

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Cláudia Burin

**SELEÇÃO DE CLONES DE CANJERANA (*Cabralea canjerana*) PARA A
PROPAGAÇÃO POR MINISTAQUIA**

Santa Maria, RS
2018

Cláudia Burin

**SELEÇÃO DE CLONES DE CANJERANA (*Cabralea canjerana*) PARA A
PROPAGAÇÃO POR MINIESTAQUIA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Engenharia Florestal**.

Orientador: Prof. Dilson Antônio Bisognin, PhD.

Santa Maria, RS
2018

Burin, Cláudia
Seleção de clones de canjerana (*Cabralea canjerana*)
para a propagação por miniestaquia / Cláudia Burin.- 2018.
77 p.; 30 cm

Orientador: Dilson Antônio Bisognin
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2018

1. Clone 2. Propagação vegetativa 3. Ganho genético 4.
Enraizamento adventício I. Bisognin, Dilson Antônio II.
Título.

Cláudia Burin

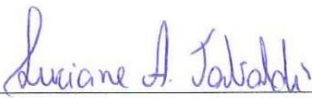
**SELEÇÃO DE CLONES DE CANJERANA (*Cabralea canjerana*) PARA A
PROPAGAÇÃO POR MINIASTAQUIA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Engenharia Florestal**.


Aprovado em 24 de outubro de 2018.



Dilson Antônio Bisognin, PhD. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Dra. Luciane Almeri Tabaldi (UFSM)



Dr. Renato Trevisan (UFSM/Politécnico)



Dr. Cleber Witt Saldanha (DDPA/SEAPI)



Dr. Eliseo Salvatierra Gimenes (IFFarroupilha/SVS)

Santa Maria, RS
2018

Aos meus pais, João Batista Burin e Clarice Maria Alberti Burin

Aos meus irmãos, Jonas José Burin e Ângela Burin

A minha sobrinha, Maria Antônia Burin

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por me dar forças para seguir em frente.

A minha família, pais João Batista Burin (*in memoriam*) e Clarice Maria Alberti Burin, e irmãos, Jonas José Burin e Ângela Burin, pelo amor, iluminação, carinho, amparo e incentivo incondicional.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao meu orientador Dilson Antônio Bisognin, pela oportunidade, orientação e ensinamentos.

Aos professores participantes da banca examinadora, pela disponibilidade em participar deste momento de avaliação e pelas valiosas contribuições.

À família Maldaner, em especial aos meus irmãos de coração Carla, Ivan e Ricardo Maldaner, tio Adenor e tia Arlete Maldaner e aos amigos Henrique Saldanha e Fernanda Stamm Maldaner, pelo carinho, apoio e amizade.

Ao meu namorado Michel Padoin, pelo amor, compreensão e paciência ao longo desta caminhada.

As minhas amigas Bruna Alves, Tamires Somavilla e Sorhaila Batistel, pelo auxílio ao longo de toda a jornada, pela amizade, força e companheirismo.

Aos meus colegas do Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas, pelas contribuições na realização deste trabalho.

A minha colega Suelen Aimi, pelas imagens dos frutos de canjerana.

Aos meus amigos do setor de Experimentação Vegetal, pelo carinho e apoio.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, pelo auxílio nos experimentos.

Aos funcionários do Viveiro Florestal e à Professora Maristela Machado Araújo, pela disponibilidade de espaço para manutenção dos experimentos e pelo auxílio diário no controle de irrigação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo apoio financeiro.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e torceram pelo meu sucesso.

Muito obrigada!

“A luz que me guia é mais forte que os olhos que me cercam.”

Autor desconhecido

“Só é útil o conhecimento que nos torna melhores.”

Sócrates

RESUMO

SELEÇÃO DE CLONES DE CANJERANA (*Cabralea canjerana*) PARA A PROPAGAÇÃO POR MINIESTAQUIA

AUTORA: Cláudia Burin

ORIENTADOR: Dilson Antônio Bisognin

A canjerana, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., apresenta dificuldades para a produção de mudas seminais, o que torna necessária a busca por alternativas de propagação. A miniestaquia é uma técnica de propagação vegetativa que já trouxe resultados satisfatórios para a espécie, no entanto os clones apresentam ampla variabilidade genética para o enraizamento adventício. Assim, os objetivos deste trabalho foram definir estratégias de seleção e identificar clones de canjerana para a propagação por miniestaquia. O minijardim clonal contendo clones já estabelecidos foi constituído de bandejas de polietileno contendo areia grossa e fertirrigado por inundação. Foram coletadas miniestacas em diferentes épocas e quantificados o número total de miniestacas por minicepa, as percentagens de enraizamento, de sobrevivência e de brotação de miniestacas, o número e o comprimento de raízes e brotos e anotado o número de miniestacas enraizadas por minicepa. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott. Os clones foram agrupados pelo método não-hierárquico das k-médias para o número de miniestacas enraizadas em cada época de coleta. As médias de grupo em cada avaliação foram comparadas pelo teste t de Student para amostras independentes, a 5% de probabilidade de erro. Também foi realizada a correlação linear de Pearson entre os caracteres estudados. A identificação dos melhores clones foi realizada com base na soma de postos e estimado o ganho genético de seleção. A seleção de clones com maior número de miniestacas enraizadas resultou em altos valores de ganho genético indireto de seleção. No desenvolvimento de clones de canjerana para a propagação por miniestaquia, a seleção precoce deve ser aplicada para o número de miniestacas enraizadas durante o crescimento vegetativo, para ampliar o período de produção de mudas de canjerana. Clones selecionados apresentam competência ao enraizamento nas quatro estações do ano, o que possibilita aumentar a produção de mudas de canjerana.

Palavras-chave: Clone. Propagação vegetativa. Ganho genético. Enraizamento adventício.

ABSTRACT

SELECTION OF CANJERANA (*Cabralea canjerana*) CLONES FOR PROPAGATION BY MINICUTTING

AUTHOR: Cláudia Burin

ADVISER: Dilson Antônio Bisognin

Canjerana, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., has problems for commercial production of seedlings, which justify searching for alternative techniques of propagation. Minicutting is an asexual propagation technique with satisfactory results and canjerana clones differ for adventitious rooting. So the objectives of this study were to define selection strategies and to identify canjerana clones for propagation by minicutting. The clonal mini-hedge of canjerana containing clones already established was composed in polyethylene trays containing coarse sand and flood fertigation. Sprouts were collected and quantified the total number of mini-cuttings per mini-stump, the percentages of survival, rooting and shooting, the number and length of roots and shoots and the number of rooted mini-cuttings per mini-stump. Data were submitted to analysis of variance and means were compared by the Scott-Knott test. Clones were clustered by non-hierarchical k-means method for the number of rooted mini-cuttings for each evaluation. Group means of each evaluation were compared by Student's t test for independent samples at 5% of error probability. Pearson correlation analysis was done among the studied traits. The identification of the best clones was done based upon the sum of ranks and estimated the genetic gain of selection. The selection of clones with the highest number of rooted mini-cuttings resulted in high values of indirect genetic gain of selection. In the development of canjerana clones for propagation by mini-cuttings, early selection should be applied to the number of rooted mini-cuttings during vegetative growth to extend the production season of canjerana plantlets. Selected clones have rooting competence during the whole year, which makes it possible to increase the production of canjerana plantlets.

Keywords: Clone. Asexual propagation. Genetic gain. Adventitious rooting.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1 - Locais de ocorrência natural de <i>C. canjerana</i>	18
Figura 2 - Características da espécie <i>C. canjerana</i> , detalhe do tronco e da casca (A), da madeira castanho-avermelhada (B), dos ramos com folhas compostas, paripinadas e com flores (C) e dos ramos com frutos (D).	19
Figura 3 - Frutos com sementes de <i>C. canjerana</i>	20

CAPÍTULO III

Figura 1 - Minijardim clonal de <i>C. canjerana</i> em sistema de cultivo fechado (A) e estabelecido em bandeja de polietileno com mudas obtidas de miniestacas enraizadas de clones selecionados (B).	60
Figura 2 - Miniestaca de gema única de <i>C. canjerana</i> com um par de folíolos reduzidos à metade do tamanho original (A) e miniestaca de <i>C. canjerana</i> com raízes adventícias aos 60 dias após a coleta (B).	61
Figura 3 - Incremento corrente diário (ICD) de três clones selecionados de <i>C. canjerana</i> em função do tempo (dias) após a coleta de miniestacas.	67

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Table 1 - Analysis of variance of clusters for the traits of number of mini-cuttings produced per mini-stump, rooting percentage and number of rooted mini-cuttings per mini-stump of canjerana clones.....	34
Table 2 - Mean number of mini-cuttings produced per mini-stump, mean rooting percentage, mean number of rooted mini-cuttings and number of clones in each of the five groups formed by k-means clustering of canjerana clones evaluated in different periods.....	36
Table 3 - Number of mini-cuttings produced per mini-stump, rooting percentage and number of rooted mini-cuttings per mini-stump of 38 selected clones of <i>Cabranea canjerana</i>	38
Table 4 - Means of selected clones (MSC). Means of original clones (MOC). Indirect Genetic Gain (GS) and percentage (GS %) from selection of <i>Cabranea canjerana</i> clones for the number of mini-cuttings produced per mini-stump, rooting percentage and number of rooted mini-cuttings per mini-stump.	39

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Quadrado médio para sobrevivência (SOB), percentagem de enraizamento (ENR), número de raiz (NRA), comprimento de raiz (CRA), percentagem de brotação (BRO), número de broto (NBR), comprimento de broto (CBR) de 22 clones de canjerana em três épocas de coleta.....	47
Tabela 2 - Médias para efeito de época de coleta para sobrevivência (SOB), percentagem de enraizamento (ENR), número de raiz (NRA), comprimento de raiz (CRA), percentagem de brotação (BRO), número de broto (NBR), comprimento de broto (CBR) de 22 clones de canjerana em três épocas de coleta.	48
Tabela 3 - Correlação de Pearson para sobrevivência (SOB), percentagem de enraizamento (ENR), número de raiz (NRA), comprimento de raiz (CRA), percentagem de brotação (BRO), número de broto (NBR), comprimento de broto (CBR) de 22 clones de canjerana em três épocas de coleta.	50
Tabela 4 - Número de miniestacas enraizadas por minicepa em cada época de coleta, número de miniestacas enraizadas por minicepa nas três épocas de coleta e índice de classificação pela soma de postos de 22 clones de canjerana.....	51
Tabela 5 - Valores das médias originais (MCO) e dos clones selecionados (MCS) e o ganho genético indireto de seleção para número de miniestacas enraizadas por minicepa e para as percentagens de enraizamento e brotação de clones de canjerana em cada uma e no conjunto das três épocas de coleta.....	52

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Quadrado médio para número de miniestacas por minicepa (NMM), número de miniestacas enraizadas (NME), percentagem de sobrevivência (SOB), percentagem de	
---	--

enraizamento (ENR), número de raízes (NUR) e comprimento das raízes (COR) de miniestacas de onze clones selecionados de canjerana em quatro épocas de coleta.	63
Tabela 2 - Médias das épocas de coleta para número de miniestacas por minicepa (NMM), número de miniestacas enraizadas (NME), sobrevivência (SOB), percentagem de enraizamento (ENR), número de raízes (NUR) e comprimento de raízes (COR) de miniestacas de onze clones selecionados de canjerana.	64
Tabela 3 - Correlação de Pearson para número de miniestacas por minicepa (NMM), número de miniestacas enraizadas (NME), sobrevivência (SOB), percentagem de enraizamento (ENR), número de raízes (NUR) e comprimento de raízes (COR) de miniestacas de 11 clones selecionados de canjerana.....	65
Tabela 4 - Média do número de miniestacas enraizadas (NME) e da percentagem de enraizamento (ENR) de 11 clones selecionados de canjerana em cada época de coleta.....	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA CANJERANA.....	17
2.2 PROPAGAÇÃO DE CANJERANA.....	21
2.2.1 Propagação por sementes.....	21
2.2.2 Propagação vegetativa	22
2.3 SELEÇÃO PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA.....	26
3 CAPÍTULO I	29
EARLY SELECTION OF <i>Cabralea canjerana</i> FOR PROPAGATION BY MINICUTTING....	29
3.1 INTRODUCTION.....	30
3.2 MATERIAL AND METHODS	31
3.3 RESULTS AND DISCUSSION	33
3.4 CONCLUSION.....	39
REFERENCES.....	40
4 CAPÍTULO II.....	42
ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLETA PARA A SELEÇÃO DE CLONES DE CANJERANA.....	42
4. 1 INTRODUÇÃO.....	43
4. 2 MATERIAL E MÉTODOS	44
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.4 CONCLUSÕES	53
LITERATURA CITADA	53
5 CAPÍTULO III.....	57
ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CLONES SELECIONADOS DE <i>Cabralea canjerana</i> EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO	57
5.1 INTRODUÇÃO.....	58
5. 2 MATERIAL E MÉTODOS	59
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
5.4 CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS.....	68
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui grande diversidade de espécies florestais com potencial produtivo, entre elas está a *Cabralea canjerana*. Entretanto, há carência de informações sobre os aspectos relacionados à propagação vegetativa dessa espécie, o que limita a disponibilidade de mudas clonais de qualidade no mercado, assim como no desenvolvimento de plantios comerciais homogêneos. A ampliação do conhecimento sobre a produção de mudas florestais com qualidade e em quantidade suficiente para o estabelecimento de povoamentos com espécies nativas para diversas finalidades é fundamental para o desenvolvimento da tecnologia de produção de mudas por meio da propagação vegetativa (HERNANDEZ et al., 2013).

A variabilidade dos povoamentos implantados no país com manifestação de características genéticas indesejáveis e a diminuição de populações de florestas nativas, também justificam que é necessário iniciar um processo de melhoramento da espécie. A seleção precoce de genótipos quanto ao enraizamento adventício de miniestacas em programas de melhoramento genético florestal pode contribuir para reduzir ainda mais o tempo de seleção, pois contornaria o problema de escolha de materiais genéticos recalcitrantes à propagação vegetativa (OLIVEIRA et al., 2015).

A canjerana é considerada uma das espécies madeireiras mais valiosas do Brasil, pois apresenta madeira de qualidade e é resistente ao ataque de organismos xilófagos (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 1994). A espécie também é utilizada na arborização urbana e na ornamentação de parques e jardins (GRUNENVALDT et al., 2014), podendo ser empregada também no reflorestamento de ecossistemas degradados. Possui compostos químicos com potencial inseticida (MAGRINI et al., 2015), corantes extraídos da casca com utilização em indústrias de tinturaria (CARVALHO, 1994) e flores com compostos aromáticos, utilizados na indústria de perfumaria (CARVALHO, 2003) e potencial nas flores melíferas (RAMOS et al., 1991). Ainda, possui propriedades medicinais nas folhas, no caule e na casca (BUENO et al., 2005; CARNEIRO, 2009; TOMAZI et al., 2014).

A disponibilidade de mudas de canjerana via seminal tem sido limitada pela produção irregular de sementes ao longo dos anos, pela maturação irregular dos frutos, pela dificuldade para a coleta das sementes e pela depredação das sementes por insetos e roedores (PIZO, 1995). As sementes de canjerana são recalcitrantes, sensíveis à perda de água e quando armazenadas apresentam curta longevidade, pois perdem rapidamente

a viabilidade durante a secagem (CARVALHO, 2003; LONGHI et al., 1984). Além disso, a espécie também possui germinação lenta (CARVALHO, 2003). Diante dessas restrições na obtenção e disponibilidade de sementes viáveis durante todo o ano, a produção comercial de mudas seminais de canjerana torna-se impraticável, o que indica a propagação vegetativa como uma alternativa viável para suprir essa demanda.

Por meio da propagação vegetativa é possível contornar os problemas inerentes à multiplicação seminal, possibilitar a produção de mudas de canjerana de qualidade durante o ano inteiro e permitir rápida seleção e multiplicação de indivíduos superiores, tornando os plantios mais produtivos e homogêneos (SOUZA et al., 2009).

A propagação pela técnica da ministaquia vem sendo empregada com sucesso na propagação clonal de espécies de *Eucalyptus* (ALMEIDA et al., 2007), principalmente em viveiros florestais (XAVIER et al., 2013) e em espécies nativas brasileiras (BRONDANI et al., 2007; FERREIRA et al., 2010). Por isso, é de suma importância conhecer o comportamento da espécie para a produção de mudas nas diferentes épocas do ano e a determinação da época mais adequada para o enraizamento de miniestacas, a partir de clones selecionados, visando disponibilizar mudas de qualidade durante a época de plantio em cada região.

De acordo com a Lei nº 10.711 de 5 de agosto de 2003, que regulamenta a produção, comercialização e utilização de mudas no Brasil, a qualidade é definida como o conjunto de atributos inerentes a mudas, que permite comprovar a origem genética e o estado físico, fisiológico e fitossanitário das mesmas (BRASIL, 2003). E esse conjunto de atributos contribui para a sobrevivência, crescimento inicial, e conseqüentemente, para o sucesso do plantio a campo (FONSECA et al., 2002).

A pesquisa proposta apresenta grande relevância científica, justificada pela necessidade de suprir a demanda por mudas de espécies nativas, qualificar os povoamentos pela uniformidade e produtividade de clones selecionados, despertar o interesse para o resgate e utilização de espécies nativas em novos povoamentos e desenvolver tecnologias para a produção massal de mudas de qualidade em espécies nativas de elevado valor econômico como a canjerana, suprimindo as demandas no âmbito regional, e, posteriormente, nacional, já que a espécie ocorre em diversas regiões do Brasil.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivos definir estratégias de seleção e identificar clones de canjerana para a propagação por miniestaquia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i) Selecionar clones com alta taxa de multiplicação, que apresentem alta produtividade de miniestacas e alta porcentagem de enraizamento;
- ii) Estudar o efeito de época do ano na taxa de multiplicação de clones de canjerana por miniestaquia;
- iii) Determinar a época mais adequada para o enraizamento de miniestacas, visando disponibilizar mudas em quantidade e com a qualidade conforme a demanda e época de plantio;
- iv) Dentre os clones selecionados, identificar aqueles que apresentem potencial para a produção de mudas com base em avaliações de enraizamento adventício.

