

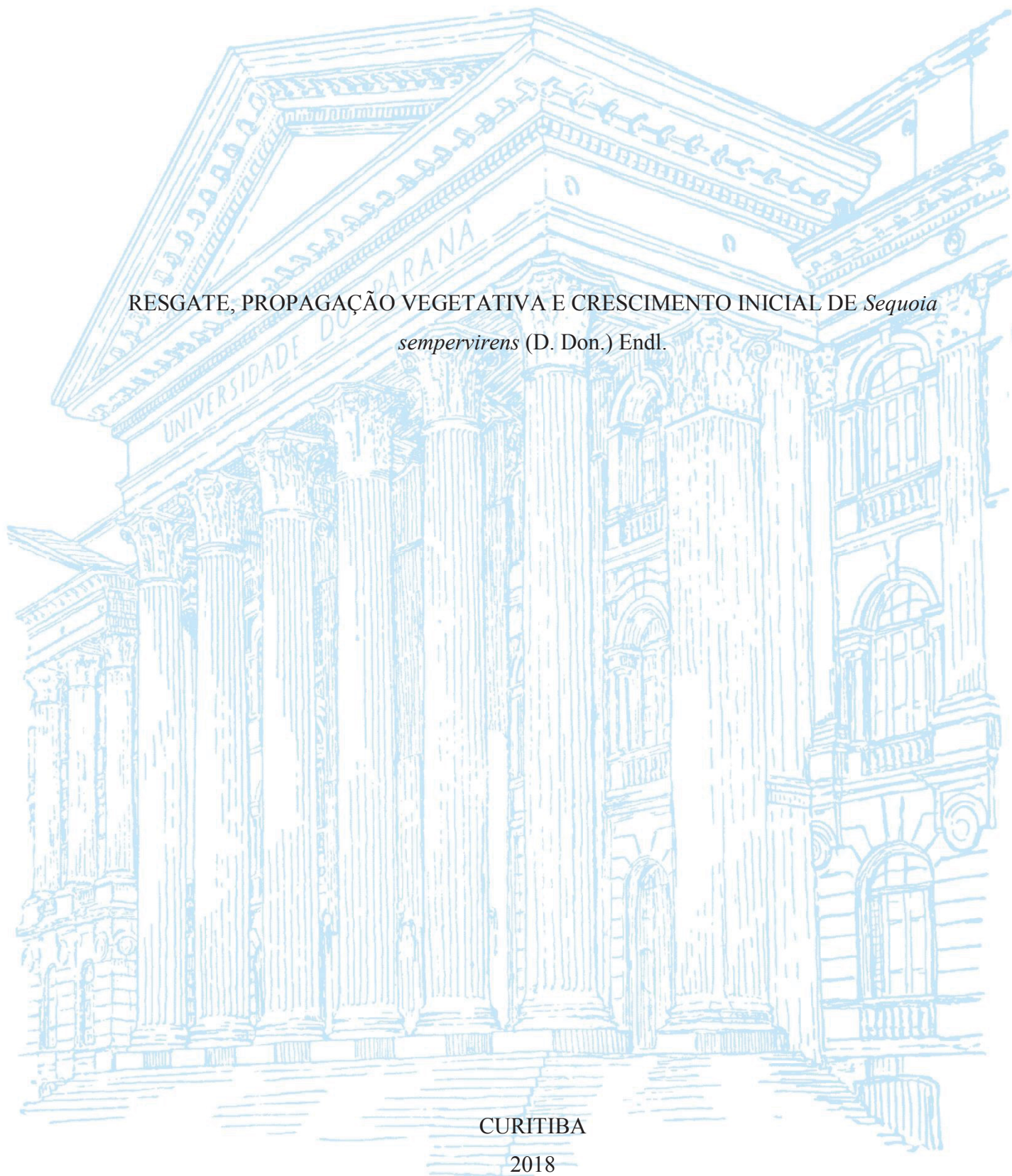
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIANE DE OLIVEIRA PEREIRA

RESGATE, PROPAGAÇÃO VEGETATIVA E CRESCIMENTO INICIAL DE *Sequoia sempervirens* (D. Don.) Endl.

CURITIBA

2018



MARIANE DE OLIVEIRA PEREIRA

RESGATE, PROPAGAÇÃO VEGETATIVA E CRESCIMENTO INICIAL DE *Sequoia  
sempervirens* (D. Don.) Endl.

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor (a) em Engenharia Florestal, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo

Coorientadores: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana Magda de Oliveira

Prof. Dr. Mario Dobner Junior

CURITIBA

2018

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Pereira , Mariane de Oliveira

Resgate, propagação vegetativa e crescimento inicial de Sequoia sempervirens (D. Don.) Endl. / Mariane de Oliveira Pereira. – Curitiba, 2018.

225 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo

Coorientadores: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana Magda de Oliveira

Prof. Dr. Mario Dobner Junior

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 04/05/2018.

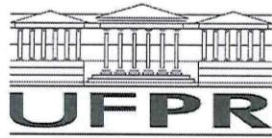
Área de concentração: Silvicultura.

1. Árvores - Propagação. 2. Sequoia - Propagação por estaquia. 3. Clonagem. 4. Melhoramento genético. 5. Teses. I. Angelo, Alessandro Camargo. II. Oliveira, Luciana Magda de. III. Dobner Junior, Mario. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.232.1

Bibliotecária: Berenice Rodrigues Ferreira – CRB 9/1160



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRARIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA  
FLORESTAL

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **MARIANE DE OLIVEIRA PEREIRA** intitulada: **RESGATE, PROPAGAÇÃO VEGETATIVA E CRESCIMENTO INICIAL DE *Sequoia sempervirens* (D. Don)** Endl. após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua A PROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 04 de Maio de 2018.

ALESSANDRO CAMARGO ANGELO  
Presidente da Banca Examinadora

SANDRA REGINA CABÉL  
Avaliador Externo

MAR WENDLING  
Avaliador Externo

KAREN KOCH FERNANDES DE SOUZA  
Avaliador Externo

DAGMA KRATZ  
Avaliador Externo



## **DEDICO**

A minha Mãe, Loreci de Oliveira Pereira, sempre presente  
me guiando e iluminando meu caminho.



## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a graça de concluir mais uma etapa desta jornada acadêmica e da minha caminhada com sucesso.

Aos meus pais Adalmiro e Loreci, que não mediram esforços para que hoje eu possa estar onde estou, me incentivando constantemente a estudar, ler e buscar sempre por conhecimento. Também sou grata pelos valores que me ensinaram, para que eu sempre agisse com educação e humildade, pois a vida retribuiria de volta! Passamos por tanta coisa durante este período de doutoramento, mas com certeza seria impossível terminar sem o apoio e constante incentivo de vocês. Obrigada Mãe por me guiar mesmo depois da tua partida, tenho certeza de que tu estavas comigo nos dias mais difíceis e soprava no meu ouvido dizendo que tudo ia dar certo!

A minha irmã Alessandra, meu elo forte em todos os momentos! Além de irmã minha melhor amiga, companheira nas horas boas e ruins, nunca me deixou desistir nas dificuldades e me deu todo o apoio, carinho, compreensão e o amor que precisei. Sou muito grata por tudo, pela tua presença constante na minha vida, nossas intermináveis mensagens e todos os momentos de descontração. Nossos km de distância são invisíveis pois tu sempre estás presente!

Ao meu marido Marcio, amor da minha vida, que não mede esforços para que os nossos sonhos saiam do papel e me apoiou em cada dia dessa caminhada. Somos parceiros de longa data e sou imensamente grata pela vida ter cruzado nossos caminhos, por tu acreditar no nosso projeto “Sequoia” e por me ajudar a fazer dar certo! Obrigada por ser porto seguro, por me ouvir e pelas palavras de incentivo, por segurar na minha mão nos dias mais difíceis e nunca me deixar desistir, por olhar a vida comigo e acreditar que tudo vai dar certo. Te amo muito!

Ao meu orientador, Alessandro, que além de orientar também acolhe! Obrigada por confiar no meu trabalho, por todas as nossas reuniões descontraídas e conversas literárias. Tu foste fundamental para que eu tivesse a tranquilidade de seguir com este projeto audacioso, trabalhar com algo diferente e implantar a campo mesmo sabendo que poderia dar errado. Sou grata pelos ensinamentos de vida acadêmica e como pessoa, por me mostrar que sempre podemos fazer mais e ajudar alguém!

Aos meus coorientadores Mario e Luciana, pela amizade, momentos compartilhados, palavras de incentivo e orientação. Cada vez que nos encontrávamos vocês me motivavam, dividiam experiências ou palavras de carinho. Sou muito grata pela coorientação de vocês que além de excelentes profissionais também são pessoas incríveis!

A Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de realização do doutorado, bem como ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Aprendi muito, fiz da UFPR a minha segunda casa e cresci profissionalmente durante este período. Tenho orgulho de ter feito parte desta Universidade e do ensino de alto nível proporcionado aos seus alunos. Ao CNPQ e a CAPES pela bolsa concedida, fundamental para a viabilização deste trabalho.

A Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA de São Chico), na figura da Edenice e Michele, sempre dispostas a nos ajudar, nos recepcionando com muita gentileza e carinho a cada nova coleta de material para tocar este projeto. A EPAGRI de São Joaquim, primeira procedência de trabalho, pela disponibilidade de coleta de material.

Ao Viveiro Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), pela disponibilidade para a realização deste trabalho. Além do espaço concedido e da participação dos alunos em todas as atividades, o Viveiro me proporcionou tirar o Projeto Sequoia do papel. Obrigada a cada um que passou por lá pela ajuda nas coletas, confecção de miniestacas, cuidado no minijardim e avaliação de experimentos (Marcio, Erasmo, Marcos, Taciana, Dionéia, Aline, Patrícia, Sharline, Diego, Douglas, Alex, Luan, Liliane, Carol, Tamara, Alexandra, Bruno, Queli, Eneas, Ezequiel e demais alunos!).

A Empresa Florestal Gateados e ao Sr. Jonei por disponibilizarem suas áreas para que os experimentos fossem levados a campo, além do auxílio na manutenção e avaliação destes locais durante trabalho. A Empresa Klabin, na figura da equipe do Viveiro de Otacílio Costa, por disponibilizar suas instalações para a condução de parte do experimento.

Ao Laboratório de Análise de Substratos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pela análise do material enviado e pela pronta disponibilidade em ajudar. Ao Laboratório de Análises Químicas do Solo e Calcário do CAV/UDESC pelas análises efetuadas.

A banca de avaliação do trabalho pela participação na defesa, disponibilidade em auxiliar e pelas valiosas contribuições. Sempre produtivo receber orientação de pessoas competentes, as quais admiro pelo trabalho e pelas pessoas que são. Gostaria de agradecer especialmente à Sandra, sempre com um abraço apertado e palavras de carinho quando nos encontrávamos, e ao Ivar, ao qual admiro muito e sou honrada em ter tido a oportunidade de trabalharmos juntos e aprender tanto com este convívio!

Aos colegas de trabalho e amigos (UDESC/UFSC Bala Perdida e Parceria Curitibanos) pelos momentos de descontração, amizade e parceria! Foi imprescindível contar com cada abraço, risada e energia boa. Em especial ao Marcos Nicoletti pelas análises e ao Eneas Konzen por todas as nossas conversas produtivas e motivadoras!

Muito obrigada a todos que de alguma forma contribuíram com este trabalho!

"Há alguma diferença, pensando bem, entre ter um sonho ou fazer um sonho. Eu fiz um sonho."

José Eduardo Agualusa



## RESUMO

*Sequoia sempervirens* é uma espécie com potencial de adaptação e bom desenvolvimento em áreas do Sul do Brasil. Possui ótimas características da madeira e onde cultivada apresenta bom desenvolvimento. Assim, o objetivo geral do estudo foi o resgate vegetativo, propagação clonal e plantio a campo de diferentes clones da espécie. O trabalho foi dividido em seis capítulos. No primeiro capítulo testou-se o resgate vegetativo de árvores a campo e o enraizamento das estacas advindas do resgate em diferentes épocas. O uso de anelamento ou semianelamento é eficiente para produzir brotações, sendo que o enraizamento de estacas apresenta bons resultados (média >65%) com grande diferença entre as matrizes. No capítulo dois o objetivo foi estabelecer um protocolo de propagação por miniestaquia. Miniestacas coletadas em porções apicais e com presença de folhas aciculares apresentam maior enraizamento além de melhorar o aspecto da muda formada. Para a seleção do melhor substrato deve-se observar o efeito clonal. O uso de AIB (1.000 a 2.000 mg L<sup>-1</sup>) pode ser uma alternativa para clones que apresentam baixo enraizamento (<50%) sem o uso de regulador. No terceiro capítulo o objetivo foi a aplicação e reaplicação de AIB em miniestacas coletadas de ramos mais maduros e o efeito de lesões e aplicação de AIB nos calos das estacas. O uso de 6.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB, reaplicado quinzenalmente, aumenta a porcentagem de enraizamento. Para as estacas não enraizadas em seis meses, o corte dos calos (ferimentos) proporciona melhoria no processo de enraizamento. No capítulo quatro objetivou-se testar diferentes ambientes de propagação (casa de sombra, casa de vegetação, estufim e casa de vegetação com nebulização intermitente - CVNI) e, em um segundo experimento, o efeito clonal nos dois ambientes mais favoráveis (estufim e CVNI) com acompanhamento do processo temporal de enraizamento. O estufim apresenta resultado semelhante a CVNI no processo de enraizamento, sendo superior a casa de sombra e casa de vegetação. Os variados clones testados no trabalho apresentam distintas velocidades de enraizamento, com este fato ocorrendo principalmente entre os 50 e 60 dias após a miniestaquia. O ambiente de enraizamento apresenta diferença no processo de enraizamento, sendo mais precoce na CVNI, mas com maior índice no estufim ao final da avaliação. No quinto capítulo avaliou-se o enraizamento de miniestacas de sequoia de diferentes clones nas quatro estações do ano utilizando o modelo logístico para estimar o momento de maximização do enraizamento. O menor enraizamento de miniestacas de sequoia foi obtido durante o inverno (85%). Já nas outras estações alcançou-se índices superiores a 90%. A propagação vegetativa de sequoia por meio de miniestaquia e enraizamento em estufim pode ser realizada em qualquer época do ano sendo dependente dos clones testados. No capítulo seis realizou-se a implantação de testes clonais de sequoia em duas regiões de Santa Catarina, buscando-se obter informações quanto à adaptação e crescimento dos diferentes clones nos locais de estudo. Mudanças de sequoia implantadas em Campo Belo do Sul (região mais fria) apresentaram elevado dano por geada, sendo observada sobrevivência de apenas 2% do material após dois anos de implantação. Em contrapartida, na área de Arabutã (área mais quente) a sobrevivência foi superior a 80% aos 12 meses, com bom crescimento das mudas. Em geral, a propagação vegetativa de sequoia pode ser realizada com sucesso, com possibilidade de fixação de clones. Quanto a implantação, recomenda-se o plantio em novas áreas para maximizar as informações da espécie, principalmente no Sul do Brasil.

Palavras-chave: silvicultura clonal. Estaquia e miniestaquia. Teste clonal. Efeito genético.

Protocolo de enraizamento.

## ABSTRACT

*Sequoia sempervirens* is a species with potential for adaptation and good development in areas of southern Brazil. It has excellent characteristics of the wood and where cultivated presents good development. Thus, the general objective of the study was the vegetative rescue, clonal propagation and field planting of different clones of the species. The work was divided into six chapters. In the first chapter we tested the vegetative rescue of trees in the field and the rooting of the cuttings that came from the rescue at different times. The use of girdling or semi-girdling is efficient to produce shoots and rooting of cuttings presents good results (mean > 65%) with large differences between the stock plants. In chapter two the aim was to establish a minicuttings propagation protocol. Minicuttings collected in apical portions and with presence of acicular leaves present greater rooting besides improving the aspect of the formed seedling. To select the best substrate, the clonal effect must be observed. The use of IBA (1,000 to 2,000 mg L<sup>-1</sup>) may be an alternative for clones that have low rooting (<50%) without the use of regulator. In the third chapter the objective was the application and reapplication of IBA in minicuttings collected from more mature branches and the effect of lesions and application of IBA on callus cuttings. The use of 6,000 mg L<sup>-1</sup> of IBA, reapplied fortnightly, increases the rooting percentage. For cuttings not rooted in six months, cutting the calluses (wounds) improves the rooting process. In chapter four, the objective was to test different propagation environments (shade house, greenhouse, greenhouse and greenhouse with intermittent misting - GIN) and, in a second experiment, the clonal effect in the two most favorable environments (minitunnel and GIN) with monitoring of the temporal rooting process. The minitunnels presents similar results to CVNI in the process of rooting, being superior to shade house and greenhouse. The various clones tested in the work present different rooting speeds, with this occurring mainly between 50 and 60 days after minicuttings. The rooting environment presents a difference in the rooting process, being earlier in the GIN, but with a higher index in the minitunnels at the end of the evaluation. In the fifth chapter we evaluated the rooting of sequoia minicuttings of different clones in the four seasons of the year using the logistic model to estimate the time of maximization of rooting. The lowest rooting of sequoia minicuttings was obtained during winter (85%). In the other stations, rates of over 90% were reached. Vegetative propagation of sequoia by minicuttings and rooting in minitunnel can be performed at any time of the year and is dependent on the clones tested. In chapter six the implementation of clonal tests of sequoia in two regions of Santa Catarina (Brazil) was carried out, seeking information on the adaptation and growth of the different clones in the study sites. Cuttings implanted in Campo Belo do Sul (coldest region) presented high frost damage, with survival of only 2% of the material after two years of implantation. On the other hand, in Arabutã (warmer area) the survival was over 80% at 12 months, with good growth of the cuttings. In general, vegetative propagation of sequoia can be carried out successfully, with the possibility of clone fixation. Regarding the implantation, it is recommended the planting in new areas to maximize the information of the species, mainly in the South of Brazil.

