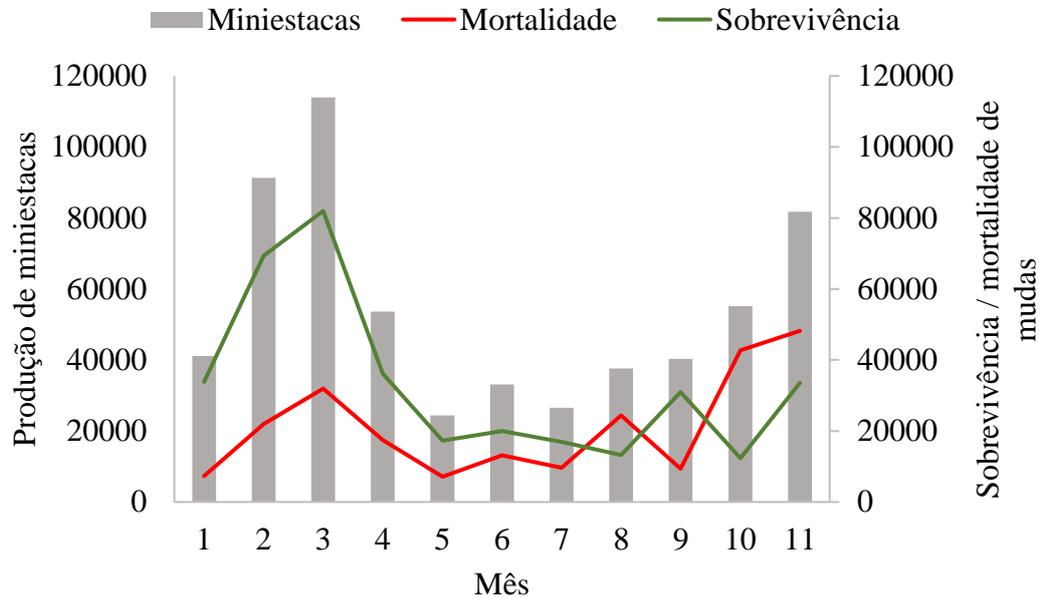
A partir da análise descritiva dos dados verificou-se que foram efetuadas coletas nos minijardins em quase todos os meses do ano, independentemente da origem da minicepa, as quais 85% vieram do miniestaqueamento e 14% do microestaquiamento, do manejo do local do minijardim, os quais 53% vieram de canaletões de fibrocimento e 46% de estufins, e a idade das minicepas, onde a maioria eram mudas sênior (82%) seguidas de mudas jovens (11%) e em pleno vigor (6%).

Não houve estaqueamento no mês de dezembro, pois as expedições das mudas ocorrem em outubro e novembro, sendo que ao entrar no mês de dezembro a meta anual do viveiro já havia sido atingida. Outro fator que também foi considerado é a redução na equipe de colaboradores do viveiro por conta do final de ano, ficando somente as pessoas responsáveis para o funcionamento das atividades básicas do viveiro.

A relação entre número de miniestacas, sobrevivência e mortalidade variaram ao longo do ano. Os meses com maior sobrevivência de mudas foram de janeiro a abril, enquanto os meses de menor sobrevivência foram de maio a novembro (FIGURA 3). Essa oscilação na produção de brotos e na sobrevivência no decorrer das coletas sucessivas, pode ser justificada pelo comportamento fisiológico da espécie, gerando um padrão cíclico na produção de miniestacas. Isso pode estar relacionado à entrada das minicepas em estado vegetativo (metabolismo mais lento) perdendo suas folhas e atrasando a produção de brotos (TITON et al., 2003; CUNHA et al., 2005). Esse efeito já foi observado em teca por Gatti (2002), Valverde (2014), e Di Carvalho (2019).

A baixa produtividade de miniestacas nesses meses (maio até novembro) também está associada a condições climáticas da região, abrangendo o final do outono (maio) e inverno (junho, julho, agosto e meados de setembro) em que a temperatura é mais baixa e principalmente o fotoperíodo menor (TAKIZAWA et al., 2022).

Figura 3 - Produção total de miniestacas e relação entre sobrevivência e mortalidade das mudas ao final do processo produtivo de mudas de teca, em função dos meses do ano em um viveiro no Mato Grosso.



Fonte: Do autor (2023)

Temperatura e umidade mais elevadas e maior fotoperíodo têm apresentado resultados benéficos para a teca, aumentando o metabolismo e absorção de nutrientes pelas minicepas, contribuindo para um crescimento mais acelerado dos brotos (estiolamento, menor diâmetro dos brotos) o que favorece seu potencial de enraizamento (DI CARVALHO, 2019; DE ASSIS; REIS, 2023). O estiolamento dos brotos proporciona estacas mais herbáceas, ou seja, mais tenras e de menores diâmetros, entretanto esse fator juntamente com altas temperaturas (45°C), aumenta as taxas de respiração e transpiração, induzindo o murchamento da estaca, não enraizamento e consequente mortalidade da mesma (FACHINELLO et al., 2005). Isso explica a alta mortalidade nos meses de outubro e novembro (meses mais quentes), apresentando também uma grande amplitude térmica dentro da casa de vegetação, mínimas de 38°C e máximas podendo chegar a 48°C (dados de temperatura fornecidos pelo controle interno do viveiro).

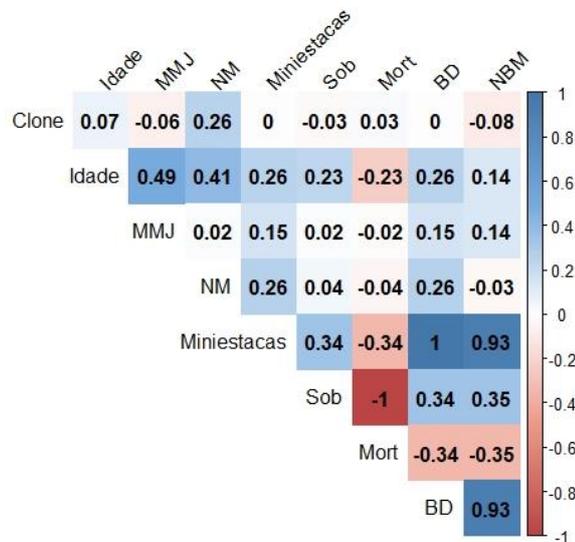
Outro fator que pode ter atuado para o aumento da mortalidade das mudas nesses períodos (outubro e novembro), é a qualidade do sistema radicial das mudas, onde miniestacas com enraizamento indireto ou apenas com presença de calos tendem a não suportar condições ambientais desfavoráveis ao seu desenvolvimento. Nesta época do ano, as minicepas estão voltando sua atividade produtiva, podendo ocorrer um desbalanço endógeno da relação entre

os fitorreguladores (auxina e citocinina), aumentado a mortalidade, devido à baixa qualidade do enraizamento ou até mesmo a sua inexistência.

Valores de sobrevivência das mudas de teca são instáveis, dependendo não somente do material genético ou origem das minicepas (seminal ou propagação vegetativa), mas também da concentração do AIB (DI CARVALHO et al., 2019; BADILLA et al., 2016;), idade da planta matriz (HUSEN, 2011; HUSEN e PAL, 2006), do tempo de armazenamento do propágulo (BADILLA et al., 2017), da posição do ramo (apical, intermediário e basal) (HUSEN e PAL, 2007) e tipo de minijardim (DI CARVALHO, 2019). Entretanto, a porcentagem anual de sobrevivência das mudas de teca em relação a todos os clones, idade e manejo das minicepas, foi de 64%, valores estes que estão dentro dos encontrados na literatura.

Referente à correlação de Pearson, observou-se correlação positiva entre a variável idade e todas as variáveis de produção ( $p < 0,001$ ) (miniastacas, nº bandejas/dia e nº brotos/minicepa), sobrevivência  $p < 0,001$ , além das variáveis representando o minijardim ( $p < 0,001$ ), (MMJ e NM). Já as variáveis de produção de miniastacas tiveram correlação positivas entre si ( $p < 0,001$ ), entre as variáveis do minijardim, e sobrevivência. A mortalidade teve correlação negativa ( $p < 0,05$ ) com todas as variáveis de produção de miniastacas (miniastacas, nº bandejas/dia e nº brotos/minicepa), idade da minicepa e sobrevivência (FIGURA 4).

Figura 4 - Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis clone, idade de minicepas, manejo do minijardim (MMJ), número de minicepas (NM), miniastacas, sobrevivência (Sob), mortalidade (Mort), bandejas/dia (BD) e número de brotos/minicepa (NBM) em um viveiro de teca no Mato Grosso.



Fonte: Do autor (2023)

Para determinar a importância de cada variável no banco de dados, foi gerado um gráfico de análise de componentes principais. A variável origem da minicepa e colaborador ficaram próximas à origem dos eixos, optando-se pela retirada da análise para melhor interpretação dos resultados. Prosseguiu-se com a análise sendo determinados quatro componentes principais (autovalores maiores que 1) o que representa 83,81% da variância total dos dados e somente 16,19% de perda de informação (TABELA 2). Decompondo essa variância dos dados, o primeiro componente principal (CP1), representado pelos autovetores da produtividade dos minijardins (minietaqueamento, bandejas/dia, brotos por minicepas), foi responsável por 38,30% da variância dos dados. Já o segundo componente principal (CP2), representado pelos autovetores qualidade do minietaqueamento (sobrevivência e mortalidade das mudas) foi responsável por 18,26% da variância dos dados. O terceiro componente principal (CP3), representado pelos autovetores minijardim (idade e número de minicepas), foi responsável por 15,18% da variância dos dados, e o quarto componente principal (CP4), representado pelo manejo do local do minijardim e clone, foi responsável por 12,07% da variância dos dados. A variável mês não aparece com alta representatividade em nenhum dos quatro primeiros componentes principais (TABELA 2).

Tabela 2 - Autovalores, autovetores, cargas e comunalidades dos fatores dos componentes principais da produção e qualidade dos miniestaqueamentos ao longo do ano em um viveiro de teca no Mato Grosso.

Autovalores										
CP <sub>i</sub>	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
$\lambda_i$	3,83	1,83	1,52	1,21	0,74	0,43	0,31	0,11	0,03	0,00
Diferença	2,00	0,31	0,31	0,47	0,31	0,13	0,19	0,08	0,03	0,00
Proporção (%)	38,29	18,26	15,18	12,07	7,37	4,32	3,05	1,10	0,34	0,00
Acumulada (%)	38,29	56,55	71,74	83,81	91,18	95,50	98,55	99,66	100,00	100,00
Autovetores				Cargas Fatoriais			Comunalidade			
	CP1	CP2	CP3	CP4	F1	F2	F3			
Mês	-0,33	0,40	-0,02	-0,08	-0,40	-0,57	-0,02	0,48		
Clone	0,04	0,18	0,30	0,58	0,00	-0,06	0,30	0,10		
Idade	0,22	-0,09	0,60	-0,24	0,15	0,20	0,41	0,23		
MMJ	0,14	0,01	0,39	-0,64	0,15	0,00	0,03	0,02		
Nº Minicepas	0,15	0,20	0,51	0,38	0,09	-0,02	0,94	0,90		
Miniestacas.	0,49	0,10	-0,13	0,05	0,96	0,19	0,19	1,00		
Mortalidade	0,22	0,62	-0,07	-0,10	0,62	-0,64	0,17	0,82		
Sobrevivência	0,23	-0,59	0,02	0,19	0,16	0,95	0,05	0,92		
Bandejas/ dia	0,49	0,10	-0,13	0,05	0,96	0,19	0,19	1,00		
Brotos/Minicepa	0,46	0,03	-0,30	-0,06	0,95	0,21	-0,12	0,95		

CP = Componente principal. MMJ = manejo do local do minijardim. Fonte: Do autor (2023)

Esses autovalores são as variâncias dos componentes principais, que por sua vez representam o poder explicativo do componente em relação à variância das variáveis (MANLY, 2017). Já os autovetores representam o módulo unitário associado a cada autovalor e as direções dos eixos dos componentes principais, também expressam a representatividade (peso) de cada variável dentro de cada componente principal (MANLY, 2017).