2 REVISÃO DE LITERATURA

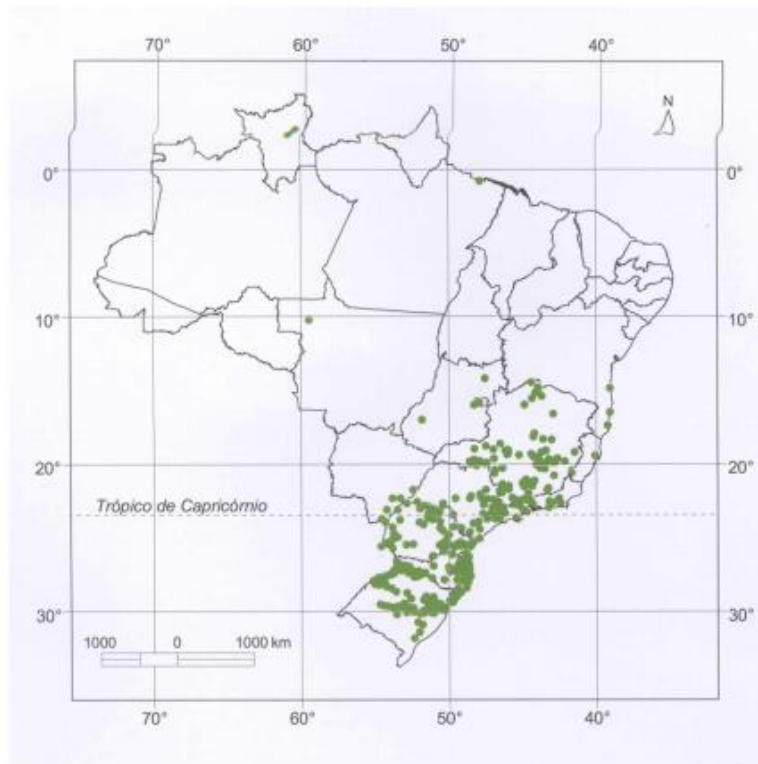
2.1 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA CANJERANA

Popularmente conhecida como canjerana, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., é uma espécie arbórea, pertencente à família Meliaceae. A família Meliaceae está representada na região Sul do Brasil por 16 espécies, agrupadas nos gêneros *Cabralea*, *Cedrela*, *Carapa* e *Trichilia* (KLEIN, 1984). *Cabralea canjerana* é a única espécie que compõe o seu gênero, sendo uma espécie nativa do Brasil, que pode ultrapassar 300 anos de idade (CARVALHO, 1994).

A espécie *C. canjerana* está representada no Brasil por três subespécies, *C. canjerana* subsp. *canjerana*, *C. canjerana* subsp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn. e *C. canjerana* subsp. *selloi* (C.D.C.) Barr. (PENNINGTON et al., 1981), sendo de ocorrência no Rio Grande do Sul apenas a *C. canjerana* subsp. *canjerana*. A *C. canjerana* subsp. *canjerana* apresenta porte arbóreo e as subespécies *polytricha* e *selloi* apresentam porte arbustivo (PENNINGTON et al., 1981).

A canjerana pode ser encontrada nos países Costa Rica, Guiana, Peru, Bolívia, Argentina, Paraguai e no Brasil (BACKES; IRGANG, 2002). No Brasil, a espécie está presente em Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Roraima, Distrito Federal, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e no Rio Grande do Sul (Figura 1). O habitat da espécie abrange a Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e Campos de Altitude (CARVALHO, 2003).

Figura 1 - Locais de ocorrência natural de *C. canjerana*.



Fonte: Adaptado de CARVALHO (2002)

A espécie *C. canjerana* pode ser encontrada em quase todo o estado do Rio Grande do Sul, sendo abundante nas florestas das fraldas da Serra Geral e na região da Depressão Central (REITZ et al., 1983). É uma espécie característica da Floresta Estacional Decidual, onde ocorre amplamente e possui expressiva dispersão. Entretanto, pode também ser observada em áreas de Floresta Ombrófila Mista, assim como nas matas subtropicais das Bacias do Paraná e Uruguai. É considerada uma espécie secundária tardia (CARVALHO, 1994) que necessita de sombreamento parcial na fase inicial, com aumento gradativo da abertura do dossel (ZIMMERMANN et al., 2018).

Ocorre naturalmente em vários tipos de solo, mas principalmente nos altos dos morros (CARVALHO, 2003). No entanto, apresenta melhor crescimento em solos úmidos e profundos (BRACK; GRINGS, 2011). A espécie possui tronco cilíndrico (Figura 2A), levemente tortuoso e fuste de aproximadamente cinco a oito metros de comprimento (REITZ et al., 1988) e pode ultrapassar até 30 m de altura com DAP (diâmetro à altura do peito) de 100 a 150 cm (CARVALHO, 1994). Ainda, é uma das espécies madeireiras mais valiosas do sul do Brasil, devido à qualidade da madeira e à resistência ao ataque de organismos xilófagos

(BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 1994), considerada uma das madeiras mais duráveis da região Sul, principalmente em obras expostas as intempéries (BRACK; GRINGS, 2011). A madeira apresenta tons avermelhados e com cerne castanho-avermelhado (Figura 2B), podendo ser empregada na construção civil, dormentes, marcenaria, carpintaria, obras de esculturas e confecção de caixas e embalagens (CARVALHO, 1994).

Figura 2 - Características da espécie *C. canjerana*, detalhe do tronco e da casca (A), da madeira castanho-avermelhada (B), dos ramos com folhas compostas, paripinadas e com flores (C) e dos ramos com frutos (D).



Fonte: A autora (2018) e adaptado de CORADIN et al. (2011) e CAMPOS FILHO; SARTORELLI (2015)

As folhas são alternas, semicaducas, compostas, paripinadas quando adultas, com folíolos oblongos (Figura 2C), de 10 a 15 cm de comprimento, com base fortemente assimétrica e sem pelos. O sistema sexual das árvores é dioico (PENNINGTON, 1981; FRANCESCHINELLI et al., 2015). A polinização é realizada principalmente pelas mariposas (FRANCESCHINELLI et al., 2015). No Rio Grande do Sul, a floração ocorre geralmente de fevereiro a março e os frutos amadurecem de julho a dezembro (CARVALHO, 2003). Os frutos são cápsulas globosas, levemente carnosos com oito a 10 sementes e apresentam cor vermelha (Figura 2D e Figura 3). As sementes, geralmente duas por lóculo, são envoltas por um arilo carnosos que é rico em lipídios (70,8%) (PIZO; OLIVEIRA, 2001). Ainda, as sementes possuem dispersão via zoocórica e são recalcitrantes (intolerantes à perda de água) (CARVALHO, 1994).

Figura 3 - Frutos com sementes de *C. canjerana*.



Fonte: Suelen Carpenedo Aimi (2018)

Estudo realizado em Frederico Westphalen-RS, caracterizando a fenologia reprodutiva de canjerana, apontou que a floração é anual, persistindo de agosto a dezembro, sendo possível encontrar botões florais, concomitantemente com frutos em desenvolvimento e maduros, os quais iniciam a dispersão no mês de setembro. Isso garante que os frutos podem ser coletados em amplo período (de setembro a março), porém, os frutos aparentemente

maduros, em diferentes árvores matrizes, não garantem elevado poder germinativo às sementes (FELIPPI et al., 2015).

A canjerana também possui compostos químicos com potencial inseticida (COSTA et al., 2004; MAGRINI et al., 2015; MATA; LOMONACO, 2013; SMANIOTTO et al., 2010). Da casca do caule é extraído um corante, com utilização em indústrias de tinturaria (CARVALHO, 1994). A espécie também é considerada apícola por possuir flores melíferas (RAMOS et al., 1991) e, das flores são extraídos compostos aromáticos, utilizados na indústria de perfumaria (CARVALHO, 2003). Com propriedades medicinais, o caule pode ser utilizado no tratamento de distúrbios causados na pele (CARNEIRO, 2009) e a casca é utilizada na medicina popular, principalmente pelos indígenas, devido a diversas propriedades terapêuticas (BUENO et al., 2005). As folhas também têm propriedades adstringentes e são utilizadas no tratamento de diabetes (TOMAZI et al., 2014).

Também é uma espécie utilizada na arborização urbana e na ornamentação de parques e jardins (GRUNENVALDT et al., 2014). É recomendada para o reflorestamento em ecossistemas degradados, porém nunca abertos. Em restauração florestal, é recomendado o plantio em capoeira densa como forma de enriquecimento da flora, pois a espécie apresenta agressividade pronunciada em capoeirões e matas secundárias no sul do Brasil, demonstrando seu potencial de regeneração e de dinamismo nas associações secundárias, o que é importante na silvicultura de espécies nativas (REITZ et al., 1988). Ainda, é uma espécie que apresenta um nível elevado de diversidade genética, o que contribui para programas de conservação e manejo da espécie (PEREIRA et al., 2011).

2.2 PROPAGAÇÃO DE CANJERANA

2.2.1 Propagação por sementes

A maioria das espécies florestais nativas brasileiras tem propagação sexuada, principalmente devido à carência de informações silviculturais das espécies nativas e pela redução de custos. Contudo, o uso desse tipo de propagação tem limitado a produção comercial de mudas, visto que as sementes de algumas espécies são recalcitrantes (CARVALHO, 1994), além de outros fatores, como a produção irregular de sementes ao longo dos anos, a maturação irregular dos frutos e dificuldades para a coleta das sementes e ainda, no caso da canjerana, a depredação das sementes por insetos e roedores (PIZO, 1995).

As sementes de canjerana não apresentam dormência, mas conforme já mencionado, são recalcitrantes, isto é, intolerantes à perda de água e quando armazenadas apresentam curta longevidade, pois perdem rapidamente a viabilidade durante a secagem (CARVALHO, 2003; LONGHI et al., 1984). Além disso, a germinação é considerada lenta e o poder germinativo da espécie varia de 40 a 93% (CARVALHO, 2003) e de 22 a 86% (FELIPPI et al., 2015). Já Backes; Irgang (2002) observam que a emergência das plântulas pode ocorrer entre 13 e 73 dias após a sementeira, com taxa germinativa média de 60%, sendo que a retirada do arilo pelas formigas facilita a germinação das sementes (PIZO; OLIVEIRA, 1998).

Sementes de canjerana misturadas à casca de arroz umedecida e alocadas em embalagens de filó, em câmara fria a 5°C, podem ser armazenadas por 120 dias, com capacidade de germinação de 50% (FRASSETO; MENEZES, 1997). De acordo com Grunennvaldt et al. (2014), ainda não existem métodos eficazes para manter a viabilidade das sementes no armazenamento, sendo necessária a sementeira logo após a maturação das sementes, pois o aumento do tempo de armazenamento das sementes, por mais de dez dias, diminui a viabilidade das mesmas.

2.2.2 Propagação vegetativa

A propagação vegetativa consiste na reprodução assexuada, através de mitoses sucessivas, de partes da planta, de modo que é obtido um indivíduo geneticamente idêntico à planta mãe. Esse tipo de propagação está baseado no princípio fisiológico da totipotência vegetal. Por meio desse princípio, todas as células vivas têm a capacidade ou potencial de reproduzir um organismo inteiro, desde que possuam condições adequadas e informações genéticas para ocorrer as transformações morfogênicas necessárias (HARTMANN et al., 2011; XAVIER et al., 2013) permitindo a regeneração de raízes, ramo, folhas e embriões (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A técnica de propagação vegetativa mais utilizada na clonagem de plantas lenhosas tem sido o enraizamento de estacas (XAVIER et al., 2013). Melhorias na propagação de espécies florestais nativas e principalmente no gênero *Eucalyptus* têm sido alcançadas pelas técnicas da microestaquia e miniestaquia. Essas técnicas trouxeram consideráveis ganhos em produtividade, uniformidade e aumento no porcentual de enraizamento das micro/miniestacas, devido ao controle ambiental, fitopatológico e nutricional do jardim clonal (TITON et al., 2003).

A micropropagação apresenta potencial de aplicação para a multiplicação de genótipos de espécies florestais de interesse e é realizada de acordo com procedimento padrão, em que os explantes oriundos de material vegetal coletado a campo ou em casa de vegetação passam por uma limpeza e desinfestação prévia ao estabelecimento *in vitro*. Posteriormente, os mesmos são multiplicados, alongados, enraizados *in vitro* ou *ex vitro* e aclimatizados em ambiente *ex vitro* (OLIVEIRA et al., 2013). A micropropagação a partir de segmentos nodais de mudas de *Cabralea canjerana* cultivadas *in vitro* foi testada com sucesso por Rocha et al. (2007). A técnica tornou viável a multiplicação da espécie, no entanto, a etapa de multiplicação precisa ser otimizada e pode ser alcançada pela miniestaquia de maneira mais simples e com um menor custo.

A técnica da miniestaquia, aperfeiçoamento da estaquia, caracteriza-se pela utilização de brotações provenientes de mudas seminais ou de plantas anteriormente propagadas pela estaquia convencional, como fontes de propágulos vegetativos (miniestacas) para a produção comercial de mudas. Desta forma, a miniestaquia pode ser dividida nas fases de produção de brotações em minijardim clonal, indução do enraizamento adventício, aclimatização à sombra, crescimento e rustificação, para posterior plantio a campo. A coleta de brotações deve ser realizada de maneira seletiva e contínua, permitindo à minicepa manter um bom estado vegetativo e um sistema radicular ativo para garantir maior eficiência e uniformidade da produção de miniestacas (ALFENAS et al., 2009).

A propagação vegetativa pela miniestaquia teve início nos anos 90 (ALFENAS et al., 2009) e vem sendo empregada com sucesso na propagação clonal de espécies do gênero *Eucalyptus* (ALMEIDA et al., 2007; CUNHA et al., 2005; KRATZ et al., 2012; SULICHANTINI et al., 2014), principalmente em viveiros florestais (XAVIER et al., 2013) e em espécies nativas brasileiras como *Cedrela fissilis* (XAVIER et al., 2003), *Erythrina falcata* (WENDLING et al., 2005), *Ilex paraguariensis* (BRONDANI et al., 2007), *Sapium glandulatum* (FERREIRA et al., 2010), *Calophyllum brasiliense* (SILVA et al., 2010), *Piptocarpha angustifolia* (FERRIANI et al., 2011), *Anadenanthera macrocarpa* (DIAS et al., 2012), *Cabralea canjerana* (GIMENES et al., 2015), *Handroanthus heptaphyllus* (OLIVEIRA et al., 2015) e *Cordia trichotoma* (KIELSE et al., 2015). De modo geral, esses estudos demonstram a viabilidade da miniestaquia, testando diversos substratos para o enraizamento das miniestacas, concentrações e tipos de reguladores de crescimento, ambientes de enraizamento e diferentes épocas de coletas, tornando a técnica uma alternativa promissora para a produção de mudas de espécies florestais.

Atualmente, para a produção de mudas clonais de eucalipto, a miniestaquia é a técnica de propagação mais empregada, sendo adotada pela maioria das empresas do setor florestal brasileiro (BENIN et al., 2013). O desenvolvimento da técnica proporcionou ganhos consideráveis em relação à produção de mudas, principalmente no que se refere ao percentual de enraizamento, melhorias no sistema radicular e na redução do tempo de formação da muda, influenciando diretamente na qualidade das mudas e no desempenho a campo (ALFENAS et al., 2009; TITON et al., 2003).

Vários fatores influenciam o enraizamento e a sobrevivência das miniestacas, como as condições fisiológicas, o tipo de propágulo, a posição do propágulo no ramo, a juvenildade, a presença de folhas nas miniestacas, a idade das miniestacas, além dos fatores ambientais como luminosidade, temperatura e umidade (FERREIRA et al., 2012). Ainda, a produção de miniestacas é influenciada pelo tamanho do propágulo, meio de enraizamento e substâncias reguladoras de crescimento (WENDLING, 2004).

Outro fator de grande influência na miniestaquia de espécies nativas é a época do ano que é realizada a coleta das miniestacas. O efeito da sazonalidade na indução dos processos rizogênicos em propágulos vegetativos é um fator determinante, pois o mesmo exerce influência na época de coleta das brotações (HARTMANN et al., 2011). Além disso, as oscilações do fotoperíodo e da temperatura ao longo das estações do ano são fatores decisivos na indução de raízes dos propágulos vegetativos (ALFENAS et al., 2009). Assim, conhecendo-se as épocas mais favoráveis ao enraizamento é possível adotar estratégias de manejo para otimizar a produção de mudas (BRONDANI et al., 2010a).

Em estudos avaliando a técnica de miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* ficou comprovado que a produção, a sobrevivência e o enraizamento de miniestacas variaram conforme o clone e mostraram-se sensíveis às estações do ano e às oscilações da temperatura. Os maiores índices de sobrevivência e enraizamento foram obtidos nas estações mais frias (outono e inverno) e os menores índices nas estações mais quentes (primavera e verão) (BRONDANI et al., 2010a). Já a maior produção de miniestacas por minicepa ocorreu nas estações mais quentes (primavera e verão), e a menor nas estações mais frias (outono e inverno) (BRONDANI et al., 2012). Por isso, é importante conhecer o comportamento dos clones e a melhor época para o enraizamento visando à obtenção de mudas de qualidade a partir de clones selecionados.

Para espécies florestais nativas como a *Piptocarpha angustifolia* foi verificado que a primavera proporcionou maior produção de miniestacas e a primavera e o inverno forneceram as maiores porcentagens de miniestacas enraizadas (FERRIANI et al., 2011). Em *Sapium*

glandulatum a maior produção de miniestacas foi observada nas estações mais quentes do ano, nas quais as temperaturas mais elevadas favoreceram o desenvolvimento das brotações, mas a técnica de miniestaquia mostrou-se viável nas quatro estações do ano (FERREIRA et al., 2010), sendo possível a produção de mudas ao longo de todo o ano.