Key-words: Clonal forestry. Cutting and minicutting. Clonal test. Genetic effect. Rooting protocol.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURE 1 - A) GIRDLING; B) CLEANING THE GROUNDS TO APPLY TREATMENT - 10 CM DEEP; C) SHOOTS OF *Sequoia sempervirens*, 90 DAYS AFTER GIRDLING, SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS (BRAZIL). ..... 45
- FIGURE 2 – MEDIUM, MINIMUM, AND MAXIMUM WEEKLY AVERAGE AIR TEMPERATURE, BETWEEN EARLY DECEMBER 2014 AND LATE DECEMBER 2015, IN LAGES, SC. DATA PROVIDED BY EPAGRI-CIRAM. .... 46
- FIGURA 3 - MINIESTACAS NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE FOLHAS ACICULARES CONFORME POSIÇÕES ESTABELECIDAS, SENDO: A - APICAL COM PRESENÇA DE FOLHAS ACICULARES; B. INTERMEDIÁRIA COM PRESENÇA DE FOLHAS ACICULARES; C. BASAL COM PRESENÇA DE FOLHAS ACICULARES; D. APICAL COM AUSÊNCIA DE FOLHAS ACICULARES; E. INTERMEDIÁRIA COM AUSÊNCIA DE FOLHAS ACICULARES; F. BASAL COM AUSÊNCIA DE FOLHAS ACICULARES. AS BARRAS REPRESENTAM DOIS CENTÍMETROS DE COMPRIMENTO. .... 65
- FIGURA 4 – A) MINIESTACA OBTIDA DA PORÇÃO APICAL, APRESENTANDO CRESCIMENTO ORTOTRÓPICO; B) MINIESTACA OBTIDA DA PARTE BASAL, APRESENTANDO MÚLTIPLAS BROTAÇÕES. .... 72
- FIGURA 5 – ENRAIZAMENTO DOS CLONES A100, A117, A126 E A138 EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE AIB NA MINIESTAQUIA DE *Sequoia sempervirens*. .... 87
- FIGURA 6 - DESENVOLVIMENTO DAS ESTRUTURAS CALOGÊNICAS AOS 30 (A), 120 (B) E 180 (C) DIAS APÓS ESTAQUEAMENTO DE ESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES (mg L<sup>-1</sup>) E REAPLICAÇÕES (DIAS) DE AIB. .... 103
- FIGURA 7 – MÉDIAS SEMANAIS (4ª SEMANA DE FEVEREIRO ATÉ 5ª SEMANA DE JULHO) DE TEMPERATURA (°C) E UMIDADE RELATIVA DO AR (%) NOS TRÊS AMBIENTES DE ENRAIZAMENTO (CASA DE VEGETAÇÃO, ESTUFIM E CASA DE SOMBRA) DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens*. .... 115
- FIGURA 8 – MÉDIAS SEMANAIS (1ª SEMANA DE ABRIL ATÉ 1ª SEMANA DE JULHO) DE TEMPERATURA MÉDIA – T<sub>MED</sub> (°C), TEMPERATURA MÁXIMA – T<sub>MAX</sub> (°C), TEMPERATURA MÍNIMA – T<sub>MIN</sub> (°C) E MÉDIA DE UMIDADE RELATIVA DO AR - U<sub>RMED</sub> (%) NOS DOIS AMBIENTES DE ENRAIZAMENTO (ESTUFIM E CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE - CVNI) DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens*. .... 117
- FIGURA 9 – (A) SOBREVIVÊNCIA - %; (B) ENRAIZAMENTO - %; (C) NÚMERO DE RAÍZES DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM DIFERENTES AMBIENTES DE ENRAIZAMENTO, AVALIADO MENSALMENTE DOS 30 ATÉ OS 150 DIAS. (INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA: P=0,012 – SOBREVIVÊNCIA; P<0,001 ENRAIZAMENTO E P=0,002 – NÚMERO DE RAÍZES). .... 119

FIGURA 10 – ENRAIZAMENTO - % (A) E NÚMERO DE RAÍZES (B) EM MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM AMBIENTES DE CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE (CVNI) E ESTUFIM, COM AVALIAÇÃO SEMANAL ENTRE 30 E 93 DIAS. (INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA. ENRAIZAMENTO: P=0,013 E NÚMERO DE RAÍZES: P=0,0237). .....	123
FIGURA 11 – MÉDIAS SEMANAIS (1ª SEMANA DE ABRIL ATÉ 1ª SEMANA DE JULHO) DE TEMPERATURA MÉDIA – TMED (°C), TEMPERATURA MÁXIMA – TMAX (°C), TEMPERATURA MÍNIMA – TMIN (°C) E MÉDIA DE UMIDADE RELATIVA DO AR - URMED (%) NOS DOIS AMBIENTES (ESTUFIM E CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE - CVNI) NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> . .....	133
FIGURA 12 – ORIGEM DAS RAÍZES EM MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> ; A) RAÍZES COM ORIGEM DE CALO; B) RAÍZES COM ORIGEM NO TECIDO LENHOSO E C) RAÍZES SURGINDO DE CALOS E DE TECIDO LENHOSO. ....	134
FIGURA 13 - ENRAIZAMENTO DOS CLONES DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE (CVNI) E ESTUFIM. ....	136
FIGURA 14 – NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE CLONES DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE (CVNI) E ESTUFIM. ....	139
FIGURA 15 – ENRAIZAMENTO (A/B) E NÚMERO DE RAÍZES (C/D) EM MINIESTACAS DE CLONES DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE (CVNI) E ESTUFIM. ....	140
FIGURA 16 – EVOLUÇÃO NO PROCESSO DE ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> APÓS: A) 3ª SEMANA; B) 4ª E 5ª SEMANA; C) 6ª SEMANA; D) 7ª SEMANA; E) 8ª SEMANA; F) 9ª SEMANA; G) 10ª SEMANA E H) 11ª SEMANA. ....	143
FIGURA 17 – MÉDIAS MENSAIS (SET/2016 ATÉ AGOSTO/2017) DE TEMPERATURA MÉDIA – TMED (°C) E UMIDADE RELATIVA DO AR - URMED (%) EM ESTUFIM UTILIZADO PARA ACONDICIONAMENTO DE MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> . ....	160
FIGURA 18 - ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DOS CLONES DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM ESTUFIM NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO. O COEFICIENTE $\Phi_2$ EXPRESSA O POTENCIAL MÁXIMO DE ENRAIZAMENTO.....	164
FIGURA 19 – NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DOS CLONES DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM ESTUFIM NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO. O COEFICIENTE $\Phi_2$ EXPRESSA O VALOR MÁXIMO DE FORMAÇÃO DER RAÍZES. ....	165
FIGURA 20 – DADOS CLIMÁTICOS MÉDIOS (TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO) DE CAMPO BELO DO SUL (A) E ARABUTÃ (B) – SC, BRASIL. ....	181

- FIGURA 21- DADOS MÉDIOS MENSAIS DE TEMPERATURA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA, E TOTAL DE PRECIPITAÇÃO MENSAL DO PERÍODO ENTRE DEZEMBRO DE 2015 ATÉ NOVEMBRO DE 2017, OBTIDAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA EM CAMPO BELO DO SUL – BAESA. DADOS FORNECIDOS PELA EPAGRI-CIRAM. .... 182
- FIGURA 22 – ESCALA DE NOTAS DE DANOS POR GEADA EM TESTE CLONAL DE *Sequoia sempervirens* APÓS SEIS MESES DE INSTALAÇÃO EM CAMPO BELO DO SUL – SC. NOTA 0 - SEM SINTOMAS DE GEADA, SEM DANOS NAS FOLHAS ACICULARES E ÁPICE; 1 - POUCAS FOLHAS ACICULARES QUEIMADAS, SEM DANOS NO ÁPICE; 2 - FOLHAS ACICULARES QUEIMADAS NA GRANDE MAIORIA, SEM DANOS GRAVES NO ÁPICE; 3 - DANOS GRAVES NAS FOLHAS ACICULARES E NO ÁPICE E 4 - PLANTAS SECAS, COM AS FOLHAS ACICULARES E ÁPICE TOTALMENTE QUEIMADOS. .... 183
- FIGURA 23 - DADOS MÉDIOS MENSAIS DE TEMPERATURA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA (ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE OURO-SC) E TOTAL DE PRECIPITAÇÃO MENSAL (ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE CONCÓRDIA-SC) DO PERÍODO ENTRE DEZEMBRO DE 2016 ATÉ NOVEMBRO DE 2017. DADOS FORNECIDOS PELA EPAGRI-CIRAM. . 184
- FIGURA 24 – A) MAIOR INDIVÍDUO DE SEQUOIA AOS 12 MESES EM CAMPO BELO DO SUL- SC; B) INDIVÍDUO DE SEQUOIA SEM BIFURCAÇÃO OU BROTAÇÕES BASAIS CAUSADAS PELA GEADA EM CAMPO BELO DO SUL- SC; C) MAIOR INDIVÍDUO DE AOS 6 MESES (C) E; D) AOS 12 MESES EM PLANTIO EXPERIMENTAL INSTALADO EM ARABUTÃ – SC. .... 187