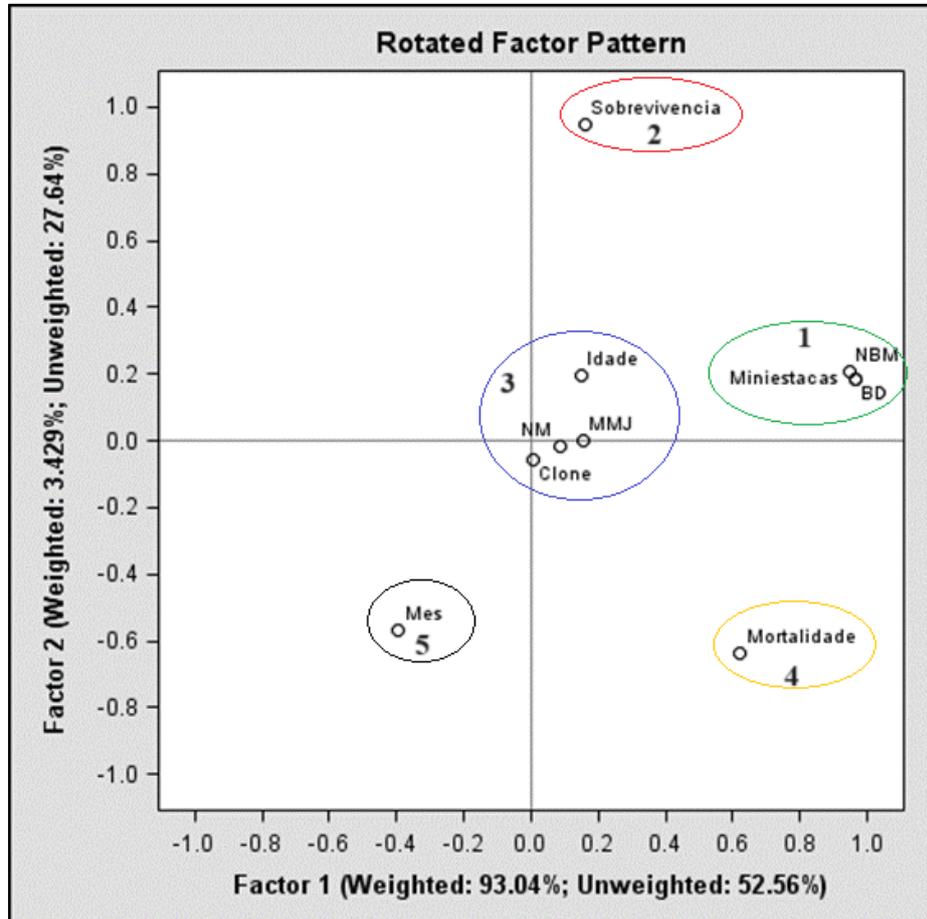
Para prosseguir com a análise fatorial foi aplicado o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), obtendo um valor geral de 0,68. Esse teste é um critério para identificar se o modelo de análise fatorial que está sendo utilizado é adequadamente ajustado aos dados, testando a consistência geral, sendo que valores altos (entre 0,5 e 1,0) indicam que a análise fatorial é apropriada (QUEIROZ et al., 2017). Desta forma o modelo de análise fatorial utilizado na

presente pesquisa é consistente para prosseguir com a análise das cargas fatoriais de cada componente principal.

As cargas fatoriais dos componentes principais são úteis para nos mostrar quanto da variância em cada uma das variáveis originais são explicadas pelos componentes principais (LATTIN et al., 2011). E as comunalidades representam a proporção da variância comum dentro da variável (FIELD, 2009), ou seja, a variância comum ou compartilhada nos quatro primeiros componentes principais, indicando a importância da variável dentro do banco de dados. Sendo assim a primeira carga fatorial (F1) representa a produtividade do viveiro; o que já é esperado, pois a principal atividade dentro do minijardim é a produção de mudas, bem como as maiores comunalidades. A segunda carga fatorial (F2) representa a qualidade do miniestaqueamento (porcentagem de sobrevivência e mortalidade) ao longo dos meses do ano, sendo o segundo quesito mais importante no banco de dados. E por último a terceira carga fatorial (F3) representada pelo número de minicepas (minijardim). Dentre as variáveis que menos influenciaram no banco de dados está o manejo do local do minijardim, clone, idade e número de minicepas.

A representação gráfica da análise fatorial, já com seu eixo rotacionado para melhor visualização dos dados, mostra a formação de cinco grandes grupos sendo eles: 1º produtividade de miniestacas (miniestacas, número de brotos/minicepa e bandejas/ dia), 2º formado pela sobrevivência, 3º representado pelo minijardim (número de minicepas, manejo do local do minijardim, idade) e material genético, 4º e 5º grupos formados pela mortalidade e mês de coleta, respectivamente (FIGURA 5). No gráfico também é possível confirmar que as variáveis próximas à origem apresentam pouca influência no banco de dados. Outra informação possível de ser verificada é com relação às correlações: vetores em sentidos opostos e com ângulos entre si acima de 90° indicam correlação negativa (sobrevivência e mortalidade); enquanto vetores das variáveis próximas e com ângulos entre si abaixo de 90° indicam correlação positiva (grupo 1 e grupo 2).

Figura 5 - Representação gráfica 1x2 da análise fatorial por componentes principais com a formação de cinco grupos das variáveis miniestacas, número de brotos/minicepa (NBM), bandejas/ dia (BD), idade, manejo do minijardim (MMJ), número de minicepas (NM), clone, mortalidade e mês de um viveiro de teca no Mato Grosso.



Fonte: Do autor (2023)

De acordo com a análise fatorial, a partir das variáveis avaliadas, a principal atividade nos minijardins é a coleta de brotos (maiores cargas fatoriais e comunalidades) e sua posterior qualidade do miniestaqueamento (enraizamento) no que tange a sobrevivência e a mortalidade da muda.

Partindo desse princípio deve-se atentar para todos os fatores que podem ser controlados no viveiro, principalmente nos minijardins, local de onde vem as fontes de propágulos (coleta dos brotos). As variáveis referentes ao minijardim tiveram correlações positivas com o miniestaqueamento (coleta de brotos), entretanto estas não contribuíram diretamente no banco de dados da multifatorial, provavelmente porque houve pouca variância entre elas. Porém, sabe-se que é no minijardim que devem concentrar as primeiras

preocupações do viveiro, pois as minicepas influenciam desde a coleta, o enraizamento da muda, até sua qualidade final da muda.

Desta forma, existem alguns fatores que influenciam na produção de mudas de teca, sendo eles de origem fisiológica, como a maturidade, o estabelecimento e o manejo do minijardim, e de origem ambiental, como a temperatura, a luz e a umidade.

A maturidade da minicepa é um fator importante na eficiência da produção de brotos e enraizamento da muda. Uma tendência de aumento da produtividade de brotos e sobrevivência foi observada neste trabalho em minicepas com idade de 34 meses. As idades das minicepas desse estudo são próximas entre si podendo chegar a um delimitador ótimo de maturação, sendo que as mais velhas apresentaram melhor desempenho que as plantas mais jovens (3 e 10 meses), fato que pode ser resultado da adaptação das minicepas à superação de dominância apical e a reorganização do sistema de crescimento ortotrópico para um sistema plagiotrópico (CUNHA et al., 2008), além de que minicepas mais velhas possuem sua parte apical com maior área foliar, contando com maior reserva nutricional.

Os diferentes manejos dos locais dos minijardins adotados no viveiro florestal desta pesquisa não apresentaram diferenças significativas em relação à produtividade de miniestacas e sua qualidade em relação à sobrevivência e à mortalidade. As canaletas de areia e os estufins proporcionam uma condição ambiental muito parecida entre si para as minicepas, visto que os dois estão cobertos com uma estrutura de polietileno forrada com sombrite 50% para bloquear a passagem de luz solar, possuem a mesma condição de irrigação e substratos, além da fertirrigação.

Contudo, a literatura descreve que o uso dos estufins, no geral, proporcionam às minicepas uma condição mais apropriada para produção de brotos, uma vez que permite um melhor controle da amplitude térmica (por se tratar de locais menores), umidade e taxas de CO<sub>2</sub> maiores que são reincorporadas nas minicepas, auxiliando no processo fotossintético. Esse maior controle nos estufins é possível em razão da menor circulação de ar quando comparado às canaletas (BATISTA et al., 2015; OLIVEIRA, 2016 e LIMA et al., 2021), entretanto, no caso do viveiro em estudo, as canaletas apresentam superioridade ergonômica, pois os estufins são alocados no chão, enquanto as canaletas são suspensas.

Além das influências de origem fisiológica, questões ambientais também interferem na produção de mudas de teca, na emissão de brotos e, principalmente, no enraizamento das miniestacas. Segundo Hartmann et al. (2011), as variações climáticas sazonais podem afetar

significativamente o estado fisiológico da planta-matriz, podendo sofrer alterações hormonais endógenas, nutricionais e no balanço entre promotores e inibidores do enraizamento.

A alta umidade relativa do ar é necessária para manter a turgência do propágulo até seu enraizamento, devendo estar em torno de 80%, enquanto a temperatura atua como função regulatória no metabolismo das miniestacas, devendo fornecer condições para que haja indução, desenvolvimento e crescimento das raízes, bem como para a manutenção e sobrevivência das folhas, gemas e ramos (PAIVA; GOMES, 2013). Especificamente em Mato Grosso, localização do viveiro em estudo, não existem estações do ano bem definidas, entretanto oscilações na temperatura ao longo dos meses do ano, é observada dentro da casa de vegetação, a partir do controle de temperatura interno do viveiro.

Para contornar esses problemas ambientais, deve-se utilizar casas de vegetação bem estruturadas e com a manutenção em dia, contando com sistemas nebulização o qual proporciona a formação de uma fina película de água na superfície da folha, diminuindo a transpiração e mantendo a temperatura constante na superfície foliar das miniestacas. Já a temperatura do ar não deve oscilar, para não prejudicar o enraizamento das miniestacas, e a temperatura do substrato deve ser mais elevada, pois proporciona maior atividade na base da miniestaca (XAVIER et al., 2013).

Conhecer o ponto de equilíbrio entre a umidade e a temperatura ideal ao longo do ano, bem como uma boa estrutura para casa de vegetação climatizada, com processos automatizados de controle ambiental, para favorecer o enraizamento de miniestacas da teca, é um ponto forte para ser analisado no viveiro florestal. O minijardim deve ser outro ponto de atenção importante, porque ele pode influenciar todo o processo de produção da muda, desde a produção de miniestacas, até seu enraizamento. No que tange ao enraizamento das miniestacas, encontrar o tempo ótimo de permanência da muda em casa de vegetação, além de aumentar sua sobrevivência, diminuindo a propagação de doenças, também otimiza as instalações do viveiro e diminui custos de produção da muda.

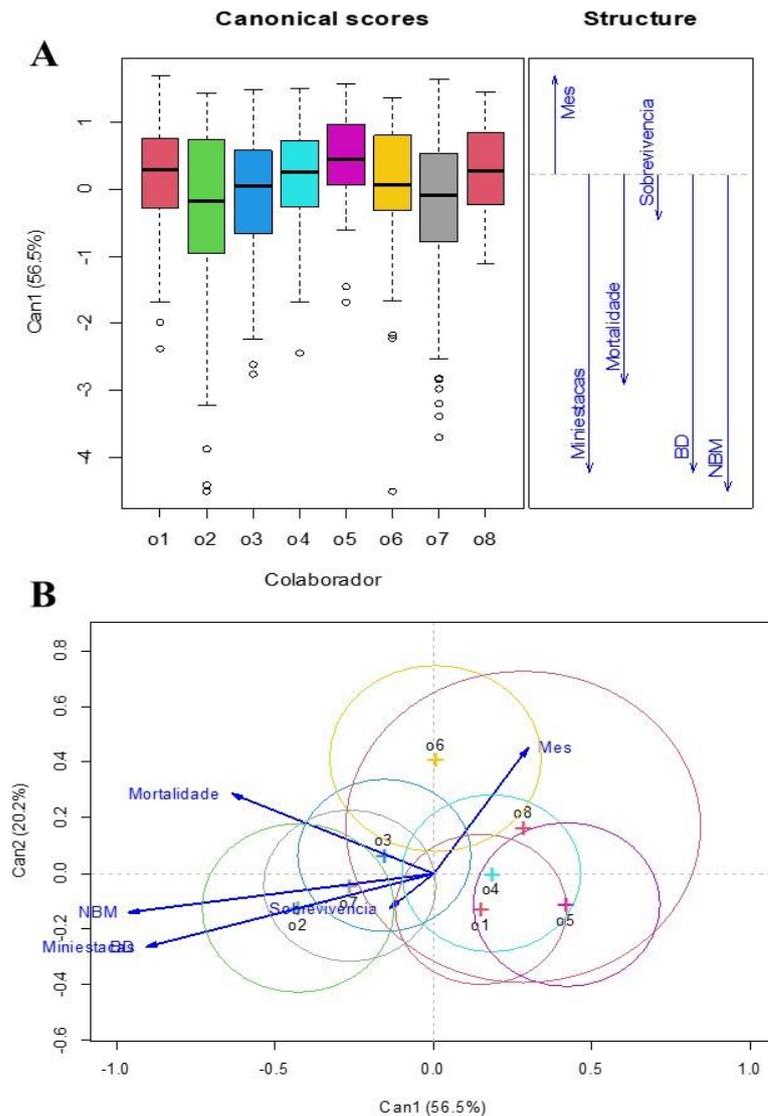
Desta forma, concentrar as primeiras preocupações nessas duas questões chaves do processo produtivo (produção de brotos e enraizamento), conforme a análise multifatorial demonstrou, é o ponto chave para o sucesso de um viveiro florestal.