O número de miniestacas por minicepa também é variável, em função do tipo de clone, sistema e manejo do minijardim clonal, condições ambientais e vigor fisiológico das minicepas (XAVIER et al., 2013). Em estudo realizado em *Ilex paraguariensis* foi obtido produção média de miniestacas, por minicepa, de 4,4 a cada 39 dias. Ao final do período de rustificação, as miniestacas apresentaram, em média, taxas de sobrevivência de 85,8% e taxa de sobrevivência das minicepas no jardim miniclonal, ao final das 11 coletas, superior a 90%, com exceção da primeira coleta, indicando manutenção da viabilidade das minicepas ao longo de coletas sucessivas (WENDLING et al., 2007). Ferriani et al. (2011), observaram em *Piptocarpha angustifolia* variação de 1,1 a 2,5 miniestacas por minicepa em cada coleta e variações na sobrevivência das minicepas de acordo com a época do ano. Cunha et al. (2008) obtiveram médias de 2,9 miniestacas por minicepa em cada coleta para *Erythrina falcata* e média de sobrevivência de minicepas de 98,7% após oito coletas. Nos poucos estudos realizados com *Cabralea canjerana* foi verificado que a capacidade de enraizamento varia entre clones e que a miniestaquia é uma técnica viável para a produção massal de mudas (GIMENES et al., 2015). Esses resultados mostram a eficiência do método de miniestaquia na propagação vegetativa de espécies florestais nativas. Além disso, também evidenciam que a sobrevivência e a produção de miniestacas em coletas sucessivas tornam viáveis tecnicamente o método para produção contínua de propágulos, visando à produção de mudas (XAVIER et al., 2013).

Diante disso, a miniestaquia é uma técnica que apresenta potencial para a produção de mudas, devido à baixa mortalidade das minicepas e das miniestacas nas diferentes espécies estudadas. É uma técnica que está bem estabelecida no gênero *Eucalyptus* e em algumas espécies florestais nativas e que apresenta viabilidade para *C. canjerana*. No entanto, os clones de canjerana apresentam variabilidade em relação ao número de miniestacas produzidas, sobrevivência e porcentagem de enraizamento de miniestacas (GIMENES et al., 2015). Por isso, são necessários estudos visando a seleção de clones com alta taxa de multiplicação e alta porcentagem de enraizamento e verificar o efeito de época do ano na taxa de multiplicação desses clones propagados por miniestaquia, para determinar a época mais adequada ao enraizamento de miniestacas.

2.3 SELEÇÃO PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

A propagação vegetativa visa a multiplicação de plantas selecionadas e está associada à programas de melhoramento florestal que tem por objetivo acelerar o crescimento, aumentar a produtividade e gerar madeira e seus derivados de alta qualidade (ALFENAS et al., 2009). Dentre os métodos mais utilizados no melhoramento de espécies florestais está a seleção de árvores elites e a sua propagação por meio de clonagem. A propagação clonal por meio de miniestaquia pode ser utilizada, pois se destaca pelo amplo uso e devido aos excelentes resultados obtidos (GOLLE et al., 2009). Além disso, a miniestaquia vem sendo utilizada na produção massal de mudas de eucalipto, espécie florestal mais importante em termos de área e com pesquisas científicas e tecnológicas mais avançadas, e já foi indicada para a produção de mudas de canjerana (GIMENES et al., 2015).

Para que seja possível a utilização das estratégias de melhoramento que maximizam o ganho genético é de fundamental importância verificar a existência de variabilidade dos materiais em estudo (FREITAS et al., 2009). E, para identificar os genótipos superiores, são necessários métodos de seleção que sejam capazes de explorar o material genético com eficiência, maximizando o ganho genético em relação às características de interesse, a fim de aumentar as frequências de alelos para as características que se deseja manejar (COSTA et al., 2015; VIVAS et al., 2013).

De maneira geral, um programa de melhoramento genético florestal parte de uma população base ou experimental, sobre a qual será praticada a seleção em diferentes intensidades. Essa população selecionada pode ser utilizada na produção de sementes ou de mudas clonais, além de servir para a recombinação em novos cruzamentos (RESENDE, 1999). Para recombinação do material genético selecionado utilizam-se áreas de coleta e produção de sementes ou pomares de sementes por mudas clonais. Os testes de progênie convencionais também podem ser utilizados para a seleção dos indivíduos superiores. Já para propagação vegetativa, o melhoramento genético é efetuado por meio do enraizamento de propágulos de árvores selecionadas, para a implantação de testes clonais e áreas de multiplicação clonal, imprescindíveis para a silvicultura intensiva clonal (FERREIRA, 1992).

A eficiência de um programa de melhoramento genético é expressa pelo ganho genético por unidade de tempo. Em espécies perenes, como as florestais, o número de anos para se completar um ciclo seletivo é o principal obstáculo dos programas de melhoramento quando utilizada a seleção recorrente. Portanto, nos ciclos seletivos o intervalo de tempo entre gerações deve ser reduzido para maximizar os ganhos por unidade de tempo (BORRALHO et

al., 1992) e, assim, a seleção precoce assume enorme importância e, portanto, deve ser explorada. A seleção precoce visa identificar características das árvores em idade juvenil correlacionadas àquelas de interesse econômico em árvores em idades mais avançadas, predizendo, em idade juvenil, o desempenho de um indivíduo adulto, diminuindo assim, o tempo para se completar um ciclo de seleção (GONÇALVES et al., 1998).

Em testes clonais de *Eucalyptus* spp. é possível efetuar a seleção precoce aos dois anos de idade sobre o caractere diâmetro à altura do peito (MASSARO et al., 2010) ou aos três anos (BELTRAME et al., 2012). Outros estudos de seleção precoce foram realizados em espécies florestais como *Eucalyptus* sp (CHAVES et al., 2004; PAVAN et al., 2014), *Pinus taeda* (XIANG et al., 2002), *Pinus banksiana* (WENG et al., 2007), *Sclerobium paniculatum* (FARIAS NETO, 2003), *Myracrodruon urundeuva* (CARDERALLI et al., 2013) e *Hevea brasiliensis* (VERARDI et al., 2013).

A seleção precoce de genótipos quanto ao enraizamento adventício de miniestacas em programas de melhoramento genético florestal pode contribuir para reduzir ainda mais o tempo de seleção, pois contornaria o problema de escolha de materiais genéticos recalcitrantes à propagação vegetativa (OLIVEIRA et al., 2015). A seleção para enraizamento adventício foi estudada em *Eucalyptus cloeziana* e pode contribuir nos programas de melhoramento genético da espécie, por ser uma característica com alto efeito genotípico, proporcionando maiores ganhos genéticos (OLIVEIRA et al., 2015). Além dessa característica, é importante selecionar clones com elevada produtividade das minicepas que aliados à elevada percentagem de enraizamento, geram altos índices de produtividade (FREITAS et al., 2017).

Apesar de a miniestaquia estar consolidada, principalmente para clones de *Eucalyptus* spp., é observado na literatura diferenças em relação ao percentual de enraizamento das miniestacas entre espécies de eucalipto e também entre clones de uma mesma espécie (AZEVEDO et al., 2015). Estudos comprovam variabilidade para o enraizamento de miniestacas de espécies do gênero *Eucalyptus* (BENIN et al., 2013; BRONDANI et al., 2010b; BORGES et al., 2011; FERREIRA et al., 2004; MELO et al., 2011) e de espécies nativas como *Ilex paraguariensis* (BRONDANI et al., 2008), *Anadenanthera macrocarpa* (DIAS et al., 2012) e *Cabralea canjerana* (GIMENES et al., 2015). Portanto, a existência de variabilidade genética para o enraizamento de miniestacas de canjerana, possibilita a seleção de indivíduos superiores quanto a essa característica e a obtenção de ganhos genéticos significativos.

Cada estratégia de seleção aplica diferentes métodos, cada um possuindo características e propriedades próprias (FREITAS et al., 2009). Diante disso, a seleção de

clones de canjerana para a propagação vegetativa por miniestaquia deve ser baseada na competência ao enraizamento, devido a importância dessa característica na viabilização da produção massal de mudas. Além disso, a acurada predição de valores genéticos dos indivíduos candidatos à seleção é fundamental nos programas de melhoramento genético florestal.

3 CAPÍTULO I

EARLY SELECTION OF *Cabralea canjerana* FOR PROPAGATION BY MINICUTTING

Abstract – The objective of this work was to define an early selection strategy to identify *Cabralea canjerana* (Meliaceae) clones with high multiplication rate. A mini-garden of 109 clones of canjerana was established in a completely random design, in a acclimatized greenhouse. Mini-cuttings were collected five different times and quantified the number of mini-cuttings per mini-stump, the rooting percentage and the number of rooted mini-cuttings. The number of rooted mini-cuttings per mini-stump was the only trait to show high correlation estimations with the others. Five groups of clones were clustered based upon the number of rooted mini-cuttings per mini-stump in each evaluation. Selection of the two best groups in each evaluation resulted in high genetic gains from selection for all evaluated traits. Early selection for the number of rooted mini-cuttings discarded 65% of the clones, which would allow an association of strategies that promote increased experimental precision in the evaluation of other important traits, as those associated with growth vigor and quality of plantlets. Early selection for the number of mini-cuttings per mini-stump during different evaluations allows the identification of *Cabralea canjerana* clones with high multiplication rate.

Key words: Breeding. Canjerana. Mini-stumps. Plantlet production. Rooting.

SELEÇÃO PRECOCE EM *Cabralea canjerana* PARA A PROPAGAÇÃO POR MINIESTAQUIA

Resumo – O objetivo deste trabalho foi definir uma estratégia de seleção precoce para identificar clones de *Cabralea canjerana* (Meliaceae) com alta taxa de multiplicação. Em casa de vegetação climatizada foi estabelecido um minijardim clonal com 109 clones de canjerana no delineamento inteiramente casualizado. Foram realizadas cinco coletas de miniestacas e quantificados o número total de miniestacas por minicepa, a percentagem de enraizamento e o número de miniestacas enraizadas. O número de miniestacas enraizadas por minicepa foi o único caráter que apresentou altas estimativas de correlação com os demais. Foram estabelecidos a priori cinco grupos de clones com base no número de miniestacas enraizadas

em cada uma das épocas de coleta. A seleção dos dois melhores grupos em cada época resultou em altos ganhos de seleção para os três caracteres avaliados. A seleção precoce para o número de miniestacas enraizadas descartou 65% dos clones avaliados, o que possibilita associar estratégias para aumentar a precisão experimental em outras avaliações, como de caracteres associados ao vigor de crescimento e a qualidade das mudas produzidas. A seleção precoce para o número de miniestacas enraizadas em diferentes épocas do ano pode ser utilizada para identificar clones de *Cabralea canjerana* com alta taxa de multiplicação.

Palavras-chave: Melhoramento. Canjerana. Minicepa. Produção de mudas. Enraizamento.

3.1 INTRODUCTION

Cabralea canjerana (Vellozo) Martius, known as canjerana, is a brazilian native tree species of the Meliaceae family with great economic importance. Canjerana is considered one of the most valuable species, because of its high quality and durability of wood, even when exposed to drastic weather conditions (AIMI et al., 2016). Canjerana has a number of usages, including timber products, landscaping, restoration of degraded areas and medicinal purposes (GASPARIN et al., 2014; ROVEDDER et al., 2016). In this context, canjerana has the potential of being a native tree species of choice for using in clonal silviculture, because of its high wood quality, timber production and other interest of usages.

Production of canjerana plantlets can be hampered because the seed is recalcitrant (MEDEIROS; ABREU, 2007) and sensitive to dehydration, which leads to a rapid loss of viability. Seed storage in paper envelopes at 25°C ensures a good state of conservation only for ten days (GRUNENVALDT et al., 2014). The species presents high variability for fruit maturation, which hinders the formation of seed lots. Seed germination is not uniform and ranges between 22 to 86%. In many cases, low percentage of seed germination can be attributed to differences in maturation of harvested fruits (FELIPPI et al., 2015). These factors limit seminal plantlet production of canjerana, demonstrating the need to carry out vegetative propagation studies. However, there is little information available in the literature.

Vegetative propagation studies show that canjerana presents rooting competence in vitro (ROCHA et al., 2007), but the multiplication stage requires optimization. Because of the high cost, in vitro propagation is indicated mainly when other techniques of vegetative propagation do not succeed. Some canjerana clones present rooting competence of mini-

cuttings, which could facilitate plantlet production (GIMENES et al., 2015). Plantlet production by mini-cuttings may recover the necessary juvenility for vegetative propagation, since maturation is a limiting factor for adventitious rooting (WENDLING et al., 2014) and provide production of a large quantity of high quality plantlets in a small amount of time, depending on the rooting competence of each species (STUEPP et al., 2015). Adventitious rooting competence is also affected by recalcitrance to vegetative propagation, which demonstrates the need to adopt early selection strategies to circumvent this problem (OLIVEIRA et al., 2015). The productivity of mini-cuttings per mini-stump together with rooting percentage defines the multiplication rate (ROCHA et al., 2015), which corresponds to the number of rooted mini-cuttings and indicates potential quantity of plantlets. As canjerana clones vary in rooting competence (GIMENES et al., 2015), it is necessary to explore these differences to maximize plantlet production by mini-cuttings and to associate early selection strategies with discard clones recalcitrance to vegetative propagation.

The advantages of genetic improvement strategies in the development of new cultivars and the maximization of plantlet production have been discussed for the main vegetable and tree species for which vegetative propagation is used (BISOGNIN, 2011; ASSIS; RESENDE, 2011). Forest improvement has been concentrated on exotic species, mainly on the genera *Eucalyptus*, *Pinus*, *Acacia* and *Tectona*. Among these, genetic improvement strategies for vegetative propagation are relatively well defined for *Eucalyptus* spp. (ASSIS; RESENDE, 2011). In native species, studies have shown the viability of vegetative propagation by mini-cutting of *Anadenanthera macrocarpa* (DIAS et al., 2012), *Araucaria angustifolia* (PIRES et al., 2015) and *Cabralea canjerana* (GIMENES et al., 2015) however, strategies of early selection have not yet been investigated.

Due to the economic importance of canjerana, the difficulties of seedling production and the need to select clones for vegetative propagation, the objective of this work was to define an early selection strategy to identify *Cabralea canjerana* clones with high multiplication rate.

3.2 MATERIAL AND METHODS

The experiments were conducted in an acclimatized greenhouse of polycarbonate 10mm panels with maximum temperature set to 32°C and minimum temperature of 17°C, at the Center for Plant Improvement and Vegetative Propagation, at the Plant Science

Department of the Universidade Federal de Santa Maria, in Santa Maria, State of Rio Grande do Sul, Brazil (29°43'21"S, 53°43'11"W and 95 m over the sea level).

For this study, one-year-old seedlings of canjerana were established in a clonal mini-hedge in the completely random design. One hundred and nine seedlings were arranged in polyethylene trays (55 x 34 x 15 cm) in a closed soilless system, with coarse sand as substrate, adapted from Bisognin et al. (2015). In each tray, a layer of approximately 4 cm of medium gravel was covered by a polyethylene screen (1 mm) and a layer of approximately 11 cm of coarse sand (growing bed). Twelve seedlings were planted in each tray, with a spacing of 10 x 10 cm. A transversal polyvinyl chloride tube (20 mm diameter) with two holes was placed over the growing bed to distribute nutritive solution, which was supplied once a day during 15 minutes with the aid of a timer and low flow pump. The nutrient solution completely soaked the substrate and formed a surface layer, which was drained by two holes, one at the base and the other at the top of the tray. The nutritive solution consisted of quantities of macro and micronutrients as described by Kielse et al. (2015). Solution pH was kept between 5.5 and 6.0 and electrical conductivity at 1 dS m⁻¹, both adjusted weekly. After acclimatization, seedlings were submitted to drastic pruning (coppice) to form the mini-stumps that produced the shoots used for preparing the mini-cuttings.

Five evaluations were done according to the availability of shoots on the mini-stumps. The first evaluation was in September of 2013 and the last (fifth) one in May of 2015. In each collection, not all of the clones were evaluated, because of shoots availability. At each collection, mini-cuttings between 1.5 and 2.0 cm in length were prepared with one pair of leaflets reduced to half of their original size. The number of mini-cuttings produced per mini-stump depended upon the availability of shoots in each collection. Based on preliminary tests (GIMENES et al., 2015), the basal part of the mini-cuttings was immersed in a solution of 3,000 mg L⁻¹ of indolebutyric acid (AIB), for 10 seconds.

The mini-cuttings were grown in a vertical position in polyethylene trays, containing a mixture of commercial substrate based on pinus bark, coarse sand and carbonized rice bark (1:1:1 v/v) and kept in the nebulization chamber, with an average temperature of 25°C and relative humidity around 80%. In each of the evaluations, the total number of mini-cuttings produced per mini-stump was recorded (mini-cutting per mini-stump productivity). At 60 days of cultivation in the nebulization chamber, the percentage of rooted mini-cuttings and the number of rooted mini-cuttings per mini-stump were assessed. The mini-cuttings were considered rooted when presented at least one adventitious root of length equal to or greater than 0.1 cm.

To identify the best clones of canjerana for vegetative propagation by mini-cutting, in each of the five successive collections, five groups a priori were established according to the number of rooted mini-cuttings per mini-stump by the method of non-hierarchical k-means clustering (MINGOTI, 2005). Group means of each collection were compared by Student's t test for independent samples, at 5% probability. To validate the clustering, univariate analysis of variance was employed with a variable number of replicates (clones) ranging from three to 54 clones. Pearson linear correlation was performed between the traits of number of mini-cuttings produced per mini-stump, rooting percentage and number of rooted mini-cuttings.

The indirect genetic gain of selection (GS) for the three traits evaluated was calculated by the difference between the mean of the selected clones (MSC) and the mean of the original clones (MOC), that is, $GS = MSC - MOC$. GS percentage was also calculated, using the equation $GS\% = (GS/MOC) \times 100$. All analyses were carried out with the aid of Genes software (CRUZ, 2013) and Office Excel.

3.3 RESULTS AND DISCUSSION

For all traits and evaluations, it was observed differences among the five groups and clones within the groups, except for number of mini-cuttings produced per mini-stump in the second and fifth evaluations, which differences were not detected by the F-test (Table 1). The percentage of rooting and the number of rooted mini-cuttings per mini-stump presented differences among groups of clones in all evaluations (Table 1). Therefore, the non-hierarchical k-means clustering method was efficient in separating canjerana clones into five groups for both mini-cutting rooting traits. Besides canjerana clones differed in their competence for adventitious rooting of mini-cuttings, the non-hierarchical k-means clustering was effective in separating them into groups based on the number of rooted mini-cuttings per mini-stump, which best defines the multiplication rate of canjerana clones. The efficiency of non-hierarchical k-means clustering method in separating groups of clones was also observed in hybrids of *Eucalyptus* (BELTRAME et al., 2012).