## LISTA DE TABELAS

TABLE 1 - PERCENTAGE OF TREES THAT PRESENTED BUDDING IN DIFFERENT MOMENTS OF THE COLLECTION, DEPENDING ON THE RESCUE TECHNIQUE IN <i>Sequoia sempervirens</i> , IN THE MUNICIPALITY OF SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS. ....	48
TABLE 2 – AVERAGE NUMBER OF BUDS PER TREE, ACCORDING TO COLLECTIONS AND RESCUE TECHNIQUE OF <i>Sequoia sempervirens</i> SHOOTS, IN THE MUNICIPALITY OF SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS. ....	49
TABLE 3 – PERCENTAGE OF STOCK PLANTS THAT PRODUCED SHOOTS IN FOUR COLLECTIONS, AND AN AVERAGE NUMBER OF SHOOTS PER COLLECTION IN DIFFERENT STOCK PLANTS OF <i>Sequoia sempervirens</i> , IN THE MUNICIPALITY OF SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS. ....	49
TABLE 4 - SURVIVAL (%), ROOTING (%), AND A NUMBER OF ROOTS ON CUTTINGS OBTAINED BY VEGETATIVE RESCUE (1ST COLLECTION - 90 DAYS, 2ND -150 DAYS, 3RD -240 DAYS, 4RD - 360 DAYS) OF <i>Sequoia sempervirens</i> , FOR DIFFERENT STOCK PLANTS, AFTER 120 DAYS AFTER CUTTING, LAGES, SC.....	52
TABELA 5 – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NA MINIESTAQUIA DE <i>Sequoia sempervirens</i> . ....	66
TABELA 6 – SOBREVIVÊNCIA (%), ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DE DIFERENTES PADRÕES DE MINIESTACAS (POSIÇÃO DE COLETA E PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE FOLHAS ACICULARES) OBTIDAS DO CLONE A138. ....	69
TABELA 7 – ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES CLONES E SUBSTRATOS UTILIZADOS.....	70
TABELA 8– SOBREVIVÊNCIA (%), ENRAIZAMENTO (%) E ESTACAS COM EMISSÃO DE BROTO NOVOS (%) DE <i>Sequoia sempervirens</i> OBTIDAS DE DIFERENTES CLONES ORIUNDOS DE MINIJARDIM CLONAL. ....	85
TABELA 9 - SOBREVIVÊNCIA (%), FORMAÇÃO DE CALOS (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES CLONES E CONCENTRAÇÕES DE AIB. ....	86
TABELA 10 - SOBREVIVÊNCIA (%) DE ESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE AIB APÓS 6 MESES DE ESTAQUEAMENTO.....	102
TABELA 11 - ENRAIZAMENTO (%) DE ESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES (mg L <sup>-1</sup> ) E REAPLICAÇÕES (DIAS) DE AIB APÓS 6 MESES DE ESTAQUEAMENTO. ....	104
TABELA 12 - NÚMERO DE RAÍZES EM ESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES (mg L <sup>-1</sup> ) E REAPLICAÇÕES (DIAS) DE AIB APÓS 6 MESES DE ESTAQUEAMENTO. ....	106
TABELA 13 - SOBREVIVÊNCIA (%), ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM ESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS	



DE CORTE DOS CALOS E APLICAÇÃO DE AIB (6000 g L <sup>-1</sup> ) APÓS 4 MESES DE ESTAQUEAMENTO. ....	107
TABELA 14 – COEFICIENTES DA REGRESSÃO E ERRO ALEATÓRIO ( $\epsilon_i$ ) DO AJUSTE DA FUNÇÃO LOGÍSTICA ORIGINAL PARA O ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE (CVNI) E ESTUFIM. ....	137
TABELA 15 – FORMAÇÃO DE CALOS (%), ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES DE MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM RELAÇÃO AO USO DE DIFERENTES CLONES EM DOIS LOCAIS PARA O ENRAIZAMENTO, 93 DIAS APÓS ESTAQUEAMENTO. ....	141
TABELA 16– ORIGEM DAS RAÍZES (CALO, TECIDO LENHOSO OU CALO E TECIDO LENHOSO - %) NOS DIFERENTES CLONES DE <i>Sequoia sempervirens</i> DURANTE O PROCESSO DE ENRAIZAMENTO. ....	142
TABELA 17 – COEFICIENTES DA REGRESSÃO E ERRO ALEATÓRIO ( $\epsilon_i$ ) DO AJUSTE DA FUNÇÃO LOGÍSTICA ORIGINAL PARA O ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE CLONES DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO. ....	162
TABELA 18 – FORMAÇÃO DE CALOS (%), ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE CLONES DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO, 93 DIAS APÓS ESTAQUEAMENTO. ....	166
TABELA 19 - SOBREVIVÊNCIA (%), DIÂMETRO A ALTURA DO COLO - DAC (MM), ALTURA (CM) E DANOS DE GEADA EM DIFERENTES CLONES DE <i>Sequoia sempervirens</i> APÓS 6, 12 E 24 MESES DE INSTALAÇÃO EM CAMPO BELO DO SUL – SC. ....	186
TABELA 20 - SOBREVIVÊNCIA (%), DIÂMETRO A ALTURA DO COLO - DAC (MM), ALTURA (CM) EM DIFERENTES CLONES DE <i>Sequoia sempervirens</i> APÓS 6 E 12 MESES DE INSTALAÇÃO EM ARABUTÃ – SC. ....	188

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>21</b>
1.1 OBJETIVOS .....	23
1.1.1 Objetivo Geral .....	23
1.1.2 Objetivos específicos .....	23
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA GERAL.....</b>	<b>24</b>
2.1 <i>Sequoia sempervirens</i> .....	24
2.1.1 Distribuição natural .....	24
2.1.2 Características botânicas e propagação da espécie .....	24
2.1.3 Características e usos da madeira .....	25
2.1.4 Características silviculturais e produtividade da espécie .....	26
2.2 MATURAÇÃO, JUVENILIDADE E RESGATE VEGETATIVO.....	27
2.3 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA.....	29
2.3.1 Estaquia e miniestaquia .....	30
2.3.2 Reguladores de crescimento .....	31
2.3.3 Fatores que afetam o enraizamento: substrato, umidade e temperatura .....	32
2.4 REFERÊNCIAS – INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA GERAL	34
<b>3 VEGETATIVE RESCUE AND ROOTING OF CUTTINGS OF DIFFERENT STOCK PLANTS OF <i>Sequoia sempervirens</i>.....</b>	<b>41</b>
3.1 ABSTRACT .....	41
3.2 RESUMO.....	41
3.3 INTRODUCTION .....	42
3.4 MATERIALS AND METHODS .....	43
3.4.1 Rescue of vegetative material.....	44
3.4.2 Rooting of cuttings of different stock plants .....	45
3.5 RESULTS .....	48
3.5.1 Rescue of vegetative material.....	48
3.5.2 Rooting of cuttings of different stock plants .....	50
3.6 DISCUSSION.....	53
3.6.1 Rescue of vegetative material.....	53
3.6.2 Rooting of cutting of different stock plants.....	54
3.7 CONCLUSIONS .....	57

3.8 REFERENCES .....	57
<b>4 ENRAIZAMENTO DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DO PADRÃO DE MINIESTACAS, SUBSTRATOS E UTILIZAÇÃO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO EM DIFERENTES CLONES.....</b>	<b>61</b>
4.1. RESUMO.....	61
4.2 ABSTRACT .....	61
4.3 INTRODUÇÃO.....	62
4.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	64
4.4.1 Fonte de material reprodutivo.....	64
4.4.2 Padrão de miniestacas.....	65
4.4.3 Diferentes substratos e clones.....	66
4.4.4 Concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas .....	67
4.4.5 Condições de cultivo, variáveis e análise estatística .....	67
4.5 RESULTADOS .....	68
4.5.1 Padrão de miniestacas.....	68
4.5.2 Diferentes substratos e clones.....	69
4.5.3 Concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas .....	70
4.6 DISCUSSÕES .....	71
4.7 CONCLUSÕES .....	74
4.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
<b>5 ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM FUNÇÃO DE DIFERENTES CLONES E CONCENTRAÇÕES DE AIB .....</b>	<b>79</b>
5.1 RESUMO.....	79
5.2 ABSTRACT .....	79
5.3 INTRODUÇÃO.....	80
5.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	81
5.4.1 Fonte de material reprodutivo.....	81
5.4.2 Miniestaquia de diferentes clones e aplicação de AIB em clones com baixo enraizamento adventício.....	82
5.4.3 Miniestaquia e condições de cultivo.....	83
5.4.4 Variáveis e análise estatística .....	84
5.5 RESULTADOS .....	84
5.6 DISCUSSÃO .....	87
5.7 CONCLUSÕES .....	91