### **3.2 Influência do colaborador e material genético para produção de mudas de teca**

A aplicação do teste de Box's M no banco de dados, tanto para colaborador, quanto para o clone, houve a rejeição de  $H_0$  ( $p > 0,001$ ), ou seja, não há homocedasticidade multivariada nos dados. Entretanto a análise discriminante permite a violação destes pressupostos, desde que a dimensão do grupo seja superior ao número de variáveis. Seguindo com a análise discriminante o lambda de Wilks, propicia a avaliação da existência de diferenças de médias entre os grupos dos colaboradores e diferentes materiais genéticos para cada variável, sendo então significativo a 5% de probabilidade de erro, ou seja, ao menos uma função discriminante é diferente entre si.

Em relação à diferença entre os colaboradores, a primeira função discriminante apresenta um percentual de 56,53%, ou seja, esta função é a que mais contribui para demonstrar as diferenças entre os grupos (FIGURA 6A). Já a segunda função apresenta um poder discriminante que explica 20,24% da variância entre os grupos (FIGURA 6B). Essas duas principais funções conseguem explicar 76,78% dos dados, contribuindo para a construção de um gráfico 2D. Ambas as funções discriminantes são significativas, por um teste de redução de razão de verossimilhança.

Figura 6 - **A** - Box-plot de medianas e quartis das variáveis na primeira dimensão: mês, miniestacas, mortalidade, sobrevivência, bandejas/ dia (BD) e número de brotos por minicepa (NBM). **B** - Representação gráfica 1x2 da análise discriminante com a formação de grupos em relação aos colaboradores de um viveiro de teca na região de Mato Grosso.



Fonte: Do autor (2023)

Mesmo com a significância nos resultados, houve pouca variação em relação aos colaboradores, indicando que a maioria deles apresenta o mesmo nível produtivo dentro das atividades que foram avaliadas. Esse resultado pode ser devido ao treinamento e atualização que todos os funcionários recebem ao menos duas vezes ao ano, além do longo tempo de serviço no viveiro (a maioria com quatro anos de contrato). Nota-se que as medianas ficaram muito próximas entre os colaboradores, ou seja, eles tiveram a mesma proporção de

aproveitamento do miniestaqueamento, pois a mediana delimita que 50% dos dados são maiores que esse valor e os outros 50% dos dados são menores. O que mais variou entre eles foi a amplitude os dados, valores máximos e mínimos (FIGURA 6A).

A partir da representação gráfica (FIGURA 6B) é possível distinguir alguns grupos de colaboradores que tiveram padrões de produção semelhante, tanto na produção de miniestacas quanto na qualidade do miniestaqueamento (sobrevivência e mortalidade). Os colaboradores 1, 4 e 5 tiveram padrão comportamental semelhante, apresentando produtividade média de 63 mil miniestacas/ano cada e 60% de aproveitamento de mudas vivas ao final da produção. Já os colaboradores 2; 3 e 7 formaram outro grupo com padrões semelhantes, apresentando média de 65 mil miniestacas/ano e 62% de aproveitamento.

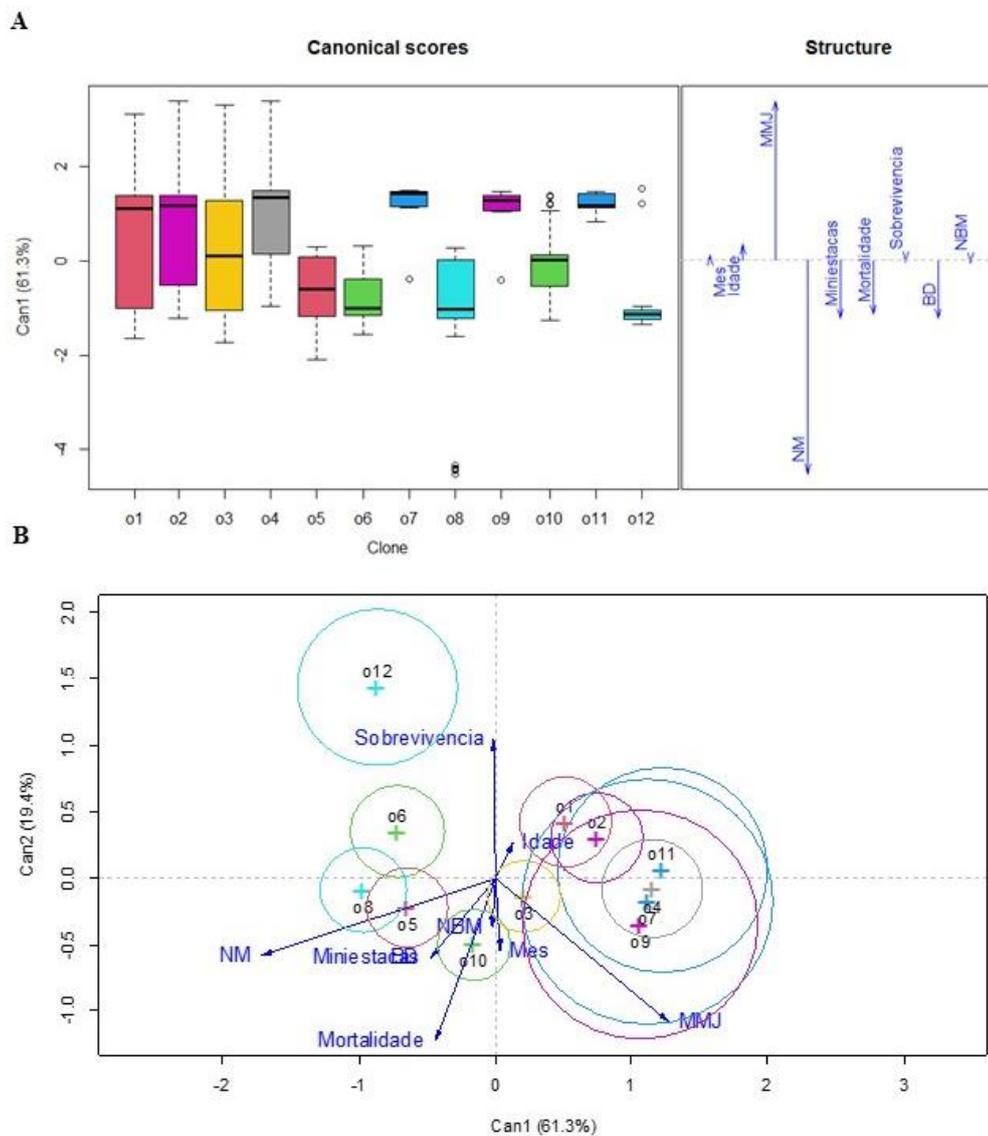
O colaborador 6 pertence a um grupo mais isolado, seu centroide (número central) não está próximo a nenhum outro colaborador, entretanto seu padrão de produção de mudas foi o mesmo que os demais, mudando apenas a maior frequência em que esse colaborador entrou nos minijardins para efetuar coletas, porque os clones que esse funcionário coletou eram menos produtivos que os demais, fazendo com que ele efetuasse mais coletas para chegar no mesmo nível produtivo que seus colegas de trabalho (FIGURA 6B).

O colaborador 8 foi o que mais se destacou dentre todos, seu grupo abrange a maior região do gráfico indicando que ele apresenta representatividade em todas as variáveis (Figura 5B). Somente esse colaborador teve taxas anuais médias de coleta de brotos de 73 mil miniestacas/ano com 65% de aproveitamento. No Boxplot (FIGURA 6A) também é possível ver o desempenho um pouco acima da média desse colaborador em relação aos demais; 75% dos dados referentes a ele estão superiores aos demais, a amplitude dos dados é pequena, e o único funcionário que não tem *outliers*, ou seja, existe um desempenho de trabalho constante e padrão em todos os meses do ano.

De forma geral, todos os colaboradores do viveiro tiveram desempenho semelhantes no quesito de produção e qualidade dos miniestaqueamento (aproveitamento da produção), com exceção do colaborador 8 que foi mais eficiente. A diferença significativa que a multivariada encontrou foi referente à quantidade de vezes que o funcionário entrava nos minijardins para realizar as coletas de acordo com cada mês e material genético. A semelhança na produção de mudas pode ser devido aos treinamentos que a equipe recebe anualmente, ao tempo de serviço na empresa e pela equipe de trabalho ser formada apenas por mulheres, o que, de acordo com as empresas, executam o trabalho de forma mais minuciosa e, por essa razão, mais eficiente (SENA et al., 2020).

Em relação à diferença entre os materiais genéticos, a primeira função discriminante apresenta um percentual de 61,63% (FIGURA 7A). Já a segunda função apresenta um poder discriminante que explica 19,4% da variância entre os grupos (FIGURA 7B). Essas duas principais funções conseguem explicar 80,79% do total dos dados. Ambas as funções discriminantes são significativas, por um teste de redução de razão de verossimilhança.

Figura 7 - **A** Box-plot de medianas e quartis das variáveis na primeira dimensão: mês, idade, manejo do minijardim, número de minicepas (NB), miniestacas, mortalidade, sobrevivência, bandejas/ dia (BD) e número de brotos por minicepa (NBM). **B** Representação gráfica 1x2 da análise discriminante com a formação de grupos em relação aos materiais genéticos de um viveiro de teca na região de Mato Grosso.



Fonte: Do autor (2023)

Os materiais genéticos de teca se comportaram de forma esperada, formando grupos bastante distintos. Os clones destinados à pesquisa da empresa (7, 9, 11 e 12) foram 16% menos produtivos que os clones comerciais da empresa. Ao contrário dos colaboradores, as medianas e os quartis ficaram bastante diferentes nesses clones, ou seja, houve a formação de mais de um grupo com características semelhantes entre si. Os clones da pesquisa apresentaram pouca amplitude dos dados devido à baixa incidência de coleta (FIGURA 7A).

A partir da representação gráfica (FIGURA 7B) é possível observar a formação de quatro grupos, sendo um deles formado apenas pelo clone 12 (pesquisa). Este clone apresentou maior número de minicepas por canteiro que os demais clones da pesquisa (1800 versus 1500, respectivamente), produção de 55 miniestaca/m<sup>2</sup>/mês e principalmente a sua porcentagem de sobrevivência foi a maior dentre todos os clones deste estudo, tendo 72% de aproveitamento de mudas ao final da produção.

Outro grupo foi formado pelos clones de pesquisa (7, 9 e 11) e pelo clone comercial 4, seus centroides estão bastante próximos, fazendo com que existam comportamentos semelhantes entre eles. Os clones destinados a pesquisas, além da baixa produção de brotos (58 miniestaca/m<sup>2</sup>/mês), apresentaram média de 1.681 minicepas por canteiro e 54% de sobrevivência das mudas, isso porque ao longo deste ano as minicepas desses clones estavam passando por um processo de renovação dos minijardins, ou seja, estavam passando por um processo de micropropagação seriada, o que demanda tempo de adaptação no viveiro até atingirem seu ápice produtivo. Ao contrário do clone 12, que ficou em um grupo isolado e foi o único dentro dos clones da pesquisa que não estava tendo seu minijardim reformado com mudas micropropagadas.

Já o clone comercial 4 apresentou baixa produtividade de brotos em relação aos demais comerciais (49 miniestaca/m<sup>2</sup>/mês), com 1.479 minicepas por canteiro, além da baixa sobrevivência (49%). A baixa produtividade neste clone foi em razão do baixo número de coletas efetuadas nele, pois ao longo do ano a empresa foi diminuindo a comercialização deste clone, em função da alta incidência de infestação por *Ceratocystis* e *Lasiodiplodia theobromae* (cancro da teca) nas árvores adultas em campo.

Os dois últimos grupos são formados por clones comerciais da empresa, sendo um grupo composto pelos clones 1, 2 e 3, o qual cada clone tem como principais características a mesma produção de miniestacas (78 miniestaca/m<sup>2</sup>/mês), contando com taxa de 65% de sobrevivência e média de 1.544 minicepas por canteiro nos minijardins. O último grupo foi composto pelos clones 5, 6, 8 e 10, com produção de 72 miniestaca/m<sup>2</sup>/mês ao longo do ano e

1.756 minicepas por canteiro nos minijardins, porém esse grupo apresentou 60% de sobrevivência das mudas ao final da produção.

Diferenças entre materiais genéticos em mudas de teca já foram relatadas na literatura (BADILLA et al., 2016; BADILLA et al., 2017; NA'ITEM; WIDIYATNO, 2020), entretanto agrupar clones de tal forma que seja possível manejar juntos determinado grupo de clones que apresentam o mesmo comportamento em relação a várias características ao mesmo tempo, é um diferencial para o viveiro, melhorando sua estrutura e os recursos que serão empregados, além de otimizar o tempo e facilitar o manejo das mudas.

## 4 CONCLUSÕES

Minicepas de teca apresentam ciclos produtivos ao longo do ano, tendo os melhores meses para a o estaqueamento de janeiro a abril, os quais apresentam melhores taxas de sobrevivência das mudas ao final da produção.

Diferentes características no minijardim, como a idade das minicepas e número de minicepas por canteiro interferem na produção de miniestacas ao longo do ano.

Os colaboradores tiveram o mesmo padrão de desempenho e qualidade de produção de mudas.

É possível agrupar os clones que apresentam características semelhantes, a fim de facilitar os processos de produção de mudas no viveiro. Os clones 1, 2 e 3 tiveram menor produção de brotos e maior porcentagem de sobrevivência, enquanto os clones 5, 6, 8 e 10 tiveram maior produção de brotos com menor taxa de sobrevivência ao final do processo produtivo. Os clones destinados a pesquisa foram os menos produtivos.

## REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A.C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2009, p.500.
- ALVARES CA, STAPE JL, SENTELHAS PC, GONC,ALVES JLM, SPAROVEK G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol.** n: 22, p:711–728, 2013
- ASSIS, T. F. de; REIS, C. A. F. Produção de mudas clonais de teca por miniestaquia. In: ASSIS, T. F. de; REIS, C. A. F. **Teca (*Tectona grandis* L. f.) no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. cap. 8.
- 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
- 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.
- BATISTA, A. F. et al. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of Eucalyptus in a subtropical environment. **Australian Forestry**, v. 78, n. 2, p. 65-72, 2015.
- BRONDANI, G. E. Micropropagation of *Eucalyptus benthamii* to form a clonal micro-garden. **In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant**, v. 48, n 5, p. 478-487, 2012.
- 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.; 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.
- DI CARVALHO, M.A. **Produção de mudas clonais de *Tectona grandis* (Linn f.) em diferentes sistemas de minijardim**. 2019. 103p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.
- DI CARVALHO, M.A.; BARBOSA FILHO, J.; KRATZ, D. Quality of clonal seedlings of *Tectona grandis* Linn F. rooted in different concentrations of indolebutyric acid. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 49, n. 3, p. 469 - 476, 2019.
- FACHINELLO, J. C. et al. **Propagação vegetativa por estaquia**. In: Propagação de plantas frutíferas. Pelotas: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. 221p.
- FIELD, A. **Descobrimo a estatística usando o SPSS**. Tradução de Lorí Viali. Porto Alegre, RS, 2ª. ed., Editora Artmed, 2009, 687p.
- 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.

GAVA, H. F. et al. Volume, incremento e crescimento em povoamentos clonais e seminais de Teca com danos na copa. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, v. 18, n. 43, p. 79-86, 2021.

GOH, D. K. S.; MONTEUUIS, O. Rationale for developing intensive teak clonal plantations, with special reference to Sabah. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 285, n. 3, p. 5-15, 2005.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices.** New Jersey: Prentice Hall, 8 Ed. 2011. p. 915.

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. 2007.

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. 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.

IBA. **Indústria brasileira de árvores.** s.l, p. 80, 2019

IBA. **Indústria brasileira de árvores.** s.l, p. 96, 2022.

LATTIN, J.; CARROLL, J. D.; GREEN, P. E. **Análise de dados multivariados.** Tradução de Harue Avritscher. São Paulo: Cengage Learning, 456p. 2011.

LIMA, M. S. et al. Mini-cutting technique application in Corymbia and Eucalyptus: effects of mini-tunnel use across seasons of the year. **New Forests**, v. 53, n. 1, p. 161-179, 2021.

MANLY, B. F. J. et al. **Multivariate Statistical Methods: A Primer.** Fourth edition. Boca Raton: CRC Press.

NA'EM, S.M.; WIDIYATNO, S.I. The effects of rooting media, IBA, and clones on rooting ability of Teak's shoot cutting. **Earth and Environmental Science.** Indonesia v. 449, p. 16-17, 2019.

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

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

QUEIROZ, W. T. D. et al. Índice de valor de importância de espécies arbóreas da floresta nacional do tapajós via análises de componentes principais e de fatores. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 47-59, 2017.

SENA, A. L. et al. Protagonismo das mulheres em viveiros florestais. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p.68411-68417, sep. 2020.

TAKIZAWA, F.H.; MEDEIROS, R.A.; LEITE, H. G.; BORÉM, A. Teca do plantio á colheita. Viçosa – MG, Ed. UFV, 2022, 344 p.

TITON, M. et al. 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.

VIJAYALAKSHMI, K.P.; JAMALUDHEEN, V. Effect of seed pre- treatments on germination and seedling characteristics of teak seed. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, India, v. 9, n. 4, p. 3361-3363, 2020.

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

## CAPÍTULO 2 – OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS CLONAIS DE TECA (*Tectona grandis* Linn F.)

### RESUMO

A técnica de miniestaquia para teca é baseada em protocolos de propagação para outras espécies florestais, sendo necessário conhecer as individualidades da espécie, bem como a diferença no comportamento de cada material genético ante o enraizamento das miniestacas. Desta forma o objetivo da pesquisa foi determinar o tempo ótimo de enraizamento das miniestacas em casa de vegetação e o padrão de qualidade do seu sistema radicial, em oito clones de teca em quatro épocas do ano. Brotações dos oito clones de teca foram coletadas de minicepas plantadas em canaletões de areia e cultivadas em sistema semi-hidropônico. As miniestacas foram preparadas com sete centímetros de comprimento, folhas reduzidas a 75% da dimensão original, corte da base em bisel e adição de ácido indolbutírico em pó a 500 mg. L<sup>-1</sup>. As análises se deram a cada sete dias durante 42 dias, sendo avaliado: modificações aparentes nas miniestacas, porcentagem de enraizamento e comprimento total de raízes das miniestacas em casa de vegetação e altura das mudas na saída da casa de sombra nos meses de dezembro de 2021, junho, agosto e outubro de 2022. Foi realizada uma análise descritiva das modificações aparentes nas miniestacas, análise de regressão para porcentagem de enraizamento e comprimento total de raízes das miniestacas e análise fatorial para altura das mudas em casa de sombra. De modo geral, os clones apresentaram diferentes velocidades de enraizamento sendo que a coleta em dezembro o processo rizogênico foi mais rápido, culminando em maiores porcentagens de enraizamento, melhor sistema radicial e maior altura das mudas em casa de sombra quando comparada as outras coletas. O tempo ideal de permanência das miniestacas em casa de vegetação variou de 14 a 35 dias, a depender do clone e época do ano.

**Palavras-chave:** Rizogênese. Miniestaquia. Clonagem. Épocas do ano. Silvicultura clonal.

## ABSTRACT

The mini-cutting technique for teak is based on propagation protocols for other forest species, making it necessary to know the individualities of the species, as well as the difference in the behavior of each genetic material when mini-cuttings are rooted. Therefore, the objective of the research was to determine the optimal rooting time for mini-cuttings in a greenhouse and the quality standard of their root system, in eight teak clones and four times of the year. Shoots of the eight teak clones were collected from mini stumps planted in sand channels and cultivated in a semi-hydroponic system. The mini-cuttings were prepared seven centimeters long, leaves reduced to 25% of the original size, the base cut into a bevel and addition of indolebutyric acid powder at 500 mg. L<sup>-1</sup>. The analyzes took place every seven days for 42 days, evaluating: apparent changes in the mini-cuttings, percentage of rooting and total length of roots of the mini-cuttings in the greenhouse and height of the seedlings when leaving the shade house in the months of December 2021, June, August and October 2022. An exploratory analysis of the apparent changes in the mini-cuttings was carried out, regression analysis for rooting percentage and total root length of the mini-cuttings and factor analysis for seedling height in the shade house. In general, the clones showed different rooting speeds, with the collection in December showing a faster rhizogenic process, culminating in higher rooting percentages, a better root system and greater height of the seedlings in the shade house when compared to other collections. The ideal time for mini-cuttings to remain in a greenhouse variety from 14 to 35 days, depending on the clone and time of year.

**Keywords:** Rhizogenesis. Minicutting. Cloning. Times of the year. Clonal forestry.

## 1 INTRODUÇÃO

A teca tem grande aceitação no mercado internacional madeireiro, devido à alta qualidade do fuste, sendo utilizada principalmente para fins nobres. A forte demanda do mercado internacional aliada a tecnologia de produção estabelecida para plantações comerciais e o alto valor de mercado, trazem algumas vantagens para o investimento em teca quando comparada a outras espécies tropicais nobres (CAMINO; MORALES, 2013).

A África é tradicional no cultivo de teca e um dos maiores no fornecimento de madeira desta espécie. Entretanto, a tendência é a queda dessa produção em razão de, na África, a produção de teca plantada ainda ser de forma precária e com baixos investimentos. As plantações ficam restritas a programas governamentais, sítios ruins, baixo investimento em manejo, longo período de rotação e baixa produtividade. Já na Ásia, sua região de origem, é outro lugar com grande representatividade no fornecimento de madeira de teca, porém, vem sofrendo forte pressão na sua proteção, ocasionando restrições de corte nas florestas nativas (TAKIZAWA et al., 2022).

O Brasil é onde estão localizados os plantios mais jovens de teca, e tem sido o principal destino de investimentos privados para manejo, material genético melhorado e conseqüentemente maiores produtividades (TAKIZAWA et al., 2022). Desta forma, para conseguir atender a demanda atual e futura, é necessário aprimorar protocolos da propagação vegetativa específicos para essa espécie, de modo a garantir a utilização de genótipos superiores a fim de maximizar e uniformizar os plantios de teca.

Diante de algumas limitações na produção de mudas de teca, principalmente pelo método de miniestaquia, a baixa produtividade de minicepas e as baixas taxas de sobrevivência da muda são fatores que necessitam ser aprimorados. Na'iem e Widiyatno (2020), estudando o enraizamento de 11 clones com o uso de reguladores de crescimento, encontraram 70% de enraizamento para o melhor clone do estudo, valor ainda muito baixo em comparação a outras espécies florestais com protocolos de propagação melhor desenvolvidos. Levando em conta que a espécie já apresenta certa dificuldade no enraizamento por diversos motivos, faz-se necessário encontrar meios que melhorem as taxas de enraizamento, bem como definir o tempo ótimo de permanência das miniestacas em casa de vegetação, para favorecer a produção de mudas de teca.

Atualmente, empresas produtoras de mudas de teca utilizam critérios operacionais para produção de mudas baseados principalmente do gênero *Eucalyptus*, variando de 30 a 45 dias de permanência em casa de vegetação climatizada. Entretanto, cada material genético tem suas particularidades e necessita ser estudada a fim de aprimorar sua produção, diminuindo a incidência de pragas e doenças e, conseqüentemente, reduzindo os custos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar o tempo ótimo de enraizamento das miniestacas em casa de vegetação e o padrão de qualidade de seu sistema radicial, em oito clones de teca e quatro épocas do ano.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo e constituição do minijardim clonal.

O estudo foi desenvolvido em um viveiro de produção de mudas de teca na região Mato Grosso. 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).

Foram utilizados todos os materiais genéticos comerciais (oito clones) do viveiro em estudo, dos quais foram coletadas miniestacas em minicepas estabelecidas em canaletas de fibrocimento forradas com filme agrícola de 150 µm em toda sua extensão, sobre o qual foram adicionados cinco centímetros de brita média e coberta por areia lavada de granulometria média, com as minicepas espaçadas 10 x 10 cm. Os minijardins foram cobertos com uma estrutura revestida de polietileno transparente de baixa densidade (150 µm) possuindo tratamento contra raios ultravioletas, sombrite 50% e com sistema de irrigação via gotejamento. A solução nutritiva (pH 6) dos minijardins foi por fertirrigação via gotejamento, aplicada duas vezes na semana na quantidade de 100 ml por minicepa/aplicação no minijardim (TABELA 3)

Tabela 3 - Composição da solução nutritiva para fertirrigação das minicepas de teca.

Fertilizante	Concentração (mg. L <sup>-1</sup> )
Sulfato de Magnésio	56
Nitrato de Cálcio	84
Nitrato de Amônio	70
Monoamônio fosfato	130
Cloreto de Potássio	290
Ácido Bórico	1
Sulfato de Cobre	11
Sulfato de Zinco	4
Sulfato de Manganês	1
Molibdato de Sódio	1
Quelato de Ferro	13

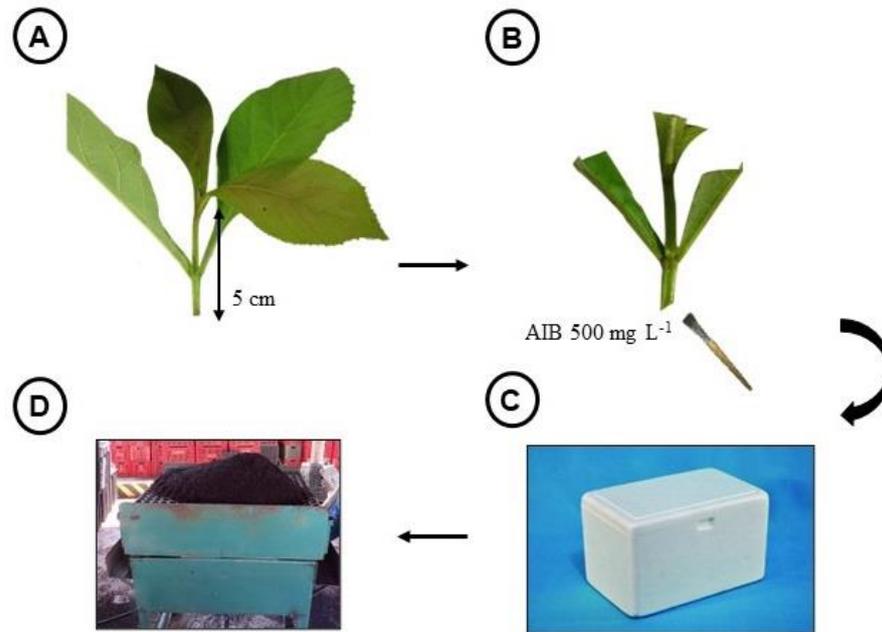
Fonte: Do autor (2022)

## 2.2 Coleta das brotações, preparo e estaqueamento das miniestacas.

As brotações de teca foram coletadas no período matinal, a fim de reduzir a evapotranspiração das miniestacas, para tanto, foi utilizada tesoura de poda, previamente esterilizada 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 estaqueamento. As coletas foram feitas de forma seletiva, ou seja, quando mais de 70% dos brotos atingissem cinco centímetros de comprimento; brotações menores foram mantidas nas minicepas para coletas subsequentes.