Table 1 - Analysis of variance of clusters for the traits of number of mini-cuttings produced per mini-stump, rooting percentage and number of rooted mini-cuttings per mini-stump of canjerana clones.

Traits		Mini-cutting/mini-stump	Rooting (%)	Rooted mini-cuttings
Sources of variation	Degrees of freedom	Mean Squares		
		Evaluation 1		
Cluster	4	88.32*	10831.86*	68.18*
Residue	74	8.50	170.91	0.10
		Evaluation 2		
Cluster	4	16.42 ^{ns}	6326.90*	49.19*
Residue	32	8.00	215.62	1.92
		Evaluation 3		
Cluster	4	41.54*	8883.53*	49.46*
Residue	58	6.53	163.82	0.09
		Evaluation 4		
Cluster	4	248.22*	8533.80*	122.53*
Residue	79	9.25	104.78	0.10
		Evaluation 5		
Cluster	4	20.19 ^{ns}	4384.65*	28.37*
Residue	62	18.86	70.45	0.02

*Significant by the F Test, at 5% error probability. ^{ns} Not significant.

The rooting percentage and the number of mini-cuttings produced per mini-stump are independent traits, since the estimation of Pearson linear correlation was low ($r = 0.11$, $P < 0.05$), which is an indication that early selection based on only one of these traits may result in the identification of clones with a low multiplication rate. This is because the multiplication rate of a clone depends on the number of mini-cuttings produced and the rooting percentage, i.e. the production of mini-cuttings and the rooting competence. The mini-cuttings produced in a clonal mini-hedge is only considered adequate when there is a considerable high production of mini-cuttings associated with high adventitious rooting competence, resulting in high multiplication rate (FREITAS et al., 2017). Among the strategies of selection based on one of these traits, the selection of clones with the highest number of mini-cuttings associated with the lowest percentage of rooting is the least advantageous combination for commercial production of plantlets, due to the greater demand for materials, physical space and labor needed for rooting a small number of mini-cuttings.

The number of rooted mini-cuttings per mini-stump presented high estimation of correlation with the percentage of rooting ($r = 0.79$, $P < 0.05$) and with the number of mini-

cuttings produced per mini-stump ($r = 0.52$, $P < 0.05$), regardless of the genetic differences among clones. These results are very important for vegetative propagation by mini-cutting, because the higher the percentage of rooting and rooted mini-cuttings, the greater the potential for plantlet production, due to the high multiplication rate. These results support the idea that canjerana clones can be selected considering only the number of rooted mini-cuttings per mini-stump, which facilitates the assessment and the identification of superior clones for propagation by mini-cutting. Early selection based upon the number of rooted mini-cuttings should improve genetic gain, since it facilitates to discard clones that are recalcitrant to vegetative propagation (OLIVEIRA et al., 2015).

There were significant differences among groups of canjerana clones, except for the number of mini-cuttings per mini-stump in the fifth evaluation (Table 2). The significant differences among groups are fundamental for the identification of superior clones for multiplication rate. Based on Pearson correlation analysis, number of rooted mini-cuttings is the most important trait. As already discussed, it is possible that some clones stand out for their number of mini-cuttings and others for their rooting percentage, but what is important in vegetative propagation is the multiplication rate, which is a combination of both traits and it is quantified by the number of rooted mini-cuttings. This is because adventitious rooting percentage becomes an efficient selection criterion, since together with the production of mini-cuttings per mini-stump allow estimating the multiplication rate or the productivity index of the clones (ROCHA et al., 2015). With these results it was demonstrated the suitability of the selection of canjerana clones for vegetative propagation only based upon the number of rooted mini-cuttings per mini-stump.

Table 2 - Mean number of mini-cuttings produced per mini-stump, mean rooting percentage, mean number of rooted mini-cuttings and number of clones in each of the five groups formed by k-means clustering of canjerana clones evaluated in different periods.

Cluster ⁽¹⁾	Mini-cutting/mini-stump	Rooting (%)	Rooted mini-cuttings	Clones/cluster
Evaluation 1				
1	10.45 a ⁽²⁾	58.29 a	5.55 a	11
2	6.50 b	61.79 a	3.42 b	12
3	7.71 ab	30.99 b	2.00 c	17
4	5.27 b	21.84 c	1.00 d	15
5	4.13 bc	0.00 d	0.00 e	24
Evaluation 2				
1	8.83 a	84.21 a	7.17 a	6
2	7.00 ab	60.67 b	4.00 a	5
3	6.20 ab	46.99 b	2.50 b	10
4	4.82 b	23.37 c	1.00 c	11
5	6.00 ab	0.00 d	0.00 d	5
Evaluation 3				
1	9.50 a	71.82 a	6.50 a	4
2	7.80 a	59.14 ab	4.00 b	5
3	6.00 ab	42.95 b	2.00 c	9
4	3.88 b	31.10 b	1.00 d	17
5	4.25 b	0.00 c	0.00 e	28
Evaluation 4				
1	16.50 a	54.63 a	8.50 a	6
2	11.14 b	46.95 ab	4.57 b	7
3	7.71 b	38.57 ab	2.57 c	7
4	5.20 b	27.51 b	1.00 d	10
5	4.48 bc	0.00 c	0.00 e	54
Evaluation 5				
1	10.60 a	48.36 a	4.40 a	5
2	8.00 a	46.98 a	3.00 b	3
3	10.50 a	28.85 a	2.00 c	4
4	7.73 a	14.87 b	1.00 d	11
5	7.27 a	0.00 c	0.00 e	44

⁽¹⁾ K-means clustering. ⁽²⁾ Clusters not followed by the same letter in the column differ at 5% error probability by the Student t test for independent samples.

From the two best groups of clones for number of rooted mini-cuttings selected in each evaluation, there were 23, 11, 9, 13 and 8 clones respectively selected in the five consecutive evaluations (Table 2). These numbers were equivalent to 29.1, 29.7, 14.3, 15.5 and 11.9% of selected clones respectively in each evaluation. In consecutive evaluations, some clones were consistently selected, while others were selected only in a few cases, which

resulted in the selection of 38 canjerana clones, equivalent to a selection index of 35.0%. These differences can be explained by the variation among clones associated with seasonality, which interferes with the number of mini-cuttings per mini-stump and in the rooting percentage, as observed in other native tree species, such as *Araucaria angustifolia* (PIRES et al., 2015) and *Piptocarpha angustifolia* (FERRIANI et al., 2011). This indicates that the evaluation of clones for mini-cuttings rooting should be evaluated at different collections, to enhance the selection process by reducing the effects of seasonality in mini-cuttings rooting.

In case of selecting only the clones belonging to the best group for each evaluation, this would result in 24 clones, equivalent to a selection index of 22.0%. Thus, there would be a greater reduction in the genetic variability only for selecting clones for multiplication rate, which could restrict the genetic gain from selection for other traits, such as those associated with plantlets quality (shoot height, stem diameter, root and shoot fresh weight, among others). Alternatively, when considering the top two groups, selected clones showed superior performance for the three evaluated traits and kept a large variation between the best and the worst clone (Table 3). The total number of mini-cuttings per mini-stump ranged from 3 to 19, the rooting percentage ranged from 23.1% to 100.0%, and the number of rooted mini-cuttings per mini-stump ranged from 3 to 10. Of the 38 selected clones, 11 clones presented less than 50% of mini-cutting rooting and 27 clones showed percentage of rooting ranging from 50% to 100%. These rooting percentages indicated high feasibility for the vegetative propagation of canjerana by mini-cutting. The identification of clones with higher adventitious rooting competence should increase the production of rooted mini-cuttings, which would result in high multiplication rate. The mean number of mini-cuttings per mini-stump of selected clones was 9.4 every 60 days, considered a high production for a native species that exhibits slow growth. Collecting shoots of *Anadenanthera macrocarpa* every 26 days resulted an average 2.2 mini-cuttings per mini-stump (DIAS et al., 2012) and every 35 days produced from 1.1 to 2.5 mini-cuttings per mini-stump of *Piptocarpha angustifolia* (FERRIANI et al., 2011).

Table 3 - Number of mini-cuttings produced per mini-stump, rooting percentage and number of rooted mini-cuttings per mini-stump of 38 selected clones of *Cabralea canjerana*.

Clone	Mini-cutting/mini-stump	Rooting (%)	Rooted mini-cuttings/mini-stump
12SMI15*	15.0	64.1	10.0
12SMI28*	15.0	60.0	9.0
12SMI14*	10.5	61.4	6.5
12SMI36*	10.5	62.0	6.5
12SMI27*	14.3	52.6	6.3
10SM03*	19.0	31.6	6.0
12SMI17*	10.0	60.0	6.0
12SMI25*	6.5	91.7	6.0
12SMI42*	11.0	54.5	6.0
12SMI43*	9.0	68.1	6.0
12SMI44*	7.5	72.2	5.5
12SMI41*	13.7	38.9	5.3
10SM01*	12.7	39.4	5.0
10SM05*	10.8	48.7	5.0
12SMI09*	9.0	55.6	5.0
12SMI10*	8.0	62.5	5.0
12SMI12*	15.0	33.3	5.0
12SMI29*	6.0	83.3	5.0
12SMI57*	5.0	100.0	5.0
12SMI20*	9.0	54.7	4.3
12SMI51*	5.0	80.0	4.0
12SMI58*	6.0	66.7	4.0
12SMS22*	8.0	50.0	4.0
12SMI30*	9.0	44.4	4.0
10SM04	13.0	30.8	4.0
10SM240	4.0	100.0	4.0
12SMI16	7.0	58.3	4.0
12SMI19	14.0	28.6	4.0
12SMI22	13.0	30.8	4.0
12SMI24	8.0	50.0	4.0
12SMI39	6.7	66.8	4.0
12SMS44	7.0	57.1	4.0
12SMS16	3.0	100.0	3.0
12SMI01	4.0	75.0	3.0
12SMI05	5.0	60.0	3.0
12SMI46	5.0	60.0	3.0
10SM42	7.0	42.9	3.0
10SM30	13.0	23.1	3.0

* Indicates the 24 clones selected based on the best cluster for each evaluation.

The selection of 24 or 38 clones with the highest number of rooted mini-cuttings resulted in high values of indirect genetic gain from selection. The gain from selection of 24 clones varied from 62.7% to 287.5%, and from selection of 38 clones varied from 46.9% to

225.7%. As expected, the number of rooted mini-cuttings per mini-stump presented the greatest genetic gain from selection, for both 24 clones (287.5%) and 38 clones (225.7%). Even the smallest indirect genetic gain from selection can be considered high, which was estimated for the number of mini-cuttings per mini-stump (46.9%) when selecting 38 clones (Table 4). Therefore, the selection strategy was adequate for both numbers of selected clones, with an advantage of keeping higher genetic variability when selecting 38 instead of 24 clones. Thus, early selection for the number of rooted mini-cuttings per mini-stump would eliminate 65% of the clones, which would allow an association of strategies that promote increased experimental precision in the evaluation of other important traits for mass production of plantlets by mini-cutting, as is the case of those associated with growth vigor and the quality of plantlets. Appropriate number of mini-stumps increases experimental precision, which allows accurate inferences about evaluated traits (CARGNELUTTI FILHO et al., 2016). Therefore, the early selection strategy to identify *Cabranea canjerana* clones with high multiplication rate, cut down the number of clones for other traits evaluation, which allows evaluating more mini-stumps per clone, which results in higher experimental precision.

Table 4 - Means of selected clones (MSC). Means of original clones (MOC). Indirect Genetic Gain (GS) and percentage (GS %) from selection of *Cabranea canjerana* clones for the number of mini-cuttings produced per mini-stump, rooting percentage and number of rooted mini-cuttings per mini-stump.

Traits	Selection of 24 clones				Selection of 38 clones			
	MOC	MSC	GS	GS(%)	MOC	MSC	GS	GS(%)
Mini-cuttings/mini-stump	6.4	10.4	4.0	62.7	6.4	9.4	3.0	46.9
Rooting (%)	21.6	60.9	39.3	181.6	21.6	58.4	36.8	170.1
Rooted mini-cuttings/mini-stump	1.5	5.8	4.3	287.5	1.5	4.9	3.4	225.7

3.4 CONCLUSION

Early selection for the number of mini-cuttings per mini-stump in different times allows the identification of *Cabranea canjerana* clones with high multiplication rate.

The early selection evaluated to identify *C. canjerana* clones with high multiplication rate cut down the number of clones for other traits, which allows evaluating more mini-stumps per clone, which results in higher experimental precision.

REFERENCES

- AIMI, S. C. et al. Volumen de contenedores y dosis de fertilizante de liberación controlada en el crecimiento de plantas de *Cabralea canjerana* producidas en vivero. **Bosque**, v. 37, n. 2, p. 401-407, 2016.
- ASSIS, T. F.; RESENDE, M. D. V. Genetic improvement of forest tree species. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, S1, p. 44-49, 2011.
- BELTRAME, R. et al. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012.
- BISOGNIN, D. A. Breeding vegetatively propagated horticultural crops. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, S1, p. 35-43, 2011.
- BISOGNIN, D. A. et al. Rooting potential of mini-cuttings for the production of potato plantlets. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 366-371, 2015.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Sample size for estimating average trunk diameter and plant height in *Eucalyptus* hybrids. **Ciência Rural**, v. 46, n. 7, p. 1192-1199, 2016.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- DIAS, P. C. et al. Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 389-399, 2012.
- FELIPPI, M. et al. Fenologia reprodutiva e qualidade das sementes de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2137-2142, 2015.
- FERRIANI, A. P. et al. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 257-264, 2011.
- FREITAS, A. F. et al. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p.193-202, 2017.
- GASPARIN, E. et al. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.
- GIMENES, E. S. et al. Propagation of *Cabralea canjerana* by mini-cutting. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 7, n. 1, p. 8-15, 2015.
- GRUNENVALDT, R. L.; CANTARELLI, E. B.; SALAMONI, A. T. Armazenamento e viabilidade de sementes de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 98-105, 2014.

KIELSE, P. et al. Production and rooting of cordia - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. minicuttings collected from ministumps of asexual and seminal origin. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1164-1166, 2015.

MEDEIROS, A. C. S.; ABREU, D. C. A. Desidratação ultra-rápida de embriões. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 54, p. 119-125, 2007.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297 p.

OLIVEIRA, L. S.; DIAS, P. C.; ALMEIDA, M. Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 391-397, 2015.

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

ROCHA, S. C. et al. Micropropagação de *Cabralea canjerana*. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 43-50, 2007.

ROCHA, J. H. T. et al. Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-224) em função de doses de nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 273-279, 2015.

ROVEDDER, A. P. M. et al. Potential medicinal use of forest species of the Deciduous Seasonal Forest from Atlantic Forest Biome, South Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 59, p. 1-11, 2016.

STUEPP, C. A. et al. Estaquia de árvores adultas de *Paulownia fortunei* var. *mikado* a partir de brotações epicórmicas de decepta. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 667-677, 2015.

WENDLING, I. et al. Maturation and related aspects in clonal forestry-part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v. 45, n. 4, p. 473-486, 2014.

4 CAPÍTULO II

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLETA PARA A SELEÇÃO DE CLONES DE CANJERANA

Resumo: O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de época de coleta no enraizamento de miniestacas para desenvolver uma estratégia de seleção que maximize o ganho genético e facilite a identificação de clones de canjerana com potencial para a propagação vegetativa. Um minijardim clonal foi estabelecido com 22 clones de canjerana, no qual realizaram-se coletas de miniestacas em três épocas durante o período de maior crescimento vegetativo. Foram avaliadas as percentagens de sobrevivência, enraizamento e brotação de miniestacas, o número e comprimento de raízes e brotos e o número de miniestacas enraizadas por minicepa. Os clones foram agrupados pelo método não-hierárquico das k-médias para o número de miniestacas enraizadas em cada época de coleta. A identificação dos melhores clones foi realizada com base na soma de postos e estimado o ganho genético de seleção. A época de coleta das brotações afeta o enraizamento de miniestacas de canjerana. A seleção de clones de canjerana deve ser realizada com base no número de miniestacas enraizadas por minicepa durante todo o período de crescimento vegetativo.

Palavras-chave: *Cabralea canjerana*; ganho genético; miniestaquia; sazonalidade

ROOTING OF MINI-CUTTINGS IN DIFFERENT COLLECTION TIMES FOR THE SELECTION OF CANJERANA CLONES

Abstract: The objective of this work was to study the effect of the collection time in rooting capability of mini-cuttings to develop a selection strategy to maximize genetic gain from selection and to facilitate the identification of canjerana clones with potential for vegetative propagation. A clonal mini-hedge was established with 22 canjerana clones and mini-cuttings were collected in three different times during the vegetative growth season. The percentages of survival, rooting and shooting, the number and length of roots and shoots and the number of rooted mini-cuttings per mini-stump were evaluated. The clones were clustered by the nonhierarchical k-means method for the number of rooted mini-cuttings in each collection time. Clone selection was based upon the sum of ranks and genetic gain from selection was estimated. The collection time of canjerana shoots affects the rooting capability of mini-

cuttings. Selection of canjerana clones should be based upon the number of rooted mini-cuttings per mini-stump, during the whole season of vegetative growth.

Key words: *Cabralea canjerana*; genetic gain; mini-cutting; seasonality

4. 1 INTRODUÇÃO

A *Cabralea canjerana* (Vellozo) Martius (canjerana) é uma espécie arbórea nativa do Brasil que pertence à família Meliaceae. É considerada uma das espécies madeireiras mais valiosas do país, pois possui madeira resistente a intempéries e ataque de organismos xilófagos, com extraordinária durabilidade e valor econômico (Backes & Irgang, 2009). Essa espécie possui ampla aplicabilidade sendo utilizada para diversos fins, como obras externas, construção civil, moirões, marcenaria, entre outros (Carvalho, 2003). Também pode ser utilizada para fins ornamentais, sendo indicada para o paisagismo e recomendada para reflorestamento em ecossistemas degradados, além da utilização em plantios compensatórios de empreendimentos (Coradin et al., 2011).