5.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	91
<b>6 ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> (D. DON) ENDL. EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES E REAPLICAÇÕES DE AIB.....</b>	<b>97</b>
6.1 RESUMO.....	97
6.2 ABSTRACT .....	97
6.3 INTRODUÇÃO.....	97
6.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	100
6.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	102
6.6 CONCLUSÕES .....	107
6.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	108
<b>7 ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> SOB A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES AMBIENTES.....</b>	<b>110</b>
7.1 RESUMO.....	110
7.2 ABSTRACT .....	111
7.3 INTRODUÇÃO.....	111
7.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	113
7.4.1 Fonte de material reprodutivo.....	113
7.4.2 Enraizamento de miniestacas em estufim, casa de sombra e casa de vegetação.....	114
7.4.3 Enraizamento de miniestacas em estufim e casa de vegetação com nebulização intermitente.....	116
7.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	118
7.5.1 Enraizamento de miniestacas em estufim, casa de sombra e casa de vegetação.....	118
7.5.2 Enraizamento de miniestacas em estufim e em casa de vegetação com nebulização intermitente.....	122
7.6 CONCLUSÕES .....	124
7.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	124
<b>8 ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE <i>Sequoia sempervirens</i> UTILIZANDO DIFERENTES CLONES EM DOIS AMBIENTES DE CULTIVO.....</b>	<b>127</b>
8.1 RESUMO.....	127
8.2 ABSTRACT .....	127
8.3 INTRODUÇÃO.....	128
8.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	130
8.4.1 Fonte de material reprodutivo.....	131
8.4.2 Enraizamento de diferentes clones e ambientes de cultivo .....	131

8.4.3 Avaliações e análise estatística .....	134
8.5 RESULTADOS .....	135
8.5.1 Estágios de enraizamento .....	142
8.6 DISCUSSÃO .....	143
8.6.1 Estágios de enraizamento .....	148
8.7 CONCLUSÕES .....	149
8.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	149
<b>9 ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CLONES DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO .....</b>	<b>155</b>
9.1 RESUMO.....	155
9.2 ABSTRACT .....	155
9.3 INTRODUÇÃO.....	156
9.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	158
9.4.1 Fonte de material reprodutivo.....	158
9.4.2 Enraizamento de diferentes clones e ambientes de cultivo .....	159
9.4.3 Avaliações e análise estatística.....	161
9.5 RESULTADOS .....	161
9.6 DISCUSSÃO .....	167
9.7 CONCLUSÕES .....	171
9.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	172
<b>10 TESTE CLONAL DE <i>Sequoia sempervirens</i> EM DOIS LOCAIS DE SANTA CATARINA.....</b>	<b>177</b>
10.1 RESUMO.....	177
10.2 ABSTRACT .....	177
10.3 INTRODUÇÃO.....	178
10.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	180
10.4.1 Área 1 - Campo Belo do Sul.....	180
10.4.2 Área 2- Arabutã .....	183
10.4.3 Análise estatística .....	185
10.5 RESULTADOS .....	185
10.5.1 Área 1 – Campo Belo do Sul .....	185
10.5.2 Área 2- Arabutã .....	188
10.6 DISCUSSÃO .....	189
10.7 CONCLUSÕES .....	192

10.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	193
<b>11 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>196</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>198</b>



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A intensificação da produção de florestas plantadas, em conjunto com o manejo sustentável das florestas naturais, tem um papel relevante na proteção e na conservação dos ecossistemas naturais. O setor brasileiro de florestas tornou-se nos últimos anos um dos mais relevantes no cenário global. Com uma área de 7,84 milhões de hectares de árvores plantadas, é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no país e um dos setores que apresenta maior potencial de contribuição para a construção de uma economia verde (IBÁ, 2017).

Além dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, historicamente utilizados no desenvolvimento produtivo do setor florestal, espécies promissoras devem e estão sendo manejadas, entre elas a seringueira, acácia, teca, mogno-africano, cedro-australiano, nin-indiano, guanandi, araucária, entre outras. Neste sentido, entra a sequoia (*Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl.), principalmente para áreas com elevada umidade e clima mais frio do Sul do Brasil. No entanto, informações técnicas mundiais sobre a produção de mudas e toda a cadeia produtiva para *Sequoia sempervirens* são escassas. No Brasil, poucos estudos e relatos sobre suas características e seus potenciais foram realizados, limitando qualquer oportunidade de progresso de sua silvicultura.

*Sequoia sempervirens*, espécie originária da costa oeste dos Estados Unidos, vem sendo visada cada vez mais no mercado mundial por apresentar cerne marrom-avermelhado e alburno com tonalidade branca. A madeira de sequoia é uma das mais valiosas e foi desejada internacionalmente por muitas décadas, apresentando também excelente crescimento (TORAL et al., 2003). Palmer et al. (2012) destacam a espécie com um crescimento maior que  $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em alguns sítios da Nova Zelândia. Um estudo recente realizado em São Joaquim - SC por Ricken (2012), mostra que o cultivo de *Sequoia sempervirens* é economicamente viável, tendo, incremento médio anual em altura de  $0,55 \text{ m árvore}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , em diâmetro de  $2,5 \text{ cm árvore}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e em volume de  $0,60 \text{ cm}^3 \text{ árvore}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , indicando crescimento ótimo da espécie na região.

No que diz respeito a reprodução da espécie, alguns dos empecilhos encontrados são a demora para a produção de sementes, perda da viabilidade das sementes em curto período, além da taxa de germinação ser muito baixa (média de 10%) e a viabilidade das plântulas também ser baixa (BOE, 1974). Além disso, plantas jovens apresentam menor viabilidade de sementes, com maiores valores sendo obtidos em árvores de 250 anos de idade, comparando-se a árvores mais jovens (abaixo de 20 anos), onde geralmente menos de 1% das sementes são viáveis e

árvores com mais de 1.200 anos, que não apresentaram viabilidade maior do que 3%. (OLSON et al., 1990).

A propagação vegetativa de plantas surge como uma importante solução quando há dificuldades na propagação por sementes. Esse método de propagação é amplamente utilizado em espécies cuja produção de sementes ou porcentagem é baixa e quando se busca ter vários exemplares de um mesmo genótipo, adquirindo importância no melhoramento genético das espécies com fins produtivos (VILCHES, 2004).

Para a maximização de características de interesse, como seleção de indivíduos com alta produtividade, tolerância a pragas e doenças, melhoria de características da madeira, dentre outras, é indispensável que se selecionem materiais superiores. As matrizes selecionadas e multiplicadas assexuadamente passam a constituir os clones. Esse processo é também conhecido como resgate do material superior. Para tanto, o primeiro passo após a seleção da matriz é a promoção de seu rejuvenescimento para a obtenção de brotos fisiologicamente aptos ao enraizamento (juvenis).

A forma mais simples de reversão à juvenilidade de árvores adultas é a indução de brotações basais obtidas através do corte raso da planta ou anelamento (ALFENAS et al., 2004). A partir da obtenção de material juvenil é possível viabilizar a propagação da espécie de forma assexuada. Na estaquia e miniestaquia inúmeros fatores são importantes para obtenção de bons níveis de enraizamento, destacando-se: a própria propensão da espécie, padrão do propágulo, influência do substrato e regulador de crescimento, ambiente de propagação, estação do ano, e principalmente efeito genético. Assim, o entendimento destes fatores é útil para o sucesso no sistema de propagação.