Para confecção das miniestacas apicais (comprimento de  $5\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$ ), foi realizado corte da base em bisel, um par de folhas reduzidas a 75% de sua dimensão original, evitando assim o excesso de transpiração e a dificuldade para que as gotículas de água da irrigação atingissem o substrato (FIGURA 8 A e B). Após o preparo das miniestacas, estas foram tratadas com fitorregulador ácido indolbutírico (AIB) via talco na concentração de  $500\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  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  $1\text{ mS/cm}$  contido em tubetes plásticos cônicos de  $55\text{ cm}^3$  (FIGURA 8 C e D). Previamente os tubetes foram desinfestados com solução a 0,25% (v/v) de hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ) por 48 horas, sendo em seguida lavados em água corrente.

Figura 8 - Preparo das miniestacas de *Tectona grandis* Linn F. em um viveiro de produção de mudas de teca no Mato Grosso. (A) brotação apical com comprimento de 5 cm  $\pm$  1 cm. (B) corte da base em bisel, um par de folhas reduzidas a 75% de sua dimensão original e aplicação de AIB 500 mg L<sup>-1</sup>. (C e D) acondicionamento das miniestacas em caixas de isopor e seu posterior estaqueamento.



Fonte: Do autor (2023)

As miniestacas foram mantidas em casa de vegetação climatizada por 42 dias (final do período avaliativo), cobertas com polietileno transparente (mesma especificação utilizada no minijardim). A umidade relativa e temperatura do ar foram controladas automaticamente por um umidostato e termostato, respectivamente. A irrigação em casa de vegetação foi por nebulização, acionada na primeira semana por 20 segundos a cada 7 minutos e a partir da segunda semana por 25 segundos a cada 12 minutos. A vazão de cada nebulizador foi de 7 litros/hora. Após os 42 dias em casa de vegetação, as miniestacas foram transferidas para casa de sombra, com sombrite preto de 50% e irrigação por microaspersão a cada 4 horas por 15 minutos, para aclimação, tendo sua permanência por 20 dias. A vazão de cada micro aspersor foi de 21 litros/hora

### 2.3 Avaliações experimentais e procedimentos estatísticos

Foram realizadas quatro coletas ao longo do ano, sendo a primeira coleta no mês de dezembro/2021, segunda, terceira e quarta coleta nos meses de junho, agosto e outubro/2022 respectivamente. A partir do controle interno do viveiro, na época de coleta em dezembro foi registrado temperatura média de 35°C, em junho a agosto as temperaturas apresentaram, média de 30°C e meados de setembro a outubro apresentou grande amplitude térmica, com mínimas de 38°C e máximas de 48°C.

Foi realizada avaliação em casa de vegetação a cada sete dias: 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias depois do estaqueamento para verificar o desenvolvimento do sistema radicial e enraizamento das miniestacas. Para isso, foram utilizadas de forma destrutiva, quatro miniestacas de cada clone, amostradas aleatoriamente por repetição em cada período de avaliação e coleta.

Foi feita uma avaliação qualitativa, seguida de uma análise descritiva, do comportamento das miniestacas de cada clone em relação ao grau de modificação no decorrer das avaliações semanais (7, 14, 21, 28, 35 e 42). Foram consideradas miniestacas modificadas aquelas que apresentaram modificações aparentes, ou seja, predisposição ao enraizamento propriamente dito, como pontos translúcidos na base de miniestacas, intumescimento da base, formação de calos e pontos de iniciação de raízes. Também foram contabilizadas miniestacas que apresentaram processos oxidativos na base

Além da avaliação qualitativa, foram determinados em cada período avaliativo (7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias) e em cada coleta (dezembro/21, junho, agosto e outubro/22) o comprimento total das raízes primárias (CTR) e porcentagem de enraizamento (Enr) para as miniestacas enraizadas dos oito clones. Os oito clones comerciais utilizados nesse estudo, obedeceram a mesma nomenclatura que foram designados no cap 1, sendo eles: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 e 10.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial (8 x 7 x 4). Os fatores foram constituídos utilizando oito clones, sete avaliações semanais e quatro épocas de coleta, contando com cinco repetições de 40 miniestacas por parcela.

As variáveis CTR e enraizamento foram submetidas ao teste de Bartlett ( $p < 0,05$ ) para testar a homogeneidade de variância entre os tratamentos e de normalidade. A análise de variância (ANOVA) foi usada para testar os efeitos significativos dos tratamentos ( $p < 0,01$  e

$p < 0,05$ ). De acordo com significância, os dados foram submetidos à regressão não linear de crescimento logístico, exponencial e DR-Hill-Zerobackground a fim de gerar modelos para encontrar o tempo ótimo de permanência das mudas em casa de vegetação, para todas as épocas de coletas: dezembro/21 (1), junho/22 (2), agosto/22 (3) e outubro/22 (4) e clones. Para as análises, foram utilizados os softwares estatístico Curve Exper e R versão 4.3.1.

Após os 42 dias em casa de vegetação, as mudas remanescentes foram levadas à casa de sombra, e após 20 dias neste ambiente (saída da casa de sombra) foram avaliadas as alturas (Ht), a fim de verificar a influência da qualidade do sistema radicular e época de coleta sobre o crescimento aéreo da muda. Para isso foram avaliadas dez mudas de cada clone, amostradas aleatoriamente, por repetição em cada época de coleta (estaqueamento).

Em casa de sombra, a altura das mudas foi analisada pelo teste de Bartlett ( $p < 0,05$ ) para testar a homogeneidade da variância entre os clones dentro de cada coleta, seguida da análise de variância (ANOVA  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) utilizando a análise fatorial. De acordo com a significância da ANOVA, os fatores (coleta e clone) foram desdobrados e comparados pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para as análises, foi utilizado o software estatístico R versão 4.3.1.

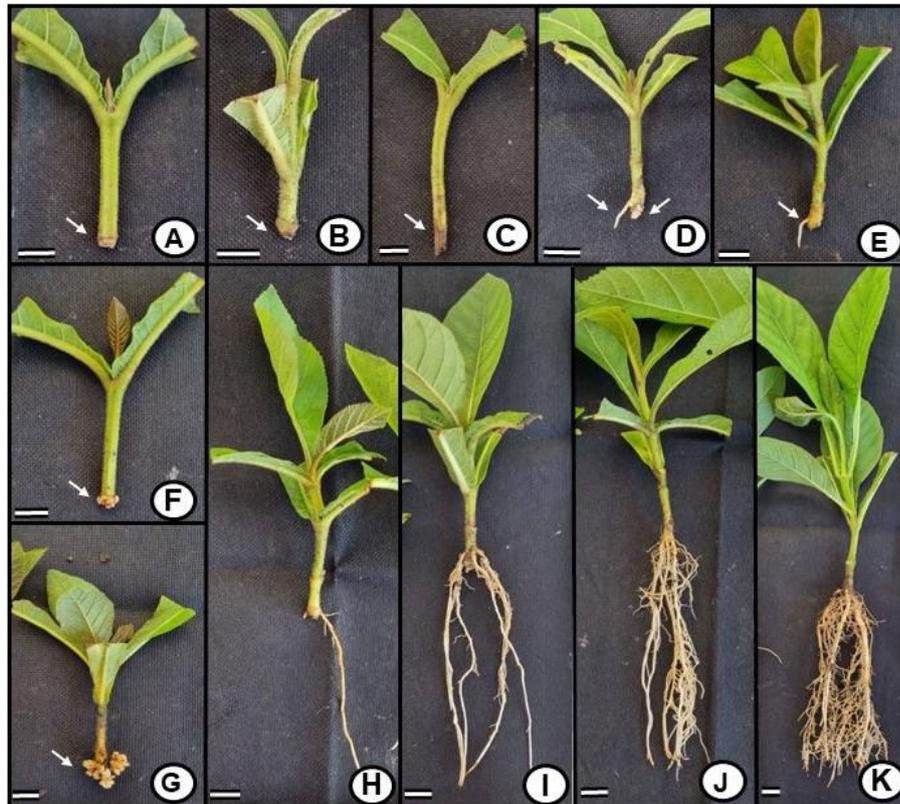
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises estatísticas, notam-se diferenças no comprimento total de raízes e enraizamento entre a coleta de dezembro/2021 (1) em relação às coletas de junho, agosto e outubro/2022 (2, 3 e 4 respectivamente). A coleta em dezembro teve padrão comportamental de emissão, crescimento de raízes e enraizamento de todos os clones mais rápido e melhor, quando comparada às coletas de junho, agosto e outubro, as quais apresentaram maior lentidão no enraizamento e crescimento radicial em todos os clones, não diferindo entre si.

Foram apresentados gráficos apenas entre coletas com padrões de enraizamento e crescimento do sistema radicial diferentes, sendo escolhida a coleta de dezembro (1) e a coleta de agosto (3). Todos os clones foram possíveis de modelar, entretanto, não foi possível encontrar modelos que se ajustassem de forma concisa para todos os clones dentro de cada coleta, uma vez que, ao longo dos meses de avaliação, não foi observado um padrão sigmoidal ou exponencial das raízes, e nem para outro modelo não linear comumente utilizado na área biológica. Desta forma o motivo da escolha da coleta em agosto em relação às outras duas coletas (junho e outubro) foi o melhor ajuste de modelo para a maior quantidade de clones possíveis dentro da mesma coleta, sendo que apenas o clone 3 foi comparado no mês de outubro, o qual houve ajuste de modelo. Já o clone 8 para o enraizamento foi possível modelar apenas na coleta de dezembro, não sendo possível ajustar um modelo que representasse bem seu comportamento, visto sua irregularidade de enraizamento ao longo das avaliações. Todas as equações dos modelos ajustados utilizadas para compor os gráficos estão no apêndice A.

Durante o período de amostragem das miniestacas, desde os primeiros 7 dias todos os clones apresentaram alterações morfológicas na região basal da miniestaca, como formações calogênicas, pontos translúcidos, intumescimento e alguns clones apresentaram oxidação na base da miniestaca, em especial o clone 6 (FIGURA 9A - C). Aos 14 dias da coleta em dezembro houve surgimento das primeiras raízes (FIGURA 9E) e a presença de calos (FIGURA 9F), entretanto quando as raízes estavam presentes, estas se originavam na região acima do calo (enraizamento direto) (FIGURA 9D). Com o passar das avaliações (21; 28; 35 e 42 dias) foi se confirmando o tempo ideal de permanência das miniestacas em casa de vegetação, de acordo com o material genético e época de coleta (FIGURA 9H - K). De modo geral, a presença de calos foi comum em todos os materiais genéticos, em especial os clones 6 e 10 aos 42 dias (FIGURA 9G).

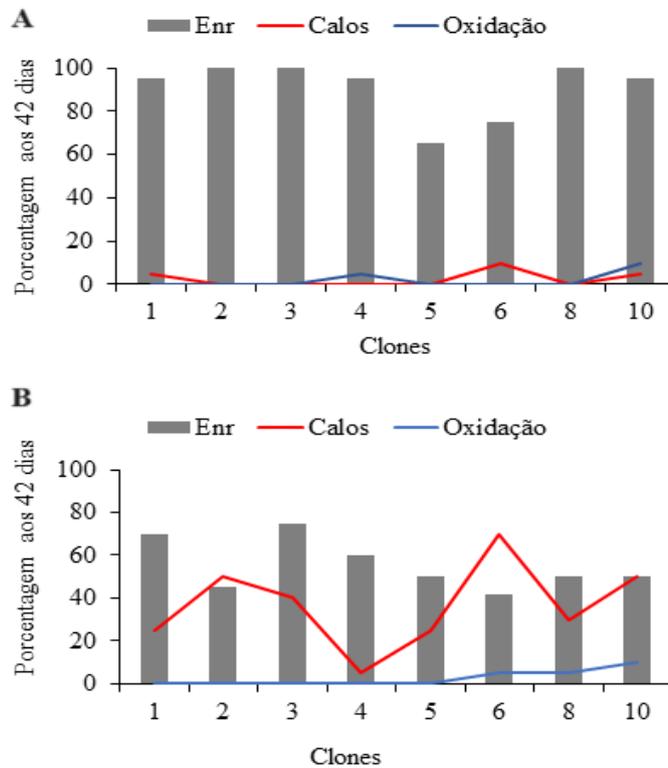
Figura 9 - Enraizamento de miniestacas de teca. (A) miniestaca aos 7 dias com presença de calo. (B e C) miniestaca aos 7 dias com região basal intumescida ou oxidada respectivamente. (D) miniestaca aos 14 dias com presença de raiz e calo. (E) miniestaca aos 14 dias com presença somente de raiz. (F) miniestaca aos 14 dias com presença de calo. (G) presença de calo aos 42 dias. (H) miniestaca enraizada aos 21 dias, (I) aos 28 dias, (J) aos 35 dias e (K) aos 42 dias. Barra = 1 cm.