As sementes de canjerana possuem baixa viabilidade. Apesar de não possuir dormência, são intolerantes à perda de água e quando armazenadas apresentam curta longevidade, pois as sementes perdem rapidamente a viabilidade após a secagem (Carvalho, 2003). Além disso, a germinação é considerada lenta e muito variável, de 40 a 93% (Carvalho, 2003) e de 22 a 86% (Felippi et al., 2015). Sementes recalcitrantes e de germinação lenta limitam a oferta contínua de mudas, necessária para a implantação de novos povoamentos, justificando o uso da propagação vegetativa para a produção de mudas, especialmente pela miniestaquia.

A miniestaquia se destaca por ser economicamente viável na produção de mudas clonais de *Eucalyptus*, além de permitir uniformização dos plantios, maximização dos ganhos em produtividade e qualidade da madeira e proporcionar alto percentual de enraizamento dos clones (Xavier et al., 2013). A miniestaquia também possibilita a formação de um banco de matrizes em casa de vegetação, que fornecem material diversificado para produção de mudas, visando à conservação da espécie e possibilitando a seleção daquelas com as melhores características para serem utilizadas na produção comercial de mudas (Oliveira et al., 2016).

A produção de mudas por miniestaquia depende do enraizamento adventício. O enraizamento adventício de algumas espécies varia com a época de coleta das brotações. Isso

ocorre devido o estado fisiológico da planta matriz variar com as condições climáticas sazonais, como resultado das alterações hormonais e nutricionais, bem como do balanço entre promotores e inibidores do enraizamento (Hartmann et al., 2011). Além disso, os carboidratos também têm importância no enraizamento, pois a auxina requer uma fonte de carbono para a biossíntese de ácidos nucleicos e proteínas (Fachinello et al., 2005) e, portanto, existe uma demanda de energia e carbono para a formação das raízes, sendo que as reservas das miniestacas podem variar com a época de coleta das brotações. Essas variações na competência ao enraizamento adventício em relação as épocas de coleta das miniestacas foram observadas em *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* (Brondani et al., 2010), *Pinus taeda* (Alcantara et al., 2007; Alcantara et al., 2008) e em espécies arbóreas nativas como *Piptocarpha angustifolia* (Ferriani et al., 2011) e *Eugenia uniflora* (Peña et al., 2015).

A miniestaquia é viável e tem potencial para a produção massal de mudas de canjerana, sendo que a competência ao enraizamento adventício depende do clone e varia entre coletas (Gimenes et al., 2015). A variabilidade genética para a competência ao enraizamento adventício possibilita adotar estratégias de seleção de clones para a propagação vegetativa por miniestaquia, com altas estimativas de ganho genético (Oliveira et al., 2015). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de época de coleta no enraizamento de miniestacas para desenvolver uma estratégia de seleção que maximize o ganho genético de seleção e facilite a identificação de clones de canjerana com potencial para a propagação vegetativa por miniestaquia.

4. 2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido em casa de vegetação climatizada, no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (29°42'S, 53°49'W, a 95 m de altitude). O minijardim clonal foi estabelecido a partir de mudas seminais com aproximadamente um ano de idade, sendo plantadas 12 mudas por bandeja de polietileno (55 x 34 x 15 cm) no espaçamento de 10 x 10 cm. As mudas foram cultivadas em sistema fechado de cultivo sem solo, com areia grossa como substrato, adaptado de Bisognin et al. (2015). A solução nutritiva foi fornecida diariamente, durante 15 minutos, com o auxílio de um programador digital e uma bomba de baixa vazão, até o encharcamento completo do substrato e a formação de uma lâmina superficial de solução. A solução nutritiva foi constituída pelas quantidades de macro e micronutrientes descritas por

Kielse et al. (2015). O pH da solução foi mantido entre 5,5 e 6,0 e a condutividade elétrica em 1 dS.m^{-1} , ambos ajustados semanalmente. Após a aclimatização, as mudas foram submetidas à poda drástica para formar as minicepas, que produziram as brotações usadas para o preparo das miniestacas. Foram avaliados 22 clones (10SM01, 10SM03, 10SM05, 10SM06, 10SM42, 10SM119, 10SM240, 12SMI04, 12SMI05, 12SMI08, 12SMI10, 12SMI12, 12SMI14, 12SMI15, 12SMI16, 12SMI17, 12SMI55, 12SMI56, 12SMI57, 12SMS06, 12SMS22, 12SMS27) de canjerana, representados por uma minicepa cada.

Foram realizadas três coletas consecutivas, conforme a disponibilidade de brotações nas minicepas durante o período de crescimento vegetativo, nas seguintes datas 15/09/2014, 12/12/2014 e 13/03/2015. Em cada coleta foram preparadas miniestacas de 1,5 a 2,0 cm de comprimento, com um par de folíolos reduzidos à metade do tamanho original. Com base em testes preliminares (Gimenes et al., 2015), a parte basal das miniestacas foi imersa em solução hidroalcoólica (1:1, água:álcool, v/v) com 3.000 mg.L^{-1} de ácido indolbutírico, por 10 segundos.

As miniestacas foram cultivadas na posição vertical em bandejas de polietileno, contendo uma mistura de substrato comercial, areia grossa e casca de arroz carbonizada (1:1:1 v/v). As mesmas foram mantidas em câmara de nebulização, com temperatura média de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de aproximadamente 80%. Aos 60 dias de cultivo em câmara de nebulização foi avaliada a percentagem de sobrevivência (SOB) das miniestacas, a percentagem de miniestacas enraizadas (ENR), o número de raízes (NRA), o comprimento médio das raízes (CRA, cm), a percentagem de brotação das miniestacas (BRO), o número de brotos por miniestacas (NBR), o comprimento médio dos brotos (CBR, cm) e o número de miniestacas enraizadas por minicepa. As miniestacas foram consideradas enraizadas quando apresentaram pelo menos uma raiz adventícia de comprimento igual ou superior a 0,1 cm.

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente ao acaso com número variável de repetições (de 3 a 19 miniestacas por clone). Para atender aos pressupostos da normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, os dados de percentagem foram transformados para arcoseno $\sqrt{x/100}$ e de contagem e comprimento para $\sqrt{x + 0,5}$. Após, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias de épocas de coleta dos caracteres com diferença estatística foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Também foi realizada a correlação linear de Pearson entre os caracteres avaliados e a significância verificada por meio do teste t de Student, a 5 % de probabilidade.

Com base em estudo realizado anteriormente, o número de miniestacas enraizadas por minicepa foi utilizado para separar os clones em cada época de coleta, a priori, em três grupos, estabelecidos pelo método de agrupamento não-hierárquico das k-médias (Mingoti, 2005). As médias de grupo em cada época de coleta foram comparadas pelo teste t de Student para amostras independentes, a 5% de probabilidade. O ordenamento de grupo foi utilizado para o ranqueamento e a identificação dos melhores clones com base na soma de postos proposta por Mulamba & Mock (1978) e descrita por Cruz & Regazzi (1997). A ordem de classificação de cada clone nas três épocas de coleta foi somada, resultando em um valor tomado como índice para a seleção dos mesmos (Cruz & Regazzi, 1997). O ganho de seleção (GS) foi calculado pela diferença entre a média dos clones selecionados (MCS) e a média dos 22 clones avaliados (MCO), para os caracteres número de miniestacas enraizadas por minicepa, percentagem de miniestacas enraizadas, percentagem de brotação das miniestacas, representados em percentagem (GS%). Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa ESTAT (UNESP - Jaboticabal) e do aplicativo Office Excel®.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância constataram-se diferenças significativas ($P \leq 0,05$) para a interação entre clones e épocas de coleta para todos os caracteres avaliados, com exceção do comprimento de broto (Tabela 1). Isso indica que os clones avaliados apresentam comportamento diverso em relação às três épocas de coleta. Desta forma, estratégias de seleção podem ser desenvolvidas tanto para a identificação de clones com maior competência ao enraizamento, quanto para o seu comportamento no enraizamento adventício e na brotação das miniestacas durante o período de crescimento vegetativo, quando ocorre a produção dos propágulos no minijardim clonal.

Tabela 1 - Quadrado médio para sobrevivência (SOB), percentagem de enraizamento (ENR), número de raiz (NRA), comprimento de raiz (CRA), percentagem de brotação (BRO), número de broto (NBR), comprimento de broto (CBR) de 22 clones de canjerana em três épocas de coleta.

FV	GL	SOB	ENR	NRA	CRA	BROT	NBR	CBR
Clone (A)	21	4109,40*	2630,63*	0,41*	1,14*	2256,18*	0,18*	0,32*
Coleta (B)	2	106848,78*	32567,86*	4,10*	17,63*	3850,15*	0,31*	0,83*
AxB	42	2711,33*	1826,01*	0,32*	0,78*	1680,52*	0,14*	0,21 ^{ns}
Resíduo	334	659,72	1015,03	0,19	0,44	701,27	0,06	0,18
Média		51,99	23,43	0,50	0,66	13,68	0,34	0,37
Desvio Padrão		25,69	31,86	0,43	0,67	26,48	0,24	0,42

* Significativo pelo Teste F, a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo.

Neste estudo não foi desdobrada a interação entre clones e épocas de coleta, pois o objetivo foi avaliar o comportamento das miniestacas de canjerana nas diferentes épocas de coleta para estabelecer estratégias de seleção de clones para a propagação vegetativa. Neste sentido, as avaliações de sobrevivência, enraizamento e brotação das miniestacas de canjerana foram utilizadas para conhecer o efeito das épocas de coleta das miniestacas e, por isso, a importância de estudar este efeito em um grande número de clones para aumentar a inferência dos dados. De fato, as épocas de coleta das miniestacas afetaram todas as variáveis avaliadas nas miniestacas (Tabela 1), sendo que os melhores resultados foram observados nas miniestacas coletadas na época I (início do período de crescimento vegetativo), os quais podem ser observados pela alta percentagem de sobrevivência (86,8%) e pelas percentagens de enraizamento (43,5%) e de brotação (18,0%), aos 60 dias de cultivo (Tabela 2). A época II não diferiu da época I para os caracteres relacionados à brotação (percentagem de brotação, número e comprimento de broto), no entanto, os caracteres relacionados ao enraizamento diminuíram drasticamente. Já a época III apresentou as menores médias, provavelmente devido ao fato de que as miniestacas já haviam sido expostas a um período de crescimento vegetativo intenso anteriormente (épocas I e II) e estarem entrando em uma fase de reduzida atividade metabólica. E ainda, com relação ao consumo de carboidratos no crescimento vegetativo anterior, no qual as mesmas possuíam menos reserva, o que resulta na diminuição da formação de raízes adventícias (Tabela 2). Além disso, a capacidade do propágulo em emitir raízes está associada à interação de fatores no tecido vegetal, assim como às substâncias transportáveis produzidas nas folhas e gemas. Dessa forma, as variações climáticas sazonais podem afetar significativamente o estado fisiológico da planta-matriz e o balanço hormonal endógeno (Hartmann et al., 2011).

Tabela 2 - Médias para efeito de época de coleta para sobrevivência (SOB), percentagem de enraizamento (ENR), número de raiz (NRA), comprimento de raiz (CRA), percentagem de brotação (BRO), número de broto (NBR), comprimento de broto (CBR) de 22 clones de canjerana em três épocas de coleta.

Coletas	SOB	ENR	NRA	CRA	BROT	NBR	CBR
Época I	86,8 a ¹	43,5 a	0,71 a	1,13 a	18,0 a	0,37 a	0,36 ab
Época II	58,0 b	16,7 b	0,41 b	0,54 b	15,3 a	0,35 a	0,43 a
Época III	22,8 c	10,0 b	0,34 b	0,33 b	6,3 b	0,27 b	0,25 b

¹ Médias de coletas, pelo teste de Tukey não seguidas pela mesma letra, diferem a 5% de probabilidade de erro.

O efeito das variações sazonais também foi verificado no enraizamento de miniestacas, tanto de espécies arbóreas exóticas quanto nativas. Algumas espécies como *Pinus taeda*, *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*, *Araucaria angustifolia* e *Drymis brasiliensis* apresentaram maiores percentagens de enraizamento de miniestacas no inverno (Alcantara et al., 2007; Brondani et al., 2010) e em *Piptocarpha angustifolia* além do inverno, a primavera também foi uma estação favorável ao enraizamento de miniestacas (Ferriani et al., 2011). No entanto, o verão e a primavera foram as melhores épocas do ano para coleta e enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* (Alcantara et al., 2008) e todas as estações do ano, com exceção do outono, foram favoráveis ao enraizamento de miniestacas de *Eugenia uniflora* (Peña et al., 2015).

A canjerana apresenta intolerância à geada (Campos Filho & Sartorelli, 2015) e, no inverno, a espécie diminui consideravelmente o crescimento e, conseqüentemente, a produção de novas brotações tornando impossível a coleta de miniestacas durante esse período do ano. Além disso, é no outono e inverno que os carboidratos ficam armazenados para se tornarem disponíveis na primavera e verão, quando a planta necessita de energia para a brotação, sendo que a disponibilidade dessas reservas também pode favorecer o enraizamento das miniestacas (Bortolini et al., 2008). Em *Cedrela fissilis*, espécie da mesma família da canjerana, foi verificado que na coleta em que as temperaturas estavam mais baixas, as condições fisiológicas menos favoráveis ao processo de crescimento e desenvolvimento das brotações resultou em miniestacas com respostas negativas ao processo de enraizamento adventício (Xavier et al., 2003).

No presente estudo, as maiores percentagens de sobrevivência e enraizamento das miniestacas foram obtidos no início do crescimento vegetativo (época I) e as menores percentagens próximo do final do período (época III). Este comportamento é oposto ao que

foi encontrado em *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* (Brondani et al., 2010). No entanto, as percentagens de enraizamento obtidas na época I (43,5%) e época II (16,7%) são semelhantes as médias obtidas em *Piptocarpha angustifolia* na primavera (45,0%) e outono (17,5%) (Ferriani et al., 2011), as quais correspondem respectivamente as épocas de coleta I e II realizadas nesta pesquisa (Tabela 2). Isso pode ser devido a maior síntese de auxinas ocorrer na primavera e no verão, devido a maior disponibilidade de radiação solar, e a temperatura ter efeito direto sobre o metabolismo da planta, e, quanto maior, mais aceleradas serão as reações químicas, além do aumento da temperatura favorecer a divisão celular das miniestacas (Taiz & Zeiger, 2013).

Este comportamento da canjerana pode estar associado a maior síntese de auxinas nos meristemas apicais, em gemas e folhas jovens (Taiz & Zeiger, 2013), pois foi possível observar um efeito positivo do crescimento das brotações nas minicepas e nas miniestacas no processo de enraizamento. Como no inverno há um repouso vegetativo, na primavera ocorre um crescimento intenso e vigoroso das brotações, em virtude do aumento do fotoperíodo e da temperatura, culminando com maior enraizamento e brotação das miniestacas (Tabela 2). Cabe ressaltar que na média das épocas de coleta ocorreu uma perda da competência ao enraizamento associado a brotação das miniestacas na comparação das época I a III. Esse comportamento também foi encontrado em estacas de quiri (*Paulownia fortunei* var. *mikado*), as quais não produziram brotações no inverno e as coletas de primavera e verão apresentaram as maiores percentagens de enraizamento (Stuepp et al., 2015).

Por meio da análise de correlação verificou-se que os caracteres de enraizamento estão altamente dependentes entre si, pois correlações positivas e de alta magnitude foram observadas entre a percentagem de enraizamento e o número e comprimento médio das raízes (Tabela 3). Esses caracteres merecem atenção, pois mudas com um melhor desenvolvimento radicular terão maiores índices de sobrevivência e um desenvolvimento mais vigoroso e rápido, proporcionando uma melhor fixação quando levadas a campo, o que diminui as perdas por mortalidade (Reis et al., 2000). Além disso, a percentagem de brotação apresentou alta correlação com o número de brotos e correlação mediana com o comprimento dos mesmos, demonstrando haver dependência também entre os caracteres relacionados à brotação e independência àqueles relacionados ao enraizamento de miniestacas, já que os valores de correlação foram de menor magnitude.

Tabela 3 - Correlação de Pearson para sobrevivência (SOB), percentagem de enraizamento (ENR), número de raiz (NRA), comprimento de raiz (CRA), percentagem de brotação (BRO), número de broto (NBR), comprimento de broto (CBR) de 22 clones de canjerana em três épocas de coleta.

Caráter	ENR	NRA	CRA	BRO	NBR	CBR
SOB	0,497*	0,422*	0,403*	0,347*	0,347*	0,299*
ENR		0,848*	0,811*	0,283*	0,283*	0,299*
NRA			0,608*	0,312*	0,312*	0,333*
CRA				0,210*	0,210*	0,224*
BRO					1,000*	0,581*
NBR						0,581*

* Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos com miniestacas herbáceas de *Prunus persica*, nas quais os caracteres de enraizamento (número e comprimento de raiz) e de brotação (número e comprimento de brotos) apresentaram baixa correlação (Timm et al., 2015). Cabe ressaltar que é de fundamental importância o equilíbrio entre caracteres relacionados ao enraizamento e a brotação de miniestacas, pois são parâmetros importantes para o vigor e a qualidade das mudas de canjerana. Pela magnitude da correlação é possível inferir que clones de canjerana com competência ao enraizamento associada a brotação das miniestacas podem ser selecionados.

O número de miniestacas enraizadas é um caráter extremamente importante, pois define a taxa de multiplicação potencial de um clone e, conseqüentemente, indica a quantidade potencial de mudas produzidas. Por meio desse caráter, foi possível observar o comportamento dos clones ao longo das épocas de coleta, verificando quais são aqueles menos afetados pela época de coleta e com desempenho superior nas três épocas. Dessa forma, a utilização de um índice de classificação dos clones pelo número de miniestacas enraizadas, bem como o somatório dos índices de cada clone foi fundamental para identificar aqueles com maior competência ao enraizamento durante o período de crescimento vegetativo. Não é de conhecimento dos autores a utilização da soma de postos para a identificação de clones de espécies arbóreas, porém esta mesma metodologia proporcionou resultados satisfatórios na seleção de clones de batata (Müller et al., 2009) e de genótipos de soja (Costa et al., 2004). Esta estratégia de seleção deve ser aplicada em canjerana, pois o número de miniestacas enraizadas varia entre clones e entre épocas de coleta (Tabela 4). Diferenças genéticas entre clones explicam as variações no número de miniestacas enraizadas em uma mesma época e podem estar associadas às diferenças nos níveis endógenos de

auxinas. Essas variações no enraizamento já foram verificadas em estudo realizado com três clones de canjerana em diferentes épocas de coleta (Gimenes et al., 2015).