A implantação em diversos ambientes também é uma necessidade para espécies com poucos estudos, objetivando-se conhecer a sobrevivência, crescimento e resistência a fatores bióticos e abióticos em diversos locais. Trabalhando-se com espécies em que é possível utilizar diferentes clones, a implantação de testes clonais pode representar maiores ganhos em menor tempo, com conhecimento de interações genótipo x ambiente (GxE)

Desta maneira, a possibilidade de surgimento de uma nova espécie florestal de interesse para o Sul do Brasil é o motivo que leva a esta investigação. Assim, esta pesquisa consistiu no resgate vegetativo destes indivíduos, propagação clonal por estaquia, desenvolvimento de um protocolo de produção de clones por miniestaquia e acompanhamento da adaptação e crescimento inicial da espécie em campo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Contribuir com a propagação clonal de *Sequoia sempervirens* e verificar a viabilidade de implantação, adaptação e crescimento da espécie na região Sul do Brasil.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Testar diferentes métodos de resgate vegetativo de árvores adultas de *Sequoia sempervirens*, realizados em diferentes épocas do ano e posterior enraizamento de estacas individualizadas por planta matriz (controle genético);
- Avaliar a posição de coleta e presença ou ausência de folhas aciculares em miniestacas de *Sequoia sempervirens*, além da produção de mudas da espécie sob cultivo em diferentes substratos e utilização de AIB;
- Verificar o enraizamento de miniestacas de diferentes clones de *Sequoia sempervirens* e o posterior emprego de distintas concentrações de AIB em clones com baixo enraizamento adventício;
- Analisar diferentes concentrações de AIB em sucessivas reaplicações em estacas de *Sequoia sempervirens* e o efeito de lesões e aplicação de AIB nos calos das estacas;
- Avaliar o enraizamento de miniestacas de *Sequoia sempervirens* em diferentes ambientes (casa de vegetação, estufim e casa de sombra), além de comparar a rizogênese em casa de vegetação com nebulização intermitente (CVNI) e estufim;
- Verificar o enraizamento de clones de *Sequoia sempervirens* em dois ambientes, além de determinar o comportamento na formação de raízes ao longo do período de avaliação;
- Avaliar o enraizamento de miniestacas de *Sequoia sempervirens* de diferentes clones nas quatro estações do ano e utilizar o modelo logístico para estimar o momento de maximização do enraizamento em cada fator de análise;
- Testar a implantação de testes clonais de *Sequoia sempervirens* em duas regiões de Santa Catarina, buscando-se obter informações quanto à adaptação e crescimento dos diferentes clones nos locais de estudo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA GERAL

### 2.1 *Sequoia sempervirens*

#### 2.1.1 Distribuição natural

*Sequoia sempervirens* (D. Dom) Endl cresce ao longo do cinturão de nevoeiro da costa do Pacífico, no sudoeste do Oregon para a área central da Califórnia (COWN, 2008) onde as chuvas de inverno e a neblina do verão proporcionam uma temperatura uniforme e um alto nível de umidade durante o ano todo, assegurando o clima ideal para o crescimento da espécie (LUNA, 2008). Nativa dos Estados Unidos, *Sequoia sempervirens* pertence à família Cupressaceae, ordem Pinales, e é conhecida popularmente como sequoia-vermelha ou sequoia-sempre-verde, nomes oferecidos devido à madeira de cerne marrom avermelhado e as folhas que apresentam aspecto esverdeado durante todo seu ciclo (OLSON *et al.*, 1990).

Da área total coberta por florestas de sequoia, existem aproximadamente 704 mil hectares (CALIFORNIA REDWOOD ASSOCIATION, 2002). Deste total, 80% estão em propriedades privadas e os 20% restantes pertencem ao setor público, sendo neste último caso, em sua grande maioria (85%) florestas que estão dentro do sistema de Áreas Protegidas e Selvagens (INFOR, 2004). Cresce principalmente em fragmentos puros, mas também é comum associada com *Pseudotsuga mienzesii* (pinho-do-Oregon) e com espécies dos gêneros *Picea*, *Abies* e *Tsuga* (SERRA, 1987). Em condições atípicas, a sequoia está associada com *Cupressus goveniana* e alguns pinheiros como *Pinus lambertiana*, *Pinus contorta* e *Pinus attenuata* (KANNEGIESSER, 1990).

A presença de incêndios florestais causados por tempestades de verão no sul da Califórnia tem desempenhado um papel importante na ecologia e evolução da espécie, determinando respostas regenerativas, como a rebrota basal, presença de lignotuber, floração, frutificação e germinação estimuladas pelo fogo (MONTENEGRO *et al.*, 2004).

Os limites das florestas de sequoias muitas vezes são determinados por variedades edáficas, com a espécie não crescendo em solos com altas concentrações de magnésio e sódio (OLSON *et al.*, 1990), resistindo a solos com pH entre 5,0 e 7,5.

#### 2.1.2 Características botânicas e propagação da espécie

A sequoia é uma coroa piramidal de eixo cônico, casca grossa, fibrosa e de cor marrom avermelhada, com seus ramos inseridos de modo perpendicular ao tronco, com extremidades pendulares. Apresenta folhas aciculares com até 2,5 cm de comprimento e lâminas achatadas linearmente, ápice agudo, mas não espinhoso, ramo rapidamente peciolado, cor verde intensa, com duas bandas estomáticas na parte inferior e gemas terminais solitárias de 3-4 mm de comprimento, formadas por várias brácteas imbricadas (RODRÍGUEZ, 1983).

Os cones masculinos são solitários, terminais, ovóides, medindo entre 5 e 7 mm de comprimento, compostos por numerosas folhas polínicas triangulares, com três sacos polínicos na base. Os cones femininos maduros possuem entre 1,5 a 2,5 cm de comprimento, lenhosos, ovóides, de maturação anual, escamas ou brácteas ásperas, peltadas, cada uma com uma pequena espinha com protrusão no centro (SERRA, 1987). Cada bráctea contém 1 a 5 sementes que levam um ano para amadurecer (HOFFMANN, 1983). Sementes de cor avermelhada, achatadas, aristadas (pilosas), de 2 a 3 mm de comprimento e sem asas (SERRA, 1987).

A sequoia é uma espécie que apresenta propagação principalmente por sementes. Entretanto, a taxa de germinação das sementes (média de 10%) e a viabilidade das plântulas são muito baixas (BOE, 1974). Além disso, plantas jovens apresentam menor viabilidade de sementes, com maiores valores sendo obtidos em árvores de 250 anos de idade (OLSON et al., 1990).

Em áreas naturais a reprodução por propagação vegetativa é a mais comum. Quando uma árvore é cortada ou queimada, surgem brotações do tronco cortado ou das raízes já estabelecidas, crescendo com mais vigor do que as mudas do subbosque. Assim, a informação genética de um indivíduo é a mesma de árvores que habitavam o local a milhares de anos atrás (LUNA, 2008).

Estes brotos são originários de gemas adventícias no estado adormecido, localizados abaixo ou acima do floema e podem ser vistos de 2 a 3 semanas após a lesão (DEL TREDICI, 1998). A formação desses botões ocorre no estágio juvenil da árvore (LENIHAN, 1990). O lignotuber de sequoia é um órgão especializado em regeneração e armazenamento de carboidratos, o que ajuda a garantir a sobrevivência da espécie através da produção de brotos adventícios após lesões (danos traumáticos) no tronco da árvore. Em resposta a variação de fatores exógenos, como um clima hostil, a sequoia também pode induzir lignotuberes no tronco da árvore (DEL TREDICI, 1998).

### 2.1.3 Características e usos da madeira

A beleza, cor e a durabilidade de sua madeira, transformam a sequoia em uma das espécies mais valiosas do mundo (KANNEGIESSER, 1990). Embora possua densidade média relativamente baixa ( $0,31 \text{ g/cm}^3$ ), quando comparada com outras espécies nativas norte-americanas, a madeira de sequoia está entre as mais duráveis e resistentes (MARCHIORI, 1996). É muito resistente contra os ataques de fungos e contra insetos, especialmente térmitas (SERRA, 1987).

*Sequoia sempervirens* é classificada como um dos “*softwoods*” dimensionalmente mais estáveis, não sofrendo com os efeitos de intempéries. Sua madeira tem sido amplamente utilizada em peças ao ar livre, pois é considerada um repelente natural para insetos, principalmente para a construção de decks, cercas, janelas, portas, persianas e acabamentos interiores, onde a aparência e estabilidade são requisitos importantes (COWN, 2008).

A madeira de sequoia apresenta como características uma boa usinabilidade e boa aderência para tintas e vernizes, além de não apresentar resinas, típicas de madeira de coníferas. Todas estas qualidades tornam a madeira de sequoia atrativa também para a produção de painéis e o uso na indústria moveleira (SPICHINGER, 2004).

Também pode ser utilizada como espécie ornamental pelo seu rápido crescimento, folhagem elegante e seu tronco avermelhado, podendo ser cultivada como cerca viva, pois é resistente à poda permanente (HOFFMANN, 1983).

#### 2.1.4 Características silviculturais e produtividade da espécie

No mundo, alguns indivíduos dessa espécie estão entre as plantas que apresentam as maiores alturas, com algumas árvores chegando a ter mais que 100 metros de altura (COWN, 2008). Desde 1840, a sequoia foi introduzida na América e domesticada com sucesso em muitos países (LIU et al., 2006). Em meados do século XIX, as primeiras tentativas foram feitas para implantar a espécie em diferentes países do mundo (KANNEGIESSER, 1990). A sequoia foi cultivada fora de sua área natural desde antes de 1800 na Europa e mais tarde no resto do mundo (BAILEY; BAILEY, 1976; SERRA, 1987).