Fonte: Do autor (2022)

A partir da análise descritiva dos dados ao final do experimento (42 dias) verificou-se que na coleta de dezembro houve maior enraizamento em relação a coleta de agosto (FIGURA 10 A e B). Nota-se também que em agosto o menor enraizamento veio acompanhado de uma maior porcentagem calogênica, indicando que houve estímulo ao enraizamento, entretanto esse não foi suficiente para completar seu processo rizogênico. A maior porcentagem calogênica encontra-se no clone 6, sendo esse a apresentar o menor enraizamento em relação aos outros clones em agosto (FIGURA 10 A e B). Os processos oxidativos e de intumescimento da base da miniestaca foram encontrados em sua maioria aos primeiros 14 dias após o estaqueamento.

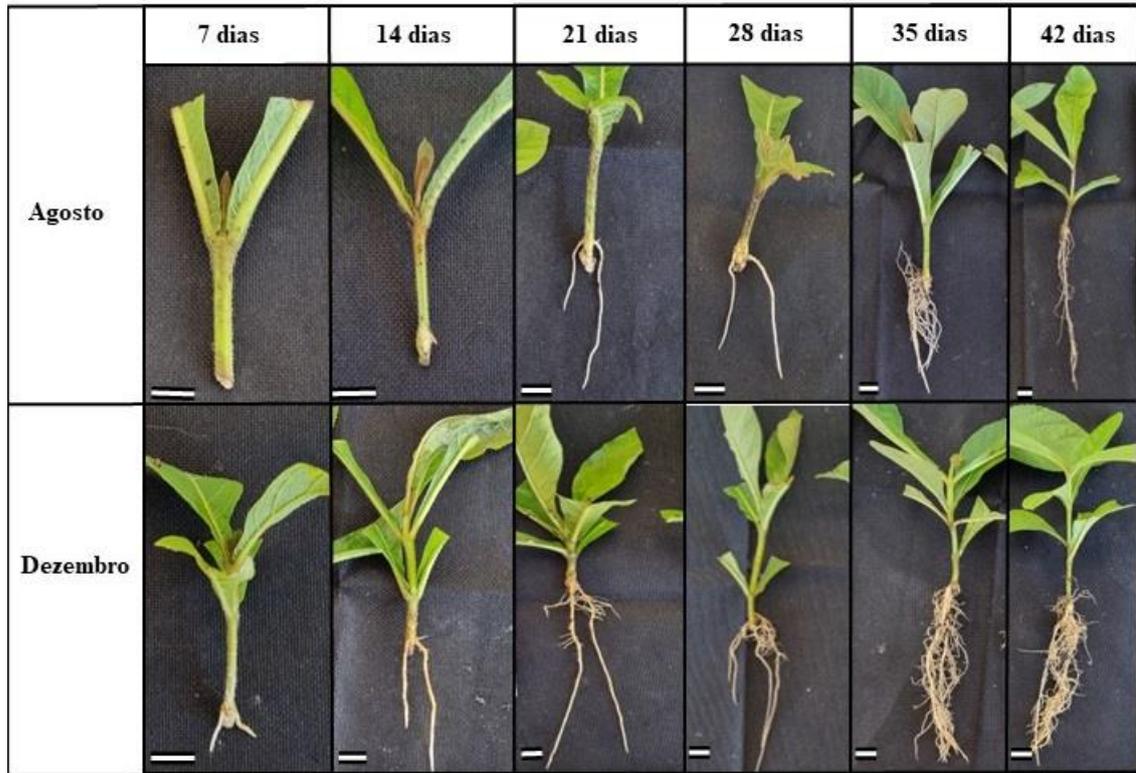
Figura 10 -Porcentagem de enraizamento, calos e oxidação na base da miniestaca aos 42 dias após o estaqueamento em dezembro de 2021 (A) e agosto de 2022 (B) para miniestacas de teca.



Fonte: Do autor (2023)

De posse das avaliações semanais e tomando como base as coletas que apresentaram comportamentos distintos (coleta em dezembro e agosto), foi possível concluir a partir das curvas e pelas estimativas do parâmetro  $a$  (crescimento máximo das variáveis estudadas) dos modelos, sobre o enraizamento, comportamento rizogênico dos clones e o tempo ótimo de permanência das miniestacas em casa de vegetação ao longo das coletas (FIGURA 11).

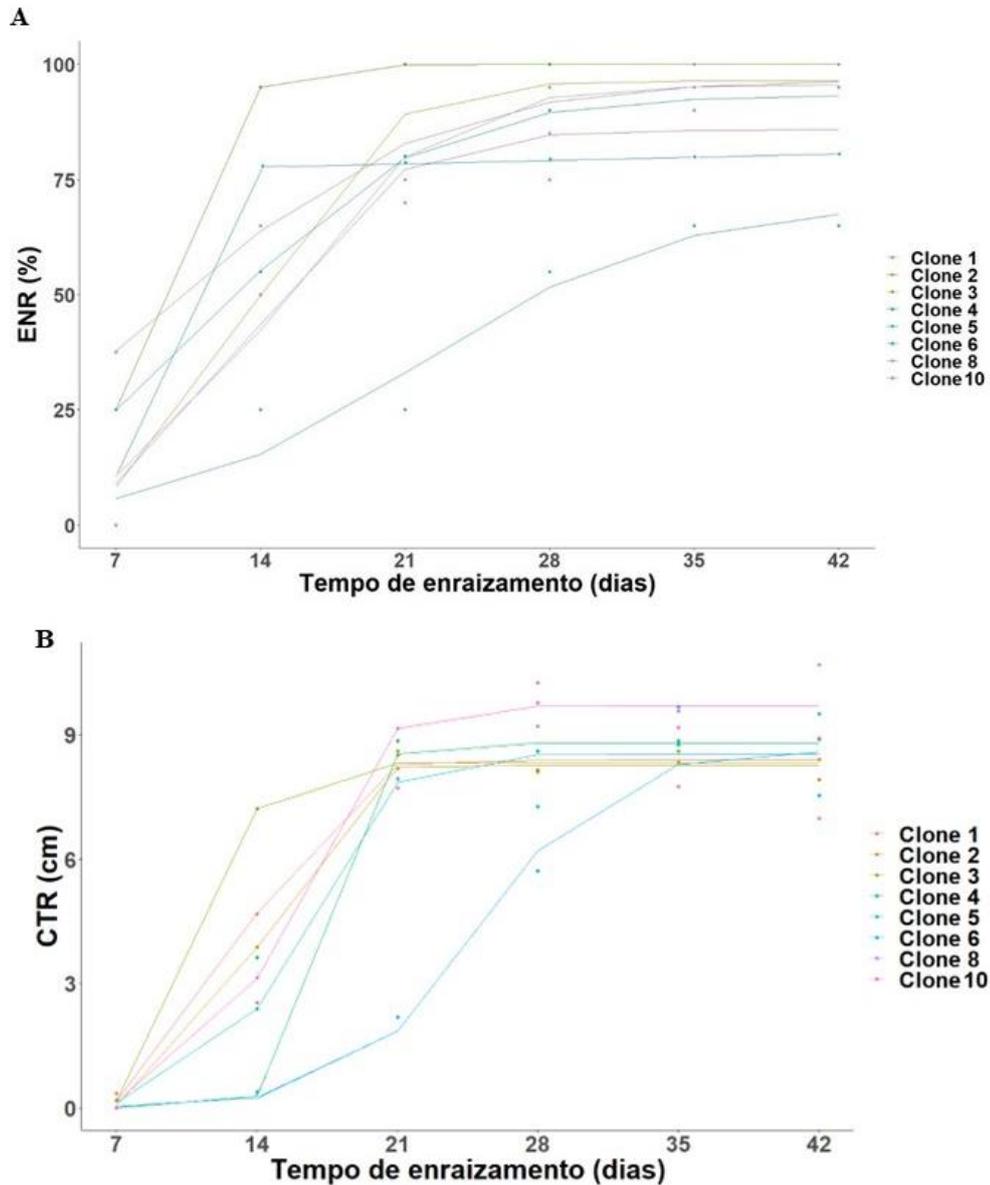
Figura 11 - Enraizamento de miniestacas de teca em agosto e dezembro. Barra = 1 cm.



Fonte: Do autor (2022)

Iniciando pela coleta realizada em dezembro de 2021, os primeiros clones a apresentarem rizogênese aos 7 dias foram o 1, 3 e 4, dos quais o clone 3 estabilizou-se aos 14 dias após o enraizamento sendo aconselhada sua retirada da casa de vegetação, apresentando 95% de enraizamento e 7,2 cm de CTR, não diferindo mais do restante dos outros períodos avaliativos. Esse clone foi o primeiro a poder ser retirado da casa de vegetação (FIGURA 12 A e B). Aos 21 dias, seguiu-se com a estabilização do enraizamento da maioria dos outros clones, sendo eles, 1, 2, 4, 8 e 10, com médias de 77% de enraizamento das miniestacas e crescimento radicial estabilizados com médias de 8,47 cm de CTR. Já o clone 6, aos 14 dias estava com 75% das miniestacas enraizadas, entretanto seu sistema radicular ainda era pouco desenvolvido, com raízes pequenas e frágeis, sendo aconselhado sua retirada somente aos 35 dias, quando seu sistema radicial atingiu seu máximo comprimento. O clone 5 teve seu processo de enraizamento e crescimento radicial mais lento, atingindo seu potencial máximo de enraizamento somente aos 35 dia, o qual houve estabilização da curva de regressão, chegando para esse período 65% de enraizamento e CTR 8,75cm (FIGURA 12 A e B).

Figura 12 – Porcentagem de enraizamento (ENR) (A) e comprimento total de raízes (CTR) de miniestacas de teca (A) em função dos clones e tempo de permanência em casa de vegetação para coleta em dezembro. São mostradas linhas de tendência para os todos os clones.



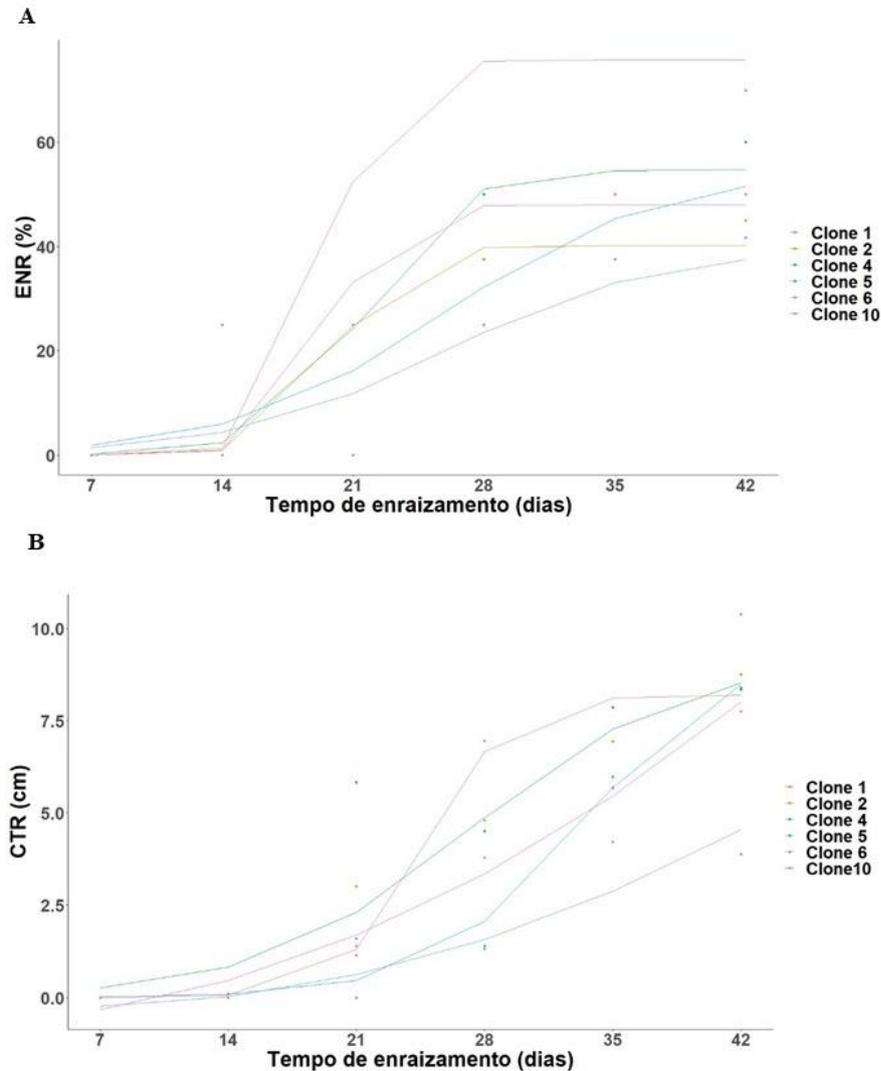
Fonte: Do autor (2023)

Já a coleta realizada em agosto, apresentou de modo geral um atraso da retirada dos clones da casa de vegetação, obedecendo o mesmo padrão comportamental das coletas em junho e outubro. Todos os clones apresentaram rizogênese a partir de 21 dias, menos o clone 1 que apresentou raízes aos 14 dias e o clone 6 aos 28 dias. Aos 21 dias nenhum clone teve seu enraizamento estabilizado, passando então para os 28 dias, os quais tiveram os clones 1, 2, 4 e 10 atingindo média de 47% de enraizamento para esse período (FIGURA 13 A).