Tabela 4 - Número de miniestacas enraizadas por minicepa em cada época de coleta, número de miniestacas enraizadas por minicepa nas três épocas de coleta e índice de classificação pela soma de postos de 22 clones de canjerana.

Clone	Época I	Época II	Época III	Miniestacas enraizadas	Soma de Postos
10SM05	4 b ¹	9 a	4 a	17	4
12SMI57	6 a	5 a	0 c	11	5
10SM01	2 b	4 a	1 b	7	5
12SMI15	6 a	2 b	0 c	8	6
12SMI55	2 b	3 a	0 c	5	6
10SM42	1 c	1 b	3 a	5	6
10SM06	1 c	1 b	2 a	4	6
12SMI14	8 a	0 c	0 c	8	7
12SMI17	6 a	0 c	0 c	6	7
12SMI16	4 b	0 c	1 b	5	7
12SMI04	2 b	0 c	1 b	3	7
12SMI08	1 c	0 c	2 a	3	7
10SM240	4 b	0 c	0 c	4	8
12SMI05	3 b	0 c	0 c	3	8
12SMS06	2 b	0 c	0 c	2	8
12SMS22	2 b	0 c	0 c	2	8
12SMI10	1 c	1 b	0 c	2	8
10SM03	1 c	0 c	0 c	1	9
12SMI12	1 c	0 c	0 c	1	9
12SMI56	1 c	0 c	0 c	1	9
10SM119	1 c	0 c	0 c	1	9
12SMS27	1 c	0 c	0 c	1	9

¹ Os clones seguidos por mesma letra na coluna foram agrupados pelo método das k-médias e diferem a 5% de probabilidade pelo teste t de Student para amostras independentes. Para a soma dos postos, a=1, b=2, e c=3.

Os clones avaliados apresentaram diferenças significativas de número de miniestacas enraizadas, variando de uma até oito miniestacas enraizadas na época I de coleta, de zero até nove miniestacas enraizadas na época II de coleta e de zero até quatro miniestacas enraizadas na época III de coleta (Tabela 4). A seleção dos clones menos afetados pelas épocas de coletas, como é o caso do clone 10SM05, é importante para maximizar o número de miniestacas enraizadas ao longo das coletas. A seleção baseada no somatório dos índices dos clones com maior número de miniestacas enraizadas nas três coletas resultou na identificação dos clones 10SM05, 12SMI57, 10SM01, 12SMI15, 12SMI55, 10SM42 e 10SM06 (Tabela 4),

os quais apresentaram maior potencial para a produção massal de mudas de canjerana por miniestaquia, ao longo do período de crescimento vegetativo.

Os clones 12SMI14, 12SMI17, 12SMI16, 12SMI04 e 12SMI08 também poderiam ser selecionados, pois apresentaram boa produtividade de miniestacas enraizadas na primeira época de coleta (Tabela 4). No entanto, apresentaram pouca ou nenhuma miniestaca enraizada nas demais épocas de coleta, o que não é recomendado quando se quer maximizar a produção de mudas e selecionar clones menos afetados pelas mudanças de temperatura e fotoperíodo durante o crescimento vegetativo. Portanto, a estratégia de seleção deve ser baseada na soma de postos, sendo selecionados os clones com miniestacas enraizadas em pelo menos duas épocas de coleta, que apresentaram as menores somas de postos. Para a produção massal de mudas e o melhor aproveitamento da infraestrutura de propagação, quanto maior o período de enraizamento e a produção de miniestacas menor será o custo de produção das mudas. Além disso, com o conhecimento do período do ano mais favorável ao enraizamento adventício é possível adotar estratégias de manejo, visando otimizar a produção de mudas de clones previamente selecionados (Brondani et al., 2010).

Os maiores ganhos de seleção foram obtidos para o número de miniestacas enraizadas, com exceção da primeira época de coleta em que a percentagem de brotação resultou no maior ganho (Tabela 5). Isso novamente demonstra que a seleção de clones com base no número de miniestacas enraizadas é adequada, conforme já observado em canjerana.

Tabela 5 - Valores das médias originais (MCO) e dos clones selecionados (MCS) e o ganho genético indireto de seleção para número de miniestacas enraizadas por minicepa e para as percentagens de enraizamento e brotação de clones de canjerana em cada uma e no conjunto das três épocas de coleta.

Caracteres	MCO	MCS	GS	GS(%)
		Todas as épocas de coletas		
Miniestacas enraizadas	1,5	2,7	1,2	79,1
Enraizamento (%)	24,9	40,1	15,2	61,0
Brotação (%)	14,0	17,6	3,6	26,1
		Época I de coleta		
Miniestacas enraizadas	2,7	3,1	0,4	15,2
Enraizamento (%)	49,2	55,0	5,8	11,8
Brotação (%)	20,5	12,5	-8,0	39,0
		Época II de coleta		
Miniestacas enraizadas	1,2	3,6	2,4	202,2
Enraizamento (%)	21,5	52,1	30,6	142,4
Brotação (%)	18,2	35,4	17,2	94,8
		Época III de coleta		
Miniestacas enraizadas	0,6	1,4	0,8	124,5
Enraizamento (%)	8,9	18,5	9,7	109,0
Brotação (%)	5,7	5,6	-0,1	2,5

A seleção dos clones de canjerana com base em todas as épocas de coleta promove maior ganho indireto de seleção (79,1%) para o número de miniestacas enraizadas, seguido da percentagem de enraizamento (61,0%) e da percentagem de brotação (26,1%). Entre as épocas de coleta, a época II é a que promoveu os maiores ganhos indiretos de seleção sendo de 202,2%, 142,4% e 94,8%, respectivamente, para os caracteres número de miniestacas enraizadas, percentagem de enraizamento e percentagem de brotação. A época III também garante ganhos expressivos de seleção para os caracteres número de miniestacas enraizadas (124,5%) e para a percentagem de enraizamento (109,0%) (Tabela 5). Os maiores ganhos de seleção nas épocas de coleta II e III se devem ao fato de que todos os clones com competência ao enraizamento foram selecionados e, portanto, devem ser analisados com ressalva.

Os resultados deste trabalho mostram que a seleção de clones de canjerana deve ser realizada com base no número de miniestacas enraizadas por minicepa durante o período de crescimento vegetativo, ou seja, nas três épocas de coleta, para que os clones produzam miniestacas por um maior período e seja maximizada a produção de mudas. Os clones selecionados serão utilizados com maior número de minicepas para aumentar a precisão experimental e o número de mudas, o que possibilitará comparar os clones quanto ao vigor de crescimento e a qualidade das mudas produzidas.

4.4 CONCLUSÕES

A época de coleta das brotações afeta o enraizamento de miniestacas de canjerana.

A seleção de clones de canjerana deve ser realizada com base no número de miniestacas enraizadas durante todo o período de crescimento vegetativo.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelas bolsas concedidas.

LITERATURA CITADA

Alcantara, G.B.; Ribas, L.L.F.; Higa, A.R.; Ribas, K.C.Z. Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de

miniéstacas de *Pinus taeda* L. Scientia Forestalis, v.36, n.78, p.151-156, 2008. <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr78/cap07.pdf>. 8 Jun. 2017.

- Alcantara, G.B.; Ribas, L.L.F.; Higa, A.R.; Ribas, K.C.Z.; Koehler, H.S. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniéstacas de *Pinus taeda* L. Revista *Árvore*, v.31, n.3, p.399-404, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000300005>.
- Backes, P.; Irgang, B. *Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico*. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2009. 332p.
- Bisognin, D.A.; Bandinelli, M.G.; Kielse, P.; Fischer, H. Rooting potential of mini-cuttings for the production of potato plantlets. *American Journal of Plant Sciences*, v.6, n.2, p.366-371, 2015. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.62042>.
- Bortolini, M.F.; Ribas, K.C.Z.; Koehler, H.S.; Carpanezi, A.A.; Deschamps, C.; Oliveira, M.D.C.; Bona, C.; Mayer, J.L.S. *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.: Enraizamento, anatomia e análises bioquímicas nas quatro estações do ano. *Ciência Florestal*, v.18, n.2, p.159-171, 2008. <https://doi.org/10.5902/19805098454>.
- Brondani, G.E.; Wendling, I.; Grossi, F.; Dutra, L.F.; Araujo, M.A. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (II) sobrevivência e enraizamento de miniéstacas em função das coletas e estações do ano. *Ciência Florestal*, v.20, n.3, p.453-465, 2010. <https://doi.org/10.5902/198050982060>.
- Campos Filho, E.M.; Sartorelli, P.A.R. *Guia de árvores com valor econômico*. São Paulo: Agroicone, 2015. 139p.
- Carvalho, P.E.R. *Espécies Arbóreas Brasileiras*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.
- Coradin, L.; Siminski A.; Reis, A. *Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o futuro - Região Sul*. Brasília: MMA, 2011. 934p.
- Costa, M.M.; Di Mauro, A.O.; Unêda-Trevisoli, S.H.; Arriel, N.H.C.; Bárbaro, I.M.; Muniz, F.R.S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.11, p.1095-1102, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001100007>.
- Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, 1997. 390p.
- Fachinello, J.C.; Hoffmann, A.; Nachtigal, J.C. *Propagação de plantas frutíferas*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221p.
- Felippi, M.; Araújo, M.M.; Longhi, S.J.; Lucio, A.D.C. Fenologia Reprodutiva e qualidade das sementes de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. *Ciência Rural*, v.45, n.12, p.2137-2142, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130517>.

- Ferriani, A.P.; Zuffellato-Ribas, K.C.; Helm, C.V.; Boza, A.; Wendling, I.; Koehler, H.S. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. Pesquisa Florestal Brasileira, v.31, n.67, p.257-264, 2011. <https://doi.org/10.4336/2011.pfb.31.67.257>.
- Gimenes, E.S.; Kielse, P.; Haygert, K.L.; Fleig, F.D.; Keathley, D.E.; Bisognin, D.A. Propagation of *Cabralea canjerana* by minicutting. Journal of Horticulture and Forestry, v.7, n.1, p.8-15, 2015. <https://doi.org/10.5897/JHF2014.0367>.
- Hartmann, H.T.; Kester, D.E.; Davies, F.T.; Geneve, R.L. Plant propagation: principles and practices. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 928p.
- Kielse, K.; Bisognin, D.A.; Haygert, K.L.; Mello, U.S.; Pimentel, N.; Raube, M.A. Production and rooting of cordia - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. minicuttings collected from ministumps of asexual and seminal origin. Ciência Rural, v.45, n.7, p.1164-1166, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131011>.
- Mingoti, S.A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297p.
- Mulamba, N.N.; Mock, J.J. Improvement of yield potential of the method Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. Egyptian Journal of Genetics and Citology, v.7, n.1, p.40-51, 1978.
- Müller, D.R. Bisognin, D.A.; Andriolo, J.L.; Morin Junior, G.R.; Gnocato, F.S. Expressão dos caracteres e seleção de clones de batata nas condições de cultivo de primavera e outono. Ciência Rural, v.39, n.5, p.1237-1334, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000078>.
- Oliveira, L.S.; Dias, P.C.; Almeida, M. Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*. Pesquisa Florestal Brasileira, v.35, n.84, p.391-397, 2015. <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.84.890>.
- Oliveira, T.P.F.; Barroso, D.G.; Lamônica, K.R.; Carvalho, G.C.M.W. Aplicação de AIB e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. Ciência Florestal, v.26, n.1, p.313-320, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821128>.
- Peña, M.L.P.; Zanette, F.; Biasi, L.A. Época de coleta e ácido indolbutírico no enraizamento de miniestacas de pitangueira. Semina: Ciências Agrárias, v.36, n.5, p.3055-3068, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n5p3055>.
- Reis, J.M.R.; Chalfun, N.N.J.; Lima, L.C.O.; Lima, L.C. Efeito do estiolamento e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas do porta-enxerto *Pyrus calleryana* Dcne. Ciência e Agrotecnologia, v.24, n.4, p.931-938, 2000. <http://www.editora.ufla.br/index.php/component/phocadownload/category/38-volume-24-numero4?download=608:vol24numero4>. 08 Jun. 2017.
- Stuepp, C.A.; Wendling, I.; Koehler, H.S.; Zuffellato-Ribas, K.C. Estaquia de árvores adultas de *Paulownia fortunei* var. *mikado* a partir de brotações epicórmicas de decepa. Ciência Florestal, v.25, n.3, p.667-677, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509819617>.

Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre, Artmed, 2013. 954p.

Timm, C.R.F.; Schuch, M.W.; Tomaz, Z.F.P.; Mayer, N.A. Enraizamento de miniestacas herbáceas de porta-enxertos de pessegueiro sob efeito de ácido indolbutírico. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.1, p.135-140, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p135>.

Xavier, A.; Santos, G.A.; Wendling, I.; Oliveira, M.L. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. *Revista Árvore*, v.27, n.2, p.139-143, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000200003>.

Xavier, A.; Wendling, L.; Silva, R.L. *Silvicultura clonal: princípios e técnicas*. 2.ed. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 2013. 279p.

5 CAPÍTULO III

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CLONES SELECIONADOS DE *Cabralea canjerana* EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO

Resumo – Os objetivos deste trabalho foram avaliar a competência ao enraizamento de miniestacas ao longo das quatro estações do ano e determinar o tempo de enraizamento de clones selecionados de canjerana. O minijardim clonal foi estabelecido com onze clones selecionados para o enraizamento adventício em um sistema fechado de cultivo. Foram realizadas avaliações ao longo das quatro estações do ano do número total de miniestacas produzidas por minicepa, da percentagem de sobrevivência e de enraizamento das miniestacas, do número de raízes, do comprimento médio das raízes e contabilizado o número de miniestacas enraizadas por minicepa. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott. Também foi elaborada a curva de enraizamento para três clones (10SM05, 12SMI25 e 12SMI43) competentes ao enraizamento adventício. Clones selecionados apresentam competência ao enraizamento nas quatro estações do ano, o que possibilita aumentar a produção de mudas de canjerana. Pela identificação do tempo de enraizamento das miniestacas dos clones selecionados é possível otimizar as estruturas de propagação e retirar as estacas enraizadas da câmara úmida aos 63 dias de cultivo.

Palavras-chave: Seleção. Propagação vegetativa. Sazonalidade. Produção de mudas.

MINI-CUTTINGS ROOTING OF SELECTED CLONES OF *Cabralea canjerana* IN DIFFERENT SEASONS

Abstract – The objectives of this work were to evaluate the rooting competence of mini-cuttings throughout the year and to estimate the rooting time of selected clones of canjerana. The clonal mini-garden was established with eleven selected clones (for adventitious rooting) in a closed hydroponic system. Evaluations were done throughout the year for the number of mini-cuttings produced per mini-stump, percentage of survival and rooting of mini-cuttings, number of roots, average length of roots and number of mini-cuttings rooted per mini-stump. Data were submitted to analysis of variance and means were compared by the Scott-Knott

test. The rooting curve was also estimated for three clones (10SM05, 12SMI25 and 12SMI43) with high competence for adventitious rooting. Selected clones have rooting competence during the whole year, which makes it possible to increase the production of canjerana plantlets. It is possible to optimize the propagation structures by identifying the rooting time of mini-cuttings of selected clones to remove them from the humid chamber after 63 days of cultivation.

Key-words: Selection. Vegetative propagation. Seasonality. Plantlet production.

5.1 INTRODUÇÃO

Cabralea canjerana (Vellozo) Martius, conhecida popularmente como canjerana, pertence à família Meliaceae e é uma espécie arbórea nativa do Brasil. A espécie pode ser utilizada para diversas finalidades, como construção civil, obras externas e internas, dormentes, marcenaria, moirões, carpintaria, entre outros. A madeira apresenta grande durabilidade quando exposta ao tempo e por ser moderadamente pesada ($0,61$ a $0,75$ g.cm⁻³) (CARVALHO, 2003) e dura, já foi muito explorada para dormentes de estradas de ferro e vigamentos de pontes. Além de apresentar fácil trabalhabilidade e com extraordinária durabilidade, é considerada como uma das madeiras mais valiosas do sul do Brasil (LANZARIN et al., 2018), tendo-se assim interesse comercial nessa espécie florestal.

As sementes de canjerana, apesar de não apresentar dormência, têm comportamento recalcitrante, sendo intolerantes à perda de água e quando armazenadas apresentam curta longevidade (CARVALHO, 2003). Além disso, a germinação é variável conforme apontado por Aimi et al. (2016), sendo que a mesma é considerada lenta e com índices variando de 40 a 93% (CARVALHO, 2003). Isso dificulta a produção de mudas via seminal durante o ano inteiro e a propagação vegetativa, especialmente pela técnica da miniestaquia, pode ser uma alternativa para a multiplicação da espécie.

Por meio da propagação vegetativa pela técnica da miniestaquia é possível contornar os problemas intrínsecos à multiplicação seminal, assegurar a produção de mudas durante o ano inteiro e proporcionar rápida seleção e multiplicação de indivíduos superiores, tornando os plantios mais homogêneos e produtivos (SOUZA et al., 2009). A viabilidade da técnica e a qualidade das mudas formadas depende diretamente da capacidade de enraizamento adventício de cada espécie. O enraizamento adventício pode ser influenciado pelas diferentes

estações do ano em que as brotações são coletadas, refletindo nos índices de enraizamento das miniestacas (STUEPP et al., 2015). Em estudos já realizados com canjerana indicam que a competência ao enraizamento adventício depende do clone e varia entre épocas de coleta (GIMENES et al., 2015; BURIN et al., 2018). Portanto, conhecendo-se as épocas mais adequadas ao enraizamento nas diferentes estações do ano, é possível adotar estratégias de manejo que visam à otimização da produção de mudas de clones previamente selecionados (BRONDANI et al., 2010).