Quanto a produtividade da espécie pelo mundo, nos Estados Unidos, as plantações comerciais atingem rotações entre 40 e 60 anos, obtendo-se árvores de 45 m de altura e 90 cm de diâmetro, com um aumento anual de  $21 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$  em volume, enquanto na África do Sul é observado um aumento anual de  $30 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$  (RAMÍREZ, 2002). No Chile, um estudo de Toral et al. (2003) mostrou produtividade entre 18 e  $28 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$  em que o objetivo principal era a produção de madeira serrada (VILLANUEVA, 1995). Este alto desempenho tem sido o



principal motivo para considerar as florestas de sequoia como instrumentos fortes em desenvolvimento (KANNEGIESSER, 1990). Em alguns locais em que é cultivada é conduzida em rebrota de primeiro e segundo corte, apresentando boa capacidade de brotação e crescimento (VITA, 1996).

Não se tem informações da existência de uma produção em massa de plantações de sequoia, com o mercado nos EUA sendo considerado oligopolista, tendo poucas empresas dominando os trabalhos com a espécie (ARENAS, 2004). No Brasil é possível encontrar alguns indivíduos isolados nas Flonas de São Francisco de Paula, Irati e Três Barras e no Parque das Sequoias localizado em Canela/RS, na Serra Gaúcha, com intuito científico e cultural no caso do parque.

## 2.2 MATURAÇÃO, JUVENILIDADE E RESGATE VEGETATIVO

Em programas de silvicultura clonal, a seleção de árvores superiores geralmente é realizada na fase adulta. Nesta etapa, o primeiro passo constitui-se na obtenção de brotações com aptidão ao enraizamento adventício. Contudo, dentro de uma mesma árvore, ocorrem zonas que sustentam a juvenilidade por mais tempo e são suscetíveis à estímulos para a produção de material vegetativo fisiologicamente juvenil (BONGA; VON ADERKAS, 1992). Essas áreas com maior juvenilidade são as situadas mais próximas à base da árvore, aumentando o grau de maturação à medida que se aproxima do ápice da planta (ZOBEL; TALBERT, 1984).

Um dos conceitos fisiológicos da juvenilidade estabelece que o meristema apical, embora permaneça produzindo novas células, na realidade esteja sofrendo um processo de envelhecimento. Uma hipótese bastante aceita é a de que a causa da juvenilidade seja a presença de substâncias procedentes da semente ou do sistema radicular juvenil. Uma explicação para a transmissão da fase juvenil para a maturidade seria o fato de que o fator juvenil vai tornando-se gradualmente esgotado à medida que a planta cresce ou se torna ineficaz à medida que aumenta a distância do ápice até o sistema radicular (JANICK, 1966).

À medida que a planta avança em idade, ocorre nas células somáticas (vegetativas) a mudança ontogenética de juvenil a fase adulta, produzindo diferenças no meristema apical em diversas partes da planta, que se encontram em períodos distintos de desenvolvimento (HARTMANN et al., 2011). De modo geral, os materiais genéticos de espécies lenhosas em idade ontogenética mais avançada apresentam maiores dificuldades para o enraizamento adventício (MANTOVANI et al., 2010). Dessa forma, quando o genótipo a ser reproduzido for de indivíduos adultos o desafio inicial do processo é estabelecer um grau de juvenilidade das

estacas que favoreça o enraizamento, obtido por meio do rejuvenescimento ou revigoração, que consiste na utilização de tratamentos ou técnicas que façam com que a planta ou parte dela passe de um estado maduro para o estado juvenil (SCHUCH et al., 2008).

Para a maioria das espécies lenhosas, estacas de mudas juvenis enraízam facilmente, enquanto ocorrem dificuldades nas provenientes de plantas mais velhas ou definitivamente não enraízam. A juvenilidade muitas vezes se perde antes mesmo da planta alcançar a maturação reprodutiva. Quanto mais juvenil for o propágulo vegetativo a ser propagado, maior é a chance de sucesso de enraizamento. O processo seletivo dos clones ocorre normalmente na fase adulta da árvore (XAVIER et al., 2013). Dessa forma, o enraizamento de propágulos provenientes de plantas lenhosas adultas tem constituído um desafio a ser vencido e, para superar esta dificuldade, é necessário explorar a maior capacidade de enraizamento de material juvenil, seja pela utilização de propágulos provenientes de partes juvenis de planta, seja pela promoção do rejuvenescimento de partes da planta adulta (ASSIS; TEIXEIRA, 1998).

O conhecimento do fenômeno da maior retenção da juvenilidade nos tecidos da base do caule de plantas permitiu o estabelecimento do primeiro modelo básico, já amplamente aplicado à clonagem de plantas adultas de difícil enraizamento, como algumas espécies do gênero *Eucalyptus*. Esse modelo consiste na obtenção de propágulos de brotações surgidas na base da planta, chamadas de brotações epicórmicas, principalmente como resultado da utilização de artifícios, como injúrias mecânicas nas raízes, anelamento na base do caule, poda drástica a poucos centímetros do colo e aplicação de substâncias reguladoras de crescimento, entre outras (ASSIS; TEIXEIRA, 1998).

A técnica comumente mais utilizada no resgate vegetativo para a propagação de plantas adultas de espécies florestais tem sido a decepa da árvore para a indução de brotações basais (MURILLO et al., 2003). As brotações surgidas nas cepas possuem características morfológicas e fisiológicas das plantas juvenis, as quais são de fundamental importância para a recuperação da competência ao enraizamento adventício (ALFENAS et al., 2009; XAVIER et al., 2013).

Outras formas de indução de brotações em árvores selecionadas para a clonagem podem ser eficientes na obtenção de estacas mais aptas ao enraizamento, como o anelamento de caule e o uso do fogo, desde que aplicados em zonas com maior retenção da juvenilidade. A técnica de anelamento começou a ser estudada na silvicultura com a finalidade de aumentar o tempo de produção de sementes e na fruticultura para melhorar a cor e aumentar ou induzir a precocidade de frutos, consistindo basicamente na retirada de um anel de casca do caule ou galhos (SANTIN et al., 2008). Esta técnica possibilita a obtenção de brotações basais, onde a planta não é submetida ao corte e as brotações que ocorrem abaixo do ponto de anelamento são

utilizadas na propagação clonal pela estaquia. Entretanto, a eficiência desse método é dependente da espécie/genótipo, época do ano, condições ambientais e fisiológicas da planta, assim como da intensidade e da praticidade do anelamento realizado (XAVIER et al., 2013).

O princípio fisiológico do método de anelamento consiste na mudança dos níveis endógenos de componentes químicos envolvidos, principalmente nos hormônios (auxina/citocinina). As auxinas, que são sintetizadas principalmente em regiões de crescimento ativo como primórdios foliares e folhas jovens, apresentam movimento basípeto até o coleto da planta e acrópeto do coleto até o ápice das raízes (FACHINELLO et al., 2005). Já as citocininas, que são biossintetizadas principalmente nas raízes, apresentam um movimento basípeto até o coleto e acrópeto até o ápice dos ramos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Assim, o anelamento aumenta a concentração de substâncias promotoras de brotações (citocininas) imediatamente após o anel de casca retirado. Esse fato é acompanhado pela redução da concentração de auxinas neste ponto, uma vez que o transporte destas se dá via floema, sendo interrompido pela retirada do anel de casca (ZIMMERMANN; BROWN, 1974). A técnica se mostra uma ferramenta interessante na clonagem de árvores adultas, pois possibilita a obtenção de material fisiologicamente juvenil, com habilidade de formar raízes em material adulto (BACCARIN, 2012).

### 2.3 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

A propagação assexuada consiste na reprodução de indivíduos a partir de partes vegetativas das plantas, sendo possível devido à capacidade de regeneração apresentada por estes órgãos vegetativos (SCARPARE FILHO, 1990). Este tipo de propagação é especialmente útil, principalmente por manter inalterada a constituição genética do clone durante as gerações, fornecendo meios para inserir material genético novo através da captura de uma maior proporção de ganhos a partir de componentes genéticos aditivos e não aditivos, inerentes a uma espécie de árvore selecionada (LIBBY; RAUTER, 1984).

É uma boa alternativa na produção de mudas em espécies com problemas de baixa germinação e viabilidade das plântulas, sendo opção viável para produção de mudas uniformes. Permite rápida seleção e multiplicação de indivíduos adultos com características desejáveis, o que poderá refletir diretamente na qualidade e quantidade da madeira produzida (SILVA et al., 2012). Possibilita a obtenção de talhões uniformes, de rápido crescimento e produção de matéria prima homogênea em áreas até então não indicadas, devido à limitação de material genético seminal (XAVIER et al., 2013). A propagação vegetativa também é uma alternativa para

atender a demanda do mercado em qualquer época do ano, pois permite a rápida seleção e multiplicação de indivíduos desejáveis (HERNANDEZ et al., 2013).