Entretanto, os clones 2, 4 e 10 tiveram seu melhor crescimento radicial (estabilização da curva) aos 35 dias, com médias de 6,83 cm, versus 4,35 cm no tempo 28 dias, sendo então aconselhado a retirá-los neste período (35 dias). Já os clones 5 e 6 podem ser retirados aos 35 dias, com porcentagens de enraizamento de 50 e 37,5% respectivamente e média de 5 cm de CTR (FIGURA 13 A e B).

O clone 6 foi o que apresentou menor porcentagem de enraizamento, para o mês de agosto. No entanto, houve um grande estímulo para produção de calos, fato comum para esse material genético independente da época do ano, mudando apenas a quantidade em que eles estão presentes. Uma característica desse clone é seu difícil enraizamento nesse período de menor produção de brotos de teca, entretanto o clone apresenta excelente crescimento em campo e alta resistência a pragas e doenças. Estão sendo empregados estudos para melhorar seu enraizamento, testando diferentes soluções nutritivas nas minicepas, diferentes dosagens de auxinas, dentre outras técnicas para aperfeiçoar seu enraizamento.

Figura 13 - Porcentagem de enraizamento (ENR) (A) e comprimento total de raízes (CTR) de miniestacas de teca (A) em função dos diferentes clones e tempo de permanência em casa de vegetação para coleta em agosto. São mostradas linhas de tendência para os clones 1, 2, 4, 5, 6 e 10.



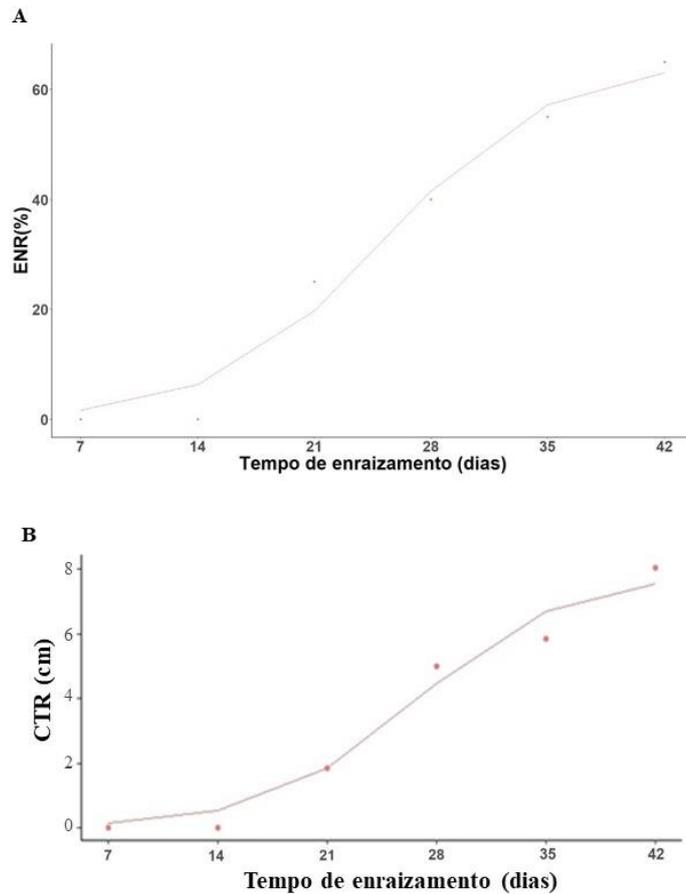
Fonte: Do autor (2023)

Para o enraizamento, os clones 3 e 8 não foram possíveis de ajustar nos modelos não lineares para a coleta realizada em agosto. A fim de encontrar um tempo ótimo de retirada das mudas da casa de vegetação, foram utilizadas outras coletas em que esses clones tiveram padrão de comportamento semelhante e houve ajuste de modelo.

Para o clone 3, na coleta em outubro de 2022, a rizogênese iniciou-se aos 21 dias e somente entre 35 a 42 dias houve uma desaceleração na curva do enraizamento, apresentando nesse período 55% e 65% de enraizamento respectivamente. Também houve, neste mesmo

período, a estabilização da curva do crescimento do seu sistema radicial, apresentando CTR de 5,84 cm e 8,03 cm respectivamente (FIGURA 14 A e B).

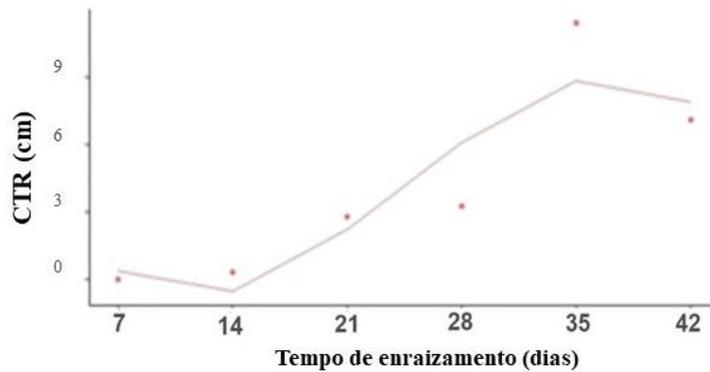
Figura 14 - Porcentagem de enraizamento (ENR) (A) e comprimento total de raízes (CTR) de miniestacas de teca (A) no clone 3 e tempo de permanência em casa de vegetação para coleta em outubro. São mostradas linhas de tendência.



Fonte: Do autor (2023)

O clone 8 para enraizamento, conforme relatado anteriormente, não se ajustou em nenhum modelo não linear nas coletas efetuadas nos meses de junho, agosto e outubro. Entretanto nas coletas em junho e agosto sua porcentagem de enraizamento ficou com médias de 50% aos 35 dias. Já seu CTR foi possível de ser ajustado para coleta em agosto, indicando que o crescimento das raízes se estabilizaram também aos 35 dias, com CTR de 11 cm (FIGURA 15).

Figura 15 - Comprimento total de raízes (CTR) de miniestacas de teca em função do clone 8 e tempo de permanência em casa de vegetação para coleta em agosto. São mostradas linhas de tendência.



Fonte: Do autor (2023)

Já na coleta em outubro, o clone 8 não teve valores satisfatórios de enraizamento, média de 5% aos 42 dias. Nesse período (outubro) 66% das miniestacas apresentaram calo, pontos translúcidos ou intumescimento na região basal da miniestacas, 13% tiveram a região basal oxidada e o restante (16%) não apresentaram qualquer alteração visível desde o início do estaqueamento (FIGURA 16). Esse decréscimo considerável de enraizamento com o passar dos meses, em dezembro (75%) e outubro (5%), pode indicar que esse material genético é sensível às altas temperaturas que ocorrem no mês de outubro, atingindo máximas de 48 °C dentro da casa de vegetação, ocasionando degradação de auxinas na região basal do propágulo (RASMUSSEN et al., 2009), prejudicando a indução da raiz adventícia e favorecendo a formação de calo na região basal (BRONDANI, 2012). Porém nota-se que houve estímulo para a formação de raízes, visto a alta concentração de calos, porém esse estímulo não foi suficiente para sua emissão.

Figura 16 - Clone 8 aos 42 dias de miniestaqueamento na coleta em outubro. Miniestaca com a região basal intumescida (A), com calo (B) e oxidada (C). (D) Miniestaca enraizada aos 42 dias. Barra = 1cm.



Fonte: Do autor (2022)

Passados 42 dias em casa de vegetação, as mudas foram levadas à casa de sombra por 20 dias para averiguar a diferença de crescimento de cada clone e cada período de coleta. De acordo com a análise de variância, houve diferença significativa entre os oito clones avaliados, épocas de coleta (dezembro, junho, agosto e outubro) e interação entre os fatores (APÊNDICE B). De maneira geral, pode-se observar que dezembro apresentou a maior média quando comparada com as demais coletas em todos os clones, sendo a única coleta em que os clones apresentaram diferenças de altura entre si (TABELA 4).

Tabela 4 – Valores médios da altura das mudas de oito clones de teca aos após 20 dias em casa de sombra, em função das quatro épocas de coleta.

Coleta	Altura (cm)								Média
	Clones								
	1	2	3	4	5	6	8	10	
<b>Dezembro/21</b>	15,8 Abc	18,8 Bab	22,5 Aa	15,5 Abc	10,7 Ad	11,8 Acd	15 Abcd	12,8 Acd	15,36
<b>Junho/22</b>	5 Ba	4,2 Ba	5,32 Ba	4,8 Ba	5,4 Ba	5 Ba	4,6 Ba	5,4 Ba	4,96
<b>Agosto/22</b>	5,5 Ba	5,7 Ba	4 Ba	5,6 Ba	5,4 Ba	5,6 Ba	4,2 Ba	5,8 Ba	5,22
<b>Outubro/22</b>	5,42 Ba	6,5 Ba	6,72 Ba	7,7 Ba	5,64 Ba	5,84 Ba	4,74 Ba	5,8 Ba	6,04
<b>Média</b>	7,93	8,8	9,635	8,4	6,78	7,06	7,13	7,45	-

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 50%. Fonte: Do autor (2023).

A não significância do crescimento em altura nas coletas em junho, agosto e outubro pode ser em função da qualidade do sistema radicial formado, uma vez que pela análise de regressão, foi possível observar que apresentaram o mesmo padrão de comportamento, refletindo assim no crescimento aéreo da muda.

Em contrapartida a melhor formação de raízes foi na coleta em dezembro, a qual possibilitou maior crescimento em altura dos clones (média de 15,36 cm). O clone que apresentou o maior crescimento foi o 3, entre 22,5 cm, seguido do clone 2 (18,8 cm) enquanto o que obteve menor altura foi o clone 5 com 10,7 cm (TABELA 4). O clone 3 de modo geral, apresenta boa capacidade de enraizamento no viveiro, dispondo de um sistema radicial vigoroso com grande quantidade de raízes primárias e consequentemente maior número de raízes secundárias e terciárias, as quais são as principais responsáveis pela captação de água e nutrientes, ocasionando maior altura nas mudas desse clone.

Sabe-se que fatores como diferentes concentrações de auxinas (DI CARVALHO et al., 2019), materiais genéticos (NA'ITEM; WIDIYATNO, 2020), idade da minicepa (HUSEN, 2011), tempo de armazenamento do propágulo (BADILLA et al., 2017), posição do ramo (HUSEN; PAL, 2007) e sistemas de minijardim (CARVALHO, 2019) influenciam no enraizamento de mudas de teca, entretanto estudos que visam compreender a dinâmica do

enraizamento, bem como o tempo ótimo de permanência das mudas de teca em casa de vegetação ainda são escassos. Sawitri et al. (2020) estudando 10 clones de teca também encontraram grande amplitude de porcentagem de enraizamento entre clones, de 30 a 85%, afirmando que as características genotípicas afetam fortemente a eficiência da capacidade de enraizamento, além da qualidade do sistema radicular. Corroborando com esse estudo, o qual demonstrou que realmente existem diferenças entre os materiais genéticos em relação à permanência das mudas em casa de vegetação e enraizamento em diferentes épocas do ano, conforme já constatado para outras espécies florestais (MELO et al., 2011; BRONDANI et al., 2012; BURIN et al., 2018; VIEIRA et al., 2023).

As raízes observadas na extremidade inferior do tubete são um critério prático utilizado pelos viveiros florestais como indicativo do momento da retirada das mudas da casa de vegetação para levá-las para a casa de sombra (SOUZA et al., 2013). Normalmente, para o viveiro do presente estudo, utiliza-se entre 50% e 60% das mudas passando as raízes para a extremidade inferior do tubete (raízes maiores que 12 cm), o que leva em média 42 dias. Entretanto como observado pelo enraizamento, dependendo do clone e época do ano, esse critério atrasaria em média 14 dias a retirada das mudas da casa de vegetação, aumentando as chances de propagação de patógenos, em decorrência das condições propícias em casa de vegetação (altas temperaturas e umidade) para essas doenças, diminuindo a capacidade produtiva do viveiro e aumentando os custos. Outro fator importante na constatação da melhor época do ano para o enraizamento de mudas, é a logística que o viveiro pode adotar a partir do conhecimento do processo rizogênico de cada material genético, concentrando sua equipe de colaboradores em momentos chaves, ou seja, conciliando a melhor produção de brotações do minijardim com a melhor época de enraizamento das miniestacas.