Outra estratégia visando otimizar a produção de mudas de clones previamente selecionados é determinar o tempo ótimo de enraizamento de miniestacas dos diferentes clones a serem propagados. Por meio dessa estratégia é possível minimizar os custos, otimizando o uso das instalações, evitando a permanência das mudas além do tempo necessário, ou a perda de miniestacas em função da retirada destas da casa de vegetação, antes de se finalizar o processo rizogênico (MELO et al., 2011).

A carência de estudos sobre propagação vegetativa em espécies nativas, especialmente em clones selecionados, assim como a importância da canjerana no contexto florestal, torna necessário aprimorar a busca de informações sobre essa técnica de produção em diferentes estações do ano, trazendo viabilidade do processo e potencial para a produção massal de mudas da espécie. Diante disso, os objetivos deste trabalho foram verificar a competência ao enraizamento de miniestacas ao longo das quatro estações do ano e determinar o tempo de enraizamento de clones selecionados de canjerana.

5. 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação climatizada do Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas, no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (29°43'21"S, 53°43'11"W, a 95 m de altitude).

O minijardim clonal (Figura 1A) foi estabelecido em bandejas de polietileno (55 x 34 x 15 cm), contendo areia grossa (leito de cultivo) e 12 minicepas, no espaçamento 10 x 10 cm (Figura 1B). Foram avaliados onze clones de canjerana, sendo estabelecidas quatro mudas oriundas de miniestacas enraizadas que resultaram nas minicepas de cada clone. Em cada bandeja foi colocada uma camada de 3,5 cm de brita média, uma tela de 1 mm de polietileno e em seguida, uma camada de 13 cm de areia grossa. Sobre as bandejas foi instalado um tubo transversal de polivinil cloreto com diâmetro de 2,5 cm e duas perfurações para distribuir a

solução nutritiva no leito de cultivo. A solução nutritiva foi fornecida diariamente, durante 15 minutos, com o auxílio de um programador digital e uma bomba de baixa vazão, até completar o encharcamento do substrato e a formação de uma lâmina superficial de solução, que foi drenada por dois orifícios, um situado na base e outro na parte superior da bandeja, de acordo com a metodologia descrita por Bisognin et al. (2015). A solução nutritiva foi constituída por macro e micronutrientes conforme descrito em Kielse et al. (2015). O pH da solução foi mantido entre 5,5 e 6,0 e a condutividade elétrica de 1 dS m^{-1} , com ajustes semanais.

Foram realizadas quatro avaliações ao longo do ano (16/02/2017, 10/05/2017, 18/09/2017 e 19/12/2017) dos onze clones, conforme a disponibilidade de brotações nas minicepas. Em cada avaliação foram coletadas miniestacas de 1,5 a 2,0 cm de comprimento com um par de folíolos reduzidos à metade do tamanho original (Figura 2A). Com base em testes preliminares (GIMENES et al., 2015), a base das miniestacas foi tratada em solução hidroalcoólica (1:1, água:álcool etílico 98°GL, v/v) com 3.000 mg.L^{-1} de ácido indolbutírico, por 10 segundos. As miniestacas foram cultivadas em tubetes de polietileno com capacidade de 100 cm^3 , preenchidos com substrato contendo a mistura de substrato comercial a base de casca de pinus, areia grossa e casca de arroz carbonizada (1:1:1 v/v) e mantidas em câmara de nebulização automatizada do Viveiro Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, com temperatura média de 25°C .

Figura 1 - Minijardim clonal de *C. canjerana* em sistema de cultivo fechado (A) e estabelecido em bandeja de polietileno com mudas obtidas de miniestacas enraizadas de clones selecionados (B).



Fonte: A autora (2018)

Em cada uma das avaliações foi anotado o número total de miniestacas produzidas por minicepa (produção de miniestacas por minicepa). Aos 60 dias após cada coleta de miniestacas foi avaliada a percentagem de sobrevivência das miniestacas, a percentagem de enraizamento dos clones, o número de raízes, o comprimento médio das raízes, considerando enraizadas as miniestacas com raízes maiores ou iguais a 0,1 cm (A 2B). Também foi contabilizado o número de miniestacas enraizadas por minicepa, que corresponde à taxa de multiplicação dos clones.

Figura 2 - Miniestaca de gema única de *C. canjerana* com um par de folíolos reduzidos à metade do tamanho original (A) e miniestaca de *C. canjerana* com raízes adventícias aos 60 dias após a coleta (B).



Fonte: A autora (2018)

Os experimentos foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott. Para atender os pressupostos da normalidade e homogeneidade, os dados de percentagem foram transformados para arcosseno de $\sqrt{x/100}$ e de contagem e comprimento para $\sqrt{x+0,5}$. Também foi realizada a correlação linear de Pearson entre os caracteres

avaliados e a significância verificada por meio do teste t de Student, a 5 % de probabilidade de erro. O experimento de épocas do ano, com número variável de repetições (variando de 3 a 4 minicepas), foi analisado com o auxílio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016) e do programa Office Excel[®].

Para a curva de enraizamento foram coletadas miniestacas em 18 de setembro de 2017 de três clones (10SM05, 12SMI25 e 12SMI43) avaliados e colocadas para enraizar conforme já descrito anteriormente. Os clones selecionados para o estudo tiveram enraizamento das miniestacas variando de 61% a 75%. As miniestacas foram mantidas em câmara úmida por 70 dias. As avaliações foram realizadas a cada sete dias, verificando-se o enraizamento das miniestacas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições de 6 miniestacas por clone. Os dados foram analisados com o auxílio programa Office Excel[®].

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância mostrou diferenças significativas ($P \leq 0,05$) para a interação entre clones e épocas de coleta para número de miniestacas por minicepa, sobrevivência de miniestacas e número de raízes (Tabela 1). Isso indica que os clones avaliados diferem para esses caracteres e apresentam comportamento distinto em relação às épocas de coleta, confirmando que cada material genético pode responder de maneira diferenciada à propagação vegetativa (HARTMANN et al., 2011). Já os caracteres número de miniestacas enraizadas, percentagem de enraizamento e comprimento de raízes não apresentaram interação significativa entre clones e época de coleta (Tabela 1), ou seja, os clones não apresentaram comportamento diverso em relação às estações do ano para esses caracteres. Cabe ressaltar que os clones avaliados foram previamente selecionados para o enraizamento adventício, por isso apresentaram tal comportamento em relação às estações do ano.

Tabela 1 - Quadrado médio para número de miniestacas por minicepa (NMM), número de miniestacas enraizadas (NME), percentagem de sobrevivência (SOB), percentagem de enraizamento (ENR), número de raízes (NUR) e comprimento das raízes (COR) de miniestacas de onze clones selecionados de canjerana em quatro épocas de coleta.

FV	GL	NMM	NME	SOB(%)	ENR(%)	NUR	COR(cm)
Clone	10	0,436*	1,281*	0,622*	0,864*	6,241*	0,647*
Época	3	2,144*	0,186 ^{ns}	1,283*	0,284 ^{ns}	5,082*	0,228 ^{ns}
Clone*Época	30	0,228*	0,292 ^{ns}	0,209*	0,171 ^{ns}	1,344*	0,150 ^{ns}
Média geral		5,30	2,10	70,25	41,87	4,77	1,29
CV (%)		15,58	27,32	31,24	49,89	41,63	28,99

* Significativo pelo Teste F, a 5% de probabilidade de erro. ^{ns} Não significativo.

Ao comparar o comportamento dos clones em função das diferentes estações do ano, verifica-se que o número de miniestacas por minicepa foi maior no verão, apresentando diferenças significativas em relação às demais épocas (Tabela 2). Isso também foi comprovado em *Piptocarpha angustifolia*, com a variação da produção de miniestacas por minicepa em relação à época de coleta, em que temperaturas mais elevadas contribuíram para o desenvolvimento de gemas e crescimento das brotações jovens (FERRIANI et al., 2011). Segundo Wendling et al. (1999), a produção de miniestacas varia de acordo a temperatura, a qual pode influenciar na emissão de novas brotações, ou seja, temperaturas mais elevadas estão relacionadas à maior produção de miniestacas nas minicepas devido ao maior crescimento vegetativo, ao contrário do que ocorre em temperaturas mais baixas.

Uma alta produção de brotações no minijardim clonal aliada a alta porcentagem de enraizamento é essencial para obter sucesso na propagação vegetativa pela técnica de miniestaquia. Segundo Dias et al. (2012), as variações ambientais e as características de cada estação do ano são fatores que podem alterar a produção de gemas nas minicepas e o enraizamento das miniestacas. Além disso, as variações climáticas sazonais podem afetar significativamente o estado fisiológico das minicepas, podendo alterar o balanço hormonal endógeno e nutricional e, conseqüentemente, o balanço entre promotores e inibidores do enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2011).

Tabela 2 - Médias das épocas de coleta para número de miniestacas por minicepa (NMM), número de miniestacas enraizadas (NME), sobrevivência (SOB), porcentagem de enraizamento (ENR), número de raízes (NUR) e comprimento de raízes (COR) de miniestacas de onze clones selecionados de canjerana.

Coleta	NMM	NME	SOB(%)	ENR(%)	NUR	COR(cm)
Fevereiro	6,98 a ¹	2,14 a	51,7 b	34,8 a	5,90 a	1,55 a
Mai	4,85 b	2,37 a	80,4 a	47,5 a	6,46 a	1,27 a
Setembro	4,90 b	1,80 a	74,5 a	37,6 a	2,20 b	1,19 a
Dezembro	4,41 b	2,10 a	74,9 a	47,6 a	4,44 a	1,15 a

¹ Médias de coletas de miniestacas, pelo teste Scott Knott não seguidas pela mesma letra, diferem a 5% de probabilidade de erro.

A porcentagem de sobrevivência das miniestacas apresentou diferenças significativas entre épocas e variou de 51,7% (coleta realizada em fevereiro) a 80,4% (coleta realizada em maio) (Tabela 2). Apesar da câmara de nebulização ser automatizada, no verão a temperatura oscilou, alcançando temperaturas maiores de 25°C. Assim, durante o período da coleta realizada em fevereiro pode ter ocorrido temperaturas excessivamente altas durante a fase de enraizamento, o que aumenta a taxa de transpiração e perda de água pelas folhas, provocando a necrose dos tecidos das miniestacas (CUNHA et al., 2009). Brondani et al. (2010) também encontraram os maiores índices de sobrevivência das miniestacas de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* nas estações mais frias, indicando que as elevadas temperaturas podem induzir estresse aos propágulos vegetativos, ocasionando a mortalidade em razão da presença de um incipiente sistema radicular.

O número de raízes das miniestacas também apresentou diferença significativa e variou de 2,20 (coleta realizada em setembro) a 6,46 raízes por miniestacas (coleta realizada em maio) (Tabela 2). Resultado semelhante foi observado por Ferriani et al. (2011) em *P. angustifolia*, na qual a espécie apresentou 2,7 raízes por miniestaca na coleta da primavera e 6,3 raízes por miniestaca na coleta do inverno, sugerindo que miniestacas coletadas no inverno podem apresentar desempenho superior a campo devido o sistema radicular ser mais desenvolvido.

Estudos sobre a técnica de miniestaquia avaliando a influência das estações do ano sobre a sobrevivência e enraizamento de miniestacas (BRONDANI et al., 2010) e sobre a produção de miniestacas (BRONDANI et al., 2012) já foram realizados em clones de *E. benthamii* × *E. dunnii*. Os caracteres avaliados variaram conforme os clones e mostraram-se sensíveis às estações do ano. Em espécies nativas como *P. angustifolia* também foi verificada sensibilidade na produtividade de brotações e no enraizamento de miniestacas nas diferentes estações do ano (FERRIANI et al., 2011). Já em *Sapium glandulatum* apesar de haver

diferença na produtividade e enraizamento das miniestacas nas diferentes estações, a miniestaquia apresenta viabilidade e pode ser realizada durante todo o ano (FERREIRA et al., 2010).

Quanto ao número de miniestacas enraizadas, percentagem de enraizamento e comprimento de raízes das miniestacas não houve diferença significativa para as quatro épocas de coleta (Tabela 2), indicando que o enraizamento ocorre em uma grande amplitude de temperatura e isso contribui para a viabilidade da técnica de miniestaquia visando a produção de mudas em clones de canjerana. Resultado semelhante foi observado em *S. glandulatum*, que não apresentou diferença significativa no enraizamento nas quatro estações do ano (FERREIRA et al., 2010). Cabe ressaltar que os clones avaliados de canjerana foram previamente selecionados para o enraizamento adventício (BURIN et al., 2018), o que possibilita utilizar materiais para a propagação vegetativa que enraízam miniestacas nas quatro estações do ano, maximizando a produção de mudas durante o ano todo.

Correlações positivas e de alta magnitude foram observadas para o número de miniestacas enraizadas com a percentagem de enraizamento ($r=0,81$) e com o número de raízes das miniestacas ($r=0,80$) (Tabela 3). A percentagem de enraizamento e o número de raízes também estão altamente correlacionados ($r=0,66$). Esses resultados são importantes porque além da porcentagem de enraizamento, o número e comprimento de raízes formadas nas miniestacas são caracteres relevantes para a produção de mudas de clones selecionados de canjerana, assim como o número de miniestacas enraizadas, por indicar a taxa de multiplicação potencial de um clone, conforme já observado por Burin et al. (2018). Uma resposta satisfatória para esses caracteres de enraizamento indica que as mudas formadas possuirão um melhor desenvolvimento posteriormente, já que possuem um sistema radicial bem desenvolvido, logo terão maiores chances de sobrevivência quando transplantadas a campo (REIS et al., 2000).

Tabela 3 - Correlação de Pearson para número de miniestacas por minicepa (NMM), número de miniestacas enraizadas (NME), sobrevivência (SOB), percentagem de enraizamento (ENR), número de raízes (NUR) e comprimento de raízes (COR) de miniestacas de 11 clones selecionados de canjerana.

Caractere	NME	SOB(%)	ENR(%)	NUR	COR(cm)
NMM	0,324*	-0,234*	-0,172*	0,223*	0,078 ^{ns}
NME		0,482*	0,807*	0,798*	0,516*
SOB(%)			0,579*	0,362*	0,237*
ENR(%)				0,661*	0,520*
NUR					0,492*

* Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t. ^{ns} Não significativo.

Ao comparar o comportamento de cada clone em função das diferentes estações do ano, verificou-se que alguns clones apresentaram número de miniestacas enraizadas e percentagens de enraizamento satisfatórias em praticamente todas as épocas de coleta e outros clones apresentam desempenho satisfatório quanto a competência ao enraizamento em poucas ou somente em uma época de coleta (Tabela 4). Apesar de já ser clones selecionados para o enraizamento de miniestacas, alguns apresentaram mais sensibilidade às variações ambientais das diferentes épocas de coleta. Logo, deve-se optar por clones que produzam e enraízam miniestacas em todas as épocas de coleta para a produção massal de mudas de canjerana.

Dois clones (10SM05 e 12SMI43) apresentaram desempenho superior quanto à competência ao enraizamento e ao número de miniestacas enraizadas e menor sensibilidade às épocas de coleta, com 1,8 a 3,3 miniestacas enraizadas e percentagem de enraizamento variando de 45,5% a 75,0% para o clone 10SM05 e 2,5 a 5 miniestacas enraizadas e 54,3% a 90,0% de percentagem de enraizamento das miniestacas para o clone 12SMI43. Os clones 12SMI25, 12SMI41 e 12SMI51, apesar de apresentarem desempenho um pouco inferior em alguma época de coleta, também apresentaram potencial e podem ser utilizados para a propagação vegetativa da espécie. Dependendo da época que se quer produzir mudas, é possível coletar miniestacas de alguns clones que só enraízam em épocas específicas, como é o caso dos clones 10SM01, 10SM240 e 10SM04 (Tabela 4).

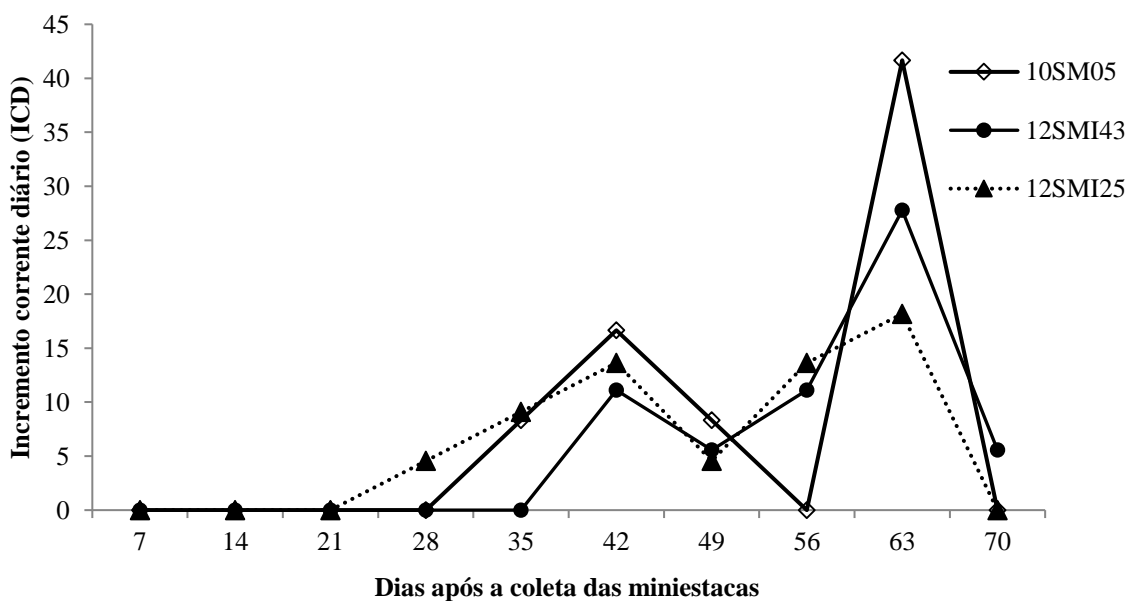
Tabela 4 - Média do número de miniestacas enraizadas (NME) e da percentagem de enraizamento (ENR) de 11 clones selecionados de canjerana em cada época de coleta.

Clones	Fevereiro		Maio		Setembro		Dezembro	
	NME	ENR(%)	NME	ENR(%)	NME	ENR(%)	NME	ENR(%)
10SM01	1,25 b ¹	17,66 b	2,50 a	56,25 a	2,00 a	36,67 b	2,00 b	56,67 a
10SM05	3,33 a	45,45 a	2,75 a	51,19 a	2,25 a	75,00 a	1,75 b	58,33 a
12SMI12	0,75 b	10,07 b	1,00 b	20,00 b	1,50 a	25,30 b	1,75 b	37,50 b
12SMI25	3,00 a	55,36 a	0,67 b	22,22 b	3,50 a	61,88 a	5,25 a	80,21 a
12SMI41	3,00 a	48,54 a	3,50 a	60,49 a	2,00 a	34,17 b	1,00 b	18,33 b
12SMI43	4,00 a	74,11 a	5,00 a	90,00 a	2,50 a	54,29 a	3,75 a	77,86 a
12SMI51	3,75 a	60,42 a	3,00 a	70,83 a	2,00 a	31,67 b	1,50 b	37,50 b
10SM240	0,75 b	21,67 b	1,33 b	38,89 b	0,67 a	16,67 b	2,33 b	72,22 a
10SM04	1,33 b	13,56 b	2,67 a	61,11 a	0,67 a	27,78 b	1,33 b	33,33 b
12SMS22	1,75 b	18,13 b	2,50 a	32,20 b	1,00 a	16,31 b	1,25 b	31,25 b
12SMS44	0,75 b	15,00 b	0,50 b	14,58 b	1,00 a	20,63 b	0,67 b	15,00 b

¹ Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott Knott.

Os clones escolhidos para determinar a curva de enraizamento das miniestacas em função do tempo (dias) após a coleta foram os que apresentaram desempenho superior na época de coleta avaliada. Por meio do incremento corrente diário (ICD) foi possível observar que os clones apresentam diferenças para a velocidade de enraizamento. Os clones 10SM05 e 12SMI25 iniciaram o processo de enraizamento aos 28 dias após a coleta das miniestacas, entretanto o clone 12SMI43 somente enraizou aos 42 dias após a coleta das miniestacas (Figura 3). O clone 10SM05 foi o material genético que apresentou o maior ICD, seguido do 12SMI43 e do 12SMI25, aos 63 dias após a coleta das miniestacas, sendo que após essa data só houve decréscimo no ICD dos clones. Pela identificação do ponto ótimo de enraizamento das miniestacas é possível estabelecer a velocidade do processo rizogênico e, assim, programar de forma mais eficiente a utilização da casa de vegetação para o enraizamento do material propagativo (MELO et al., 2011). Sendo assim, a determinação do ponto em que ocorre a máxima velocidade de enraizamento adventício pode servir como critério para a retirada das miniestacas da casa de vegetação (MELO et al., 2011). Logo, devido ao comportamento rizogênico semelhante observado pelo ICD dos clones selecionados, é possível otimizar as estruturas de propagação e retirar os clones da câmara úmida aos 63 dias após a coleta das miniestacas.

Figura 3 - Incremento corrente diário (ICD) de três clones selecionados de *C. canjerana* em função do tempo (dias) após a coleta de miniestacas.



5.4 CONCLUSÕES

Clones selecionados apresentam competência ao enraizamento nas quatro estações do ano, o que possibilita aumentar a produção de mudas de canjerana.

Pela identificação do tempo de enraizamento das miniestacas dos clones selecionados é possível otimizar as estruturas de propagação e retirar os clones da câmara úmida aos 63 dias após a coleta das miniestacas.

REFERÊNCIAS

- AIMI, S. C. et al. Teste de sanidade e germinação em sementes de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1361-1370, 2016.
- BISOGNIN, D. A. et al. Rooting potential of mini-cuttings for the production of potato plantlets. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 2, p. 366-371, 2015.
- BRONDANI, G. E. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (II) Sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 453-465, 2010.
- BRONDANI, G. E. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (I) Sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 11-21, 2012
- BURIN, C. et al. Enraizamento de miniestacas em diferentes épocas de coleta para a seleção de clones de canjerana. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 2, p. 1-7, 2018.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2003. 1039 p.
- CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 195-203, 2009.
- DIAS P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012.
- FERREIRA, B. G. A. et al. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) PAX com o uso de ácido indolbutírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 19-31, 2010.
- FERRIANI, A. P. et al. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 257-264, 2011.
- GIMENES, E. S. et al. Propagation of *Cabralea canjerana* by minicutting. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 7, n. 1, p. 8-15, 2015.

- HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 928 p.
- KIELSE, K. et al. Production and rooting of cordia - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. minicuttings collected from ministumps of asexual and seminal origin. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1164-1166, 2015.
- LANZARIN, K. et al. Crescimento e biomassa de indivíduos jovens de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Biofix Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 96-102, 2018.
- MELO, L. A. et al. Otimização do tempo necessário para o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 759-767, 2011.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016.
- REIS, J. M. R. et al. Efeito do estiolamento e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas do porta-enxerto *Pyrus calleryana* Dcne. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 4, p. 931-938, 2000.
- SOUZA, J. C. A. V. et al. Propagação vegetativa do cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 205-213, 2009.
- STUEPP, C. A. et al. Estaquia de árvores adultas de *Paulownia fortunei* var. mikado a partir de brotações epicórmicas de decepa. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 667-677, 2015.
- WENDLING, I. et al. Miniestaquia na silvicultura clonal de Eucalyptus. **Revista Folha Florestal**, n. 1, p. 16-17, 1999.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os experimentos conduzidos demonstraram que a seleção precoce deve ser aplicada para o número de miniestacas enraizadas, pois esta contempla o número de miniestacas produzidas e a porcentagem de enraizamento, facilitando a coleta de dados e o processo de seleção. Além disso, mesmo a seleção dos dois melhores grupos de clones (neste caso 38 clones ou 35% do total de clones) resulta em um alto ganho genético, sem comprometer a variabilidade genética necessária na seleção para outros caracteres importantes, como os de vigor de crescimento, sobrevivência e qualidade das mudas produzidas.

Foi observado que além da seleção de clones de canjerana ser realizada com base no número de miniestacas enraizadas por minicepa, ainda deve ser considerado todo o período de crescimento vegetativo necessário para produção das brotações, para que os clones produzam miniestacas por um maior período e seja maximizada a produção de mudas e a utilização da infraestrutura de propagação.

Os resultados destas pesquisas mostram que a seleção precoce com base no número de miniestacas enraizadas foi uma estratégia adequada, pois demonstrou que os clones selecionados apresentaram competência ao enraizamento em todas as épocas de coleta, o que possibilita aumentar a produção massal de mudas de canjerana durante o ano todo.

Esta pesquisa trouxe impactos relevantes nas áreas do melhoramento florestal e da propagação vegetativa, principalmente por se tratar de uma espécie nativa, cujos estudos e incentivos são escassos nessas espécies. Por meio dos avanços alcançados é possível maximizar a produção de mudas de canjerana, com a oferta de mudas o ano inteiro e também a implantação de povoamentos comerciais uniformes a partir de clones selecionados, e, posteriormente, a seleção de clones para outras características de interesse no campo, como por exemplo, às relacionadas a produção de madeira.

Em trabalhos futuros poderão ser selecionados clones de canjerana que apresentam potencial para a produção de mudas de alta qualidade com base em avaliações do vigor de crescimento e desenvolvimento das mesmas. Também poderá ser investigado o desempenho desses clones selecionados a campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500 p.
- ALMEIDA, F. D. et al. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.
- AZEVEDO, G. T. O. S. et al. Enraizamento de miniestacas de eucalipto com diferentes doses de polímero hidrotentor incorporado ao substrato. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p. 773-780, 2015.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul**. Guia de identificação e interesse ecológico. Santa Cruz do Sul. Instituto Souza Cruz. Brasil, 2002. 326 p.
- BELTRAME, R. et al. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012.
- BENIN, C. C.; PERES, F. S. B.; GARCIA, F. A. O. Enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais em clones de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2013.
- BORGES, S. R. et al. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.
- BORRALHO, N. M. G.; COTERRILL, P. P.; KANOWISKI, P. J. Genetic control of growth of *Eucalyptus globulus* in Portugal. II Efficiencies of early selection. **Silvae Genética**, v. 41, n. 2, p. 70-77, 1992.
- BRACK, P.; GRINGS, M. *Cabralea canjerana*: canjerana. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011. 934 p.
- BRASIL. Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas - SNSM, e dá outras providências. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília, DF, 5 ago. 2003.
- BRONDANI, G. E. et al. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 3, p. 257-267, 2007.
- BRONDANI, G. E. et al. Enraizamento de miniestacas de erva-mate sob diferentes ambientes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 57, p. 29-38, 2008.
- BRONDANI, G. E. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (II) sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 453-465, 2010a.

BRONDANI, G. E. et al. Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 667-674, 2010b.

BRONDANI, G. E. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (I) sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 11-21, 2012.

BUENO, N. R. et al. Medicinal plants used by the Kaiowá and Guarani indigenous populations in the Caarapó Reserve, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, p. 39-44, 2005.

CAMPOS FILHO, E. M.; SARTORELLI, P. A. R. **Guia de árvores com valor econômico**. Agroicone, Iniciativa INPUT. São Paulo, 2015. 139 p.

CARDERALLI, A. et al. Seleção precoce em progênies de meios irmãos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. via metodologia reml/blup. **Ambiência**, v. 9, n. 3, p. 605-617, 2013.

CARNEIRO, M. R. B. **A flora medicinal do Centro Oeste do Brasil: Um estudo de caso com abordagem etnobotânica em campo limpo de Goiás**. 2009. 243f. Dissertação (Mestrado em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente). UniEvangélica. Anápolis, 2009.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640 p.

CARVALHO, P. E. R. **Circular técnica**. Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, n. 67, 2002. 17 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2003. 1039 p.

CHAVES, J. H. et al. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 333-341, 2004.

CORADIN, L.; SIMINSKI A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011. 934 p.

COSTA, E. L. N. et al. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 26, p. 173-85, 2004.

COSTA, R. B. et al. Variabilidade e ganhos genéticos com diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 69-74, 2015.

CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubete. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, p. 307-310, 2005.

- CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, v.18, n.1, p.85-92, 2008.
- DIAS, P. C. et al. Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 389-399, 2012.
- FARIAS NETO, J. T.; CASTRO, A. W. V.; BIANCHETTI, A. Aplicação da seleção precoce em famílias de meio-irmãos de taxi-branco. **Acta Amazônica**, v. 33, n. 1, p. 85-91. 2003.
- FELIPPI, M. et al. Fenologia reprodutiva e qualidade das sementes de *Cabrlea canjerana* (Vell.) Mart. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2137-2142, 2015.
- FERREIRA, M. Melhoria e a silvicultura intensiva clonal. **Scientia Florestalis**, n. 45, p. 22-30, 1992.
- FERREIRA, E. M. et al. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 183-187, 2004.
- FERREIRA, B. G. A. et al. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 19-31, 2010.
- FERREIRA, D. A. et al. Influência da posição das miniestacas na qualidade de mudas de cedro australiano e no seu desempenho inicial no pós-plantio. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 715-723, 2012.
- FERRIANI, A. P. et al. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 257-264, 2011.
- FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.
- FRANCESCHINELLI, E. V. et al. Functional dioecy and moth pollination in *Cabrlea canjerana* subsp. *canjerana* (Meliaceae). **Darwiniana**, v. 3, p. 96-107, 2015.
- FRASSETO, E. G.; MENEZES, N. L. Influência da temperatura de germinação, da abertura dos frutos e da embalagem na viabilidade de sementes de cangerana (*Cabrlea canjerana* (Vell.) Mart.) – MELIACEAE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 10, 1997, Brasília. Informativo Abrates. Brasília, 1997. v. 7, p. 213.
- FREITAS, R. G. et al. Predição de ganhos genéticos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em diferentes ambientes e submetidas a diferentes procedimentos de seleção. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 255-263, 2009.
- FREITAS, A. F. et al. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 193-202, 2017.

GIMENES, E. S. et al. Propagation of *Cabralea canjerana* by mini-cutting. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 7, n. 1, p. 8-15, 2015.

GOLLE, D. P. et al. Melhoramento florestal: ênfase na aplicação da biotecnologia. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1606-1613, 2009.

GONÇALVES, P. S. et al. Early selection for growth vigor in rubber tree genotypes in northwestern São Paulo state (Brazil). **Genetics and Molecular Biology**, v. 21, n. 4, p. 620-630, 1998.

GRUNENVALDT, R. L.; CANTARELLI, E. B.; SALAMONI, A. T. Armazenamento e viabilidade de sementes de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 98-105, 2014.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 928 p.

HERNANDEZ, W. et al. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 955-967, 2013.

KIELSE, P. et al. Production and rooting of cordia - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. minicuttings collected from ministumps of asexual and seminal origin. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p.1164-1166, 2015.

KLEIN, R. M. Meliáceas. In: Reitz, R. (Ed.). **Flora ilustrada catarinense I Parte**. Itajaí: R. Reitz, 1984. 138 p.

KRATZ, D. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* em substratos a base de casca de arroz carbonizada. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 547-556, 2012.

LONGHI, R. A. et al. Época de colheita, tratamento de sementes e métodos de semeadura utilizados no viveiro florestal de Nova Prata. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5, 1984, Nova Prata. **Anais**. Nova Prata: Prefeitura Municipal, v. 2, p. 533-553, 1984.

MAGRINI, F. E. et al. Antifeedant activity and effects of fruits and seeds extracts of *Cabralea canjerana canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae) on the immature stages of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Industrial Crops and Products**, v. 65, p. 150-158, 2015.

MASSARO, R. A. M. et al. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4. p. 597- 609, 2010.

MATA, R. F. F.; LOMONACO, C. Toxicidade, deterrência e repelência de extratos aquosos de *Cabralea canjerana* ssp. *polytricha* (a. juss.) penn. (Meliaceae) sobre o curuquerê-da-couve *Ascia monuste orseis* (godart) (Lepidoptera: pieridae). **Revista Árvore**, v. 37, p. 361-368, 2013.

MELO, L. A. et al. Otimização do tempo necessário para o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 759-767, 2011.

- OLIVEIRA, L. S.; DIAS, P. C.; BRONDANI, G. E. Micropropagação de espécies florestais brasileiras. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 76, p. 439-453, 2013.
- OLIVEIRA, L. S.; DIAS, P. C.; ALMEIDA, M. Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 391-397, 2015.
- OLIVEIRA, T. P. F. et al. Productivity of polyclonal minigarden and rooting of *Handroanthus heptaphyllus* Mattos minicuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 2423-2432, 2015.
- PAVAN, B. E. et al. Early selection in open-pollinated *Eucalyptus* families based on competition covariates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 483-492, 2014.
- PENNINGTON, T. D. et al. Meliaceae. **Flora Neotropica Monograph**, v. 28, p. 235-244, 1981.
- PEREIRA, M. F. et al. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Cabralea canjerana* (Meliaceae). **American Journal of Botany**, v. 98, p. e10-e12, 2011.
- PIZO, M. A. Dispersão e predação de sementes de *Cabralea canjerana* (Meliaceae) em duas áreas de mata do Estado de São Paulo. In: **Anais do Congresso Nacional de Botânica**, 1995, Ribeirão Preto, SP. p. 167.
- PIZO, M. A.; OLIVEIRA, P. S. Interaction between ants and seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic forest of southeast Brazil. **American Journal of Botany**, v. 85, p. 669-674, 1998.
- PIZO, M. A.; OLIVEIRA, P. S. Size and lipid content of nonmyrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. **Plant Ecology**, v. 157, p. 37-52, 2001.
- RAMOS, R. P. et al. Inter-relações solo, flora e fauna da Bacia do Rio Pardo Grande, MG. **Daphne**, v. 1, p. 13-16, 1991.
- REITZ, R. et al. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, n. 34-35, p. 1-525, 1983.
- REITZ, R. et al. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. 1988. 525 p.
- RESENDE, M. D. V. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 589-647.
- ROCHA, S. C. da et al. Micropropagação de *Cabralea canjerana*. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 43-50, 2007.
- SILVA, R. L. et al. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 99-104, 2010.

- SMANIOTTO, L. et al. Bioatividade da *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae) no controle de adultos de *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) em laboratório. **Biotemas**, v. 23, p. 31-35, 2010.
- SOUZA, J. C. A. V. et al. Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 205-213, 2009.
- SULICHANTINI, E. D. et al. Clonal propagation of two clones *Eucalyptus pellita* F. Muell by mini-cutting. **International Journal of Science and Engineering**, v. 6, n. 2, p. 117-121, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
- TITON, M. et al. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 619-625, 2003.
- TOMAZI, L. B. et al. Estudo etnobotânico das árvores medicinais do Parque Ecológico Municipal José Milanese, Criciúma, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 450-461, 2014.
- VERARDI, C. K. et al. Genetic parameters and estimated genetic gains in young rubber tree progenies. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 411-416, 2013.
- VIVAS, M. et al. Predição de ganhos genéticos e seleção de progênes de mamoeiro para resistência à pinta-preta. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 2, p. 142-148, 2013.
- WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): Estado da arte e tendências futuras**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2004. 46 p.
- WENDLING, I. et al. Produção de mudas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis. **Comunicado Técnico Embrapa Florestas**, n. 130, 2005.
- WENDLING, I. et al. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 289-292, 2007.
- WENG, Y. H. et al. Age-related trends in genetic parameters for jack pine and their implications for early selection. **Silvae Genetica**, v. 56, n. 5, p. 242-252, 2007.
- XAVIER, A. et al. Propagação vegetativa de cedro rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 139-143, 2003.
- XAVIER, A.; WENDLING, L.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2 ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2013. 279 p.
- XIANG, B.; LI, B.; ISIK, F. Time trend of genetic parameters in growth traits of *Pinus taeda* L. **Silvae Genetica**, v. 52, n. 3-4, p. 114-121, 2002.

ZIMMERMANN, A. P. L. **Subsídios para o manejo da regeneração natural de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em Floresta Secundária, RS.** Tese (Doutorado) Santa Maria, RS. Universidade Federal de Santa Maria, 2018. 95 p.