Outro elemento a ser considerado, é a remoção prematura das mudas antes que tenham a chance de desenvolver completamente seu sistema radicular. Souza et al. (2013), observaram que a mortalidade das mudas durante a permanência na casa de sombra se deu principalmente naquelas miniestacas que não enraizaram ou que apresentaram sistema radicular pouco desenvolvido na saída da casa de vegetação. Isso evidencia a necessidade de se conhecer o tempo ótimo de permanência das miniestacas na casa de vegetação e lançar mão de ferramentas matemáticas que auxiliem nesse processo de decisão. Modelos matemáticos (por exemplo, modelos logísticos), podem ser utilizados para representar a rizogênese do propágulo (FERREIRA et al., 2004). Desta forma, o crescimento radicular de todos os clones

foi possível de ser modelado, não necessariamente na mesma coleta ou época de coleta, porém foi possível determinar seu padrão comportamental de raízes.

Com base nos resultados analisados, foi possível observar variação no comportamento das raízes de cada clone e em cada coleta. De modo geral, modificações na região basal das miniestacas (formações calogênicas, pontos translúcidos, intumescimento e oxidação) iniciaram-se a partir dos 7 dias de miniestaqueamento em todos os clones e épocas de coleta, variando somente a velocidade em que as raízes começaram a ficar visíveis.

Em dezembro/ 2021 foi observada uma maior velocidade de crescimento radicial, iniciando o processo de retirada das mudas, dependendo do clone, a partir de 14 dias (clone 3), seguindo para 21 dias, onde a maioria dos clones já tinham atingido seu ápice de crescimento radicial e de enraizamento (1, 2, 4, 8 e 10), e terminando com a retirada dos clones 5 e 6 aos 35 dias. Já em agosto/2022 nota-se atraso na retirada dos clones da casa de vegetação, iniciando aos 28 dias (clone 1), seguindo para 35 dias, onde a maioria dos clones já podiam ser retirados (2, 3, 4, 5, 6, 8 e 10). Esses períodos de permanência das miniestacas em casa de vegetação também foram encontrados na literatura para eucalipto, variando de 10 a 20 dias para *Eucalyptus grandis* e de 35 a 42 dias para o híbrido *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* (MELO et al., 2011 e BRONDANI et al., 2012).

Essa diferença de enraizamento e qualidade das raízes em diferentes épocas do ano pode estar relacionada ao comportamento fisiológico da teca e às condições climáticas de cada período. De acordo com o levantamento interno do viveiro, os meses com temperatura mais baixa compreende de junho e agosto (média de 30°), sendo que temperaturas mais altas começam em meados de setembro até novembro (média de 43°), e de dezembro a maio a temperatura fica em torno de 35°C dentro da casa de vegetação. Em agosto, as minicepas ainda estão retornando do seu processo de dormência fisiológica, conforme visto no capítulo 1, aumentando gradativamente os níveis endógenos de carboidratos, amido, bem como os níveis de auxinas e citocininas, o que influenciam diretamente no enraizamento (ASLMOSHTAGHI; SHAHSAVAR, 2010).

Entretanto, em agosto e outubro a formação calogênica foi cerca de 48% maior que em dezembro, o que pode ser uma junção de situações, desde fatores ambientais, as quais altas temperaturas podem influenciar neste aumento (stress da planta), até ao desbalanceamento da relação auxina e citocinina (GISLEROD, 1983; BATAGIN-PIOTTO, 2013), justificando o menor enraizamento nestas épocas. Como em agosto até meados de outubro ocorre a volta de

um maior crescimento vegetativo (aumentando a produção de brotos e a concentração da citocinina), as concentrações de auxinas tendem a serem reduzidas nas miniestacas, entretanto com a aplicação exógena do ácido indolbutírico, durante o miniestaqueamento, ocorre um desbalanceamento interno entre esses fitorreguladores nas miniestacas, situação em que a relação entre eles (auxina e citocinina) permanecem próximas a 1 (condição ideal para a formação de calos) (BRONDANI, 2012), prejudicando a qualidade das raízes ou até mesmo inibindo o aparecimento das mesmas.

Esses resultados de enraizamento e qualidade do sistema radicial em diferentes épocas do ano, corrobora com o que foi apresentado no capítulo 1 deste trabalho. Em agosto, outubro e novembro houve maior mortalidade de mudas no viveiro, o que pode ser explicado neste capítulo nessas referidas épocas, que as miniestacas tiveram menor vigor radicial, menores taxas de enraizamento e maiores porcentagens calogênica.

A temperatura e umidade também influenciam neste processo de otimização do tempo de enraizamento e qualidade do sistema radicial. Mesmo com a casa de vegetação sendo um ambiente climatizado, estudos mostram que existe variação nas condições climáticas em seu interior, refletindo no enraizamento (SOUZA et al., 2013; PIRES et al., 2015; STUEPP, et al., 2017; BURIN, et al., 2018 e PIMENTEL et al., 2019).

Dessa forma, com base na metodologia utilizada e nos resultados obtidos, foi possível otimizar as casas de vegetação do viveiro, de acordo com cada material genético e época do ano. Entretanto, mais estudos devem ser feitos para abrangerem todos os meses do ano, a fim de proporcionar um melhor controle sobre o padrão de qualidade e enraizamento das miniestacas de teca.

#### **4 CONCLUSÕES**

Foi possível identificar diferença do tempo de permanência das miniestacas em casa de vegetação a partir do processo rizogênico, velocidade e enraizamento, entre diferentes materiais genéticos e época do ano.

A qualidade do sistema radicular e a época de coleta influenciam na altura das mudas de teca na saída da casa de sombra.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES CA, et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol.** n: 22, p:711–728, 2013.
- ASLMOSHTAGHI, E. SHAHSAVAR, A. R. Endogenous soluble sugars, starch contents and phenolic compounds in easy-and difficult to root olive cuttings. **Journal of Biological and Environmental Sciences**, v 4, n. 11, p. 83-86, 2010.
- BATAGIN-PIOTTO KD. Avaliação da atuação da manifestação bacteriana no desenvolvimento *in vitro* de clones de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage. 2013, 165 p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP, 165p.
- BRONDANI, G. E. et al. Dynamics of adventitious rooting in mini-cuttings of *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 169-178, 2012.
- BRONDANI, G.E. Aspectos morfofisiológicos na clonagem de *Eucalyptus benthamii*. 2012. 184 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- 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.
- BURIN, C. et al. Enraizamento de miniestacas em diferentes épocas de coleta para a seleção de clones de canjerana. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**. Recife, v.13, n.2, 2018.
- CAMINO, R. MORALES, J.P. **Las plantaciones de teca em américa Latina: mitos y realidades**. Turrialba: Catie, 2013. 392p.
- DI CARVALHO, M.A.; BARBOSA FILHO, J.; KRATZ, D. Quality of clonal seedlings of *Tectona grandis* Linn F. rooted in different concentrations of indolebutyric acid. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 49, n. 3, p. 469 - 476, 2019.
- FERREIRA, E.M. et al. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.183-187, 2004.
- 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. 2007.
- GISLEROD, H.R. Physical conditions of propagation media and their influence on the rooting of cuttings. **Plant Soil**, v. 75, p. 1–14, 1983.

MELO, L. A. et al. 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.

NA'EM, S.M.; WIDIYATNO, S.I. The effects of rooting media, IBA, and clones on rooting ability of Teak's shoot cutting. **Earth and Environmental Science**. Indonesia v. 449, p. 16-17, 2019.

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

PIMENTEL, N. et al. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 559-570, 2019.

PIRES, P. et al. Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.2, p.283-293, 2015.

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.

SAWITRI, M N.; INDRIOKO, S.; WIDIYATNO. The effects of rooting media, IBA, and clones on rooting ability of Teak's shoot cutting. Series: **Earth and Environmental Science**, V. 449, 2020.

SOUZA, C. S. et al. Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* Hill x *E. urophylla* S. T. Black. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.1, p.67-77, 2013.

STUEPP, C. A. et al. Successive mini-cuttings collection in *Piptocarpha angustifolia* ministumps: effects on maturation, adventitious root induction and root vigor. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 39, n. 2, p. 245-253, 2017.

TAKIZAWA, F.H.; MEDEIROS, R.A.; LEITE, H. G.; BORÉM, A. Teca do plantio á colheita. Viçosa – MG, Ed. UFV, 2022, 344 p.

VIEIRA, L.M. et al. Sazonalidade na produtividade de miniestacas e rizogênese de genótipos de *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. **Scientia Forestalis**, v. 51, 2023.

## APÊNDICE

Apêndice A – Equação dos modelos ajustados para enraizamento (Enr) e comprimento total das raízes (CTR) em função das épocas de coletas para os oito clones de teca.

Variáveis ajustadas	Modelos	R <sup>2</sup>
	Coleta 1 – dezembro/2021	
Enr 1	$96,84 / (1 + 4,76 e^{-0,1588 \text{ (Dias)}})$	0,99
Enr 2	$96,39 / (1 + 124,15 e^{-0,3494 \text{ (Dias)}})$	0,99
Enr 3	$100 / (1 + 170,423 e^{-0,577 \text{ (Dias)}})$	0,99
Enr 4	$93,44 / (1 + 11,98 e^{-0,1976 \text{ (Dias)}})$	0,97
Enr 5	$69,75 / (1 + 35,74 e^{-0,1651 \text{ (Dias)}})$	0,99
Enr 6	$(75 * \text{dias}^{68,7}) / (9,92^{6,87} + \text{dias}^{6,87})$	1
Enr 8	$95,58 / (1 + 51,69 e^{-0,2653 \text{ (Dias)}})$	0,96
Enr 10	$85,74 / (1 + 73,37 e^{-0,3089 \text{ (Dias)}})$	0,96
CTR 1	$8,39 / (1 + 0,28 e^{-0,5848 \text{ (Dias)}})$	0,96
CTR 2	$8,26 / (1 + 27210 e^{-0,7204 \text{ (Dias)}})$	0,96
CTR 3	$8,31 / (1 + 14360 e^{-0,8172 \text{ (Dias)}})$	0,96
CTR 4	$8,88 / (1 + 27764600 e^{-0,98 \text{ (Dias)}})$	0,88
CTR 5	$8,53 / (1 + 2263,50 e^{-0,4841 \text{ (Dias)}})$	0,96
CTR 6	$8,62 / (1 + 3021 e^{-0,3197 \text{ (Dias)}})$	0,95
CTR 8	$8,53 / (1 + 2263,45 e^{-0,4841 \text{ (Dias)}})$	0,96
CTR 10	$9,42 / (1 + 564,141 e^{-0,3777 \text{ (Dias)}})$	0,99
Coleta 3 – agosto/2022		
Enr 1	$75,83 / (1 + 17,97 e^{0,1153 \text{ (Dias)}})$	0,95
Enr 2	$40,15 / (1 + 195177 e^{0,60 \text{ (Dias)}})$	0,99
Enr 4	$54,74 / (1 + 6705,63 e^{0,408 \text{ (Dias)}})$	0,99
Enr 5	$54,45 / (1 + 95,66 e^{0,1761 \text{ (Dias)}})$	0,96
Enr 6	$39,74 / (1 + 43111722 e^{0,646 \text{ (Dias)}})$	0,99
Enr 10	$54,53 / (1 + 95,00 e^{17,61 \text{ (Dias)}})$	0,96
CTR 1	$8,19 / (1 + 61640 e^{-0,4462 \text{ (Dias)}})$	0,87
CTR 2	$9,18 / (1 + 114,38 e^{-0,1737 \text{ (Dias)}})$	0,97
CTR 4	$11,23 / (1 + 29,4549 e^{-0,227 \text{ (Dias)}})$	0,68
CTR 5	$9,58 / (1 + 2933 e^{-0,2389 \text{ (Dias)}})$	0,97
CTR 6	$5,45 / (1 + 25230 e^{-0,3154 \text{ (Dias)}})$	0,82
CTR 8	$9,58 / (1 + 2933 e^{-0,2389 \text{ (Dias)}})$	0,82
CTR 10	$9,58 / (1 + 2933 e^{-0,2389 \text{ (Dias)}})$	0,98
Coleta 4 – outubro/2022		
Enr 3	$65,16 / (1 + 154,33 e^{0,2001 \text{ (Dias)}})$	0,98
CTR 3	$7,84 / (1 + 262,660 e^{-0,2091 \text{ (Dias)}})$	0,96

Fonte: Do autor (2023)

Apêndice B - Resumo da análise de variância para a variável altura (Ht) da muda em casa de sombra em quatro épocas de coleta e oito clones de teca.

FV	GL	SQ	QM	Fcalc	p-valor
Coleta	3	29960	998,67*	188,18	<0,0001
Clone	7	136,20	19,46*	3,67	0,0012
Coleta*Clone	21	436,90	20,81*	3,92	<0,0001
Resíduo	128	679,30	5,31	-	-
Total	159	4248,10	-	-	-
CV (%)	29,16	-	-	-	-

FV = fontes de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrados médio; Fcalc = valor calculado da distribuição F; \*significativo a 5%. Fonte: Do autor (2023).