Para as espécies florestais em que ainda não se estabeleceram técnicas de propagação vegetativa em larga escala, os estudos têm sido direcionados quanto à adequação desses métodos já utilizados amplamente na clonagem de *Eucalyptus* e outras espécies cultivadas.

### 2.3.1 Estaquia e miniestaquia

O uso da estaquia para propagar espécies que possuem problemas com a germinação das sementes vem sendo estudado a bastante tempo. A técnica consiste em multiplicar assexuadamente partes de plantas (células, tecidos, órgãos ou propágulos), originando indivíduos idênticos à planta matriz (WENDLING, 2003). Este processo, que ocorre por meio da divisão e diferenciação celular, é baseado no princípio da totipotência das células vegetais, que é a capacidade genética de regeneração de plantas a partir de qualquer órgão vegetal (HARTMANN et al., 2011).

A formação de raízes em estacas/miniestacas é um processo anatômico e fisiológico complexo, associado à dediferenciação e ao redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de meristemas que darão origem a raízes adventícias (BORGES et al., 2011).

Apesar de todas as plantas possuírem a habilidade para regenerar órgãos partindo de células diferenciadas, observa-se que esse processo é mais acentuado em algumas células e partes das plantas do que em outras, sendo a habilidade de regeneração dependente das características genéticas da planta doadora de propágulos, níveis endógenos de substâncias promotoras e/ou inibidoras do enraizamento adventício, juvenildade dos propágulos entre outros fatores (FERRIANI, 2008; RIOS et al., 2012).

De modo geral, dentre as principais vantagens da propagação vegetativa de espécies florestais podem ser citadas a formação de plantios clonais de alta produtividade e uniformidade, melhoria da qualidade da madeira e de seus produtos, multiplicação de indivíduos resistentes a pragas e doenças e adaptados a sítios específicos e transferência, de geração para geração dos componentes genéticos aditivos e não-aditivos, o que resulta em maiores ganhos dentro de uma mesma geração de seleção (WENDLING, 2003).

A miniestaquia, por sua vez, é uma técnica mais recente de propagação vegetativa, cujo princípio é o aproveitamento do potencial juvenil dos propágulos para indução do enraizamento (FERRIANI, 2010). Em síntese, a miniestaquia consiste na utilização de brotações de plantas

propagadas pelo método de estaquia convencional (brotações providas de minijardim clonal) como fontes de propágulos vegetativos (WENDLING, 2003). Para a reprodução de *Sequoia sempervirens* segue-se então os métodos aplicados às demais coníferas, onde o tempo para enraizamento normalmente é longo, podendo variar de 5 meses (BLYTHE, 1985; LUNA, 2008) e chegar até um ano (GIL-ALBERT; BOIX, 1978). As porcentagens de enraizamento variam de acordo com a origem parental das estacas, tratamentos aplicados e de acordo com fatores ambientais, principalmente a umidade e temperatura (VILCHES, 2004).

### 2.3.2 Reguladores de crescimento

Para a formação de raízes adventícias em estacas é necessária a presença de certos níveis de substâncias de crescimento natural na planta, sendo umas mais favoráveis que outras. Existem diversas substâncias com propriedades reguladoras de crescimento vegetal, sendo as auxinas as de maior interesse no enraizamento de estacas (XAVIER et al., 2013), pois são responsáveis pela formação de raízes adventícias em folhas ou caules destacados (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Várias substâncias, quando aplicadas exogenamente, promovem ou inibem a iniciação de raízes adventícias, dependendo da espécie, do estado de maturação, entre outros (XAVIER et al., 2013). Embora existam espécies que formem raízes adventícias apenas com os níveis endógenos de auxina, geralmente é necessário adicionar auxinas exógenas para estimular a rizogênese (GRATTAPAGLIA; MACHADO, 1990). Aplicações exógenas de auxinas podem proporcionar maior porcentagem, velocidade, qualidade e uniformidade de enraizamento (HACKETT, 1987; HARTMANN et al., 2011), embora a sensibilidade das células vegetais e clones seja variável, mostrando que as respostas positivas não são universais (XAVIER et al., 2013).

Dentre as auxinas mais conhecidas encontram-se diversas substâncias com atividades reguladoras do crescimento, como o ácido indolacético (AIA), ácido indolbutírico (AIB), ácido naftalenoacético (ANA) e o 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), podendo ser tóxicos quando aplicados em concentrações superiores às indicadas (BLAZICH, 1987; XAVIER et al., 2013). O efeito dos reguladores de crescimento depende do tipo, quantidade e dos receptores de membrana presentes nas células, cujo efeito dará a resposta final, que é a formação ou não de raízes adventícias em estacas (PESCADOR et al., 2007).

As auxinas, normalmente, são consideradas as principais substâncias indutoras do enraizamento adventício, principalmente em espécies de difícil enraizamento. Dentre as

auxinas, no que tange ao enraizamento adventício de estacas e/ou miniestacas, a mais utilizada e a que tem apresentado melhores resultados para a maioria das espécies florestais é o ácido indolbutírico - AIB (PESCADOR et al., 2007; CUNHA et al., 2008; VALMORBIDA et al., 2008).

É uma substância estável à fotodegradação, imune à ação biológica e possui boa capacidade de promover o enraizamento (TONIETTO et al., 1997). Bastante utilizado devido à sua eficiência, estabilidade e menor toxicidade em uma grande faixa de concentração (ALVARENGA; CARVALHO, 1983; IRITANI et al., 1986). Sua ação está relacionada à síntese de ácidos nucléicos e proteínas, alterações nas paredes celulares e aumento de atividades enzimáticas (FIGUEIREDO et al., 1995). Tem sido utilizado em estacas de várias espécies, principalmente aquelas que apresentam dificuldades em emitir raízes, promovendo, assim, a diferenciação celular e a formação de raízes (TONIETTO et al., 1997).

As concentrações do produto ativo variam com o genótipo (CHUNG; LEE, 1994), estado de maturação do propágulo (GOMES, 1987) e a forma de aplicação, que pode ser via solução aquosa ou via sólida, com o uso de talco (BLAZICH, 1987). No método de imersão rápida, a estaca permanece por aproximadamente 5 segundos, em solução hidroalcoólica de auxina concentrada (500 a 10.000 mg L<sup>-1</sup>). Concentrações muito elevadas podem inibir o desenvolvimento de gemas ou provocar o amarelecimento e queda das folhas, provocando a morte da estaca. No método de imersão prolongada, as concentrações variam de 20 mg L<sup>-1</sup>, para espécies de fácil enraizamento, até 200 mg L<sup>-1</sup>, para espécies de difícil enraizamento, sendo as estacas mantidas na solução por cerca de 24 horas (WEAVER, 1982).

A concentração subótima de AIB pode não alcançar o nível requerido de auxina para a iniciação radicular, mas concentrações supraótimas inibem o enraizamento devido ao aumento da síntese de etileno, induzido pela auxina, o que restringe a divisão e elongações celulares (MORE; KHALATKAR, 1988).

### 2.3.3 Fatores que afetam o enraizamento: substrato, umidade e temperatura

O enraizamento pode ser afetado por fatores que se dividem em internos, intrínsecos à planta, e externos, relativos às condições do meio. Entre os fatores internos, destacam-se a condição fisiológica da planta-mãe, a constituição genética, a idade da planta, o tipo de estaca, a época do ano e o balanço hormonal. Já os principais fatores externos são os substratos e as condições ambientais, como luminosidade, temperatura e umidade (SCALOPPI JUNIOR, 2007).

Entre os fatores externos, o uso de um substrato adequado pode vir a promover melhorias e ganhos significativos no enraizamento. O substrato é um fator que afeta o enraizamento e desempenha papel importante, especialmente em espécies de difícil enraizamento. Um substrato ideal é aquele que retém um teor de água suficiente para evitar a dessecação da base da estaca e, uma vez saturado, tem espaço poroso adequado para facilitar o enraizamento e evitar o desenvolvimento de doenças (COUVILLON, 1998).

O substrato apresenta um papel fundamental para o desenvolvimento das raízes das estacas, devendo possuir baixa densidade, boa capacidade de absorção e retenção de água, boa aeração e drenagem, para evitar o acúmulo de umidade, além de estar isento de pragas, doenças e substâncias tóxicas (KÄMPF, 2000; WEDLING et al., 2002). Além disso, o substrato deve fornecer um ambiente escuro para a base da estaca, o qual influenciará positivamente na porcentagem de enraizamento (HARTMANN et al., 2011).

Um dos aspectos a ser considerado na escolha de um substrato é a qualidade dos materiais empregados na sua composição, podendo estes serem avaliados através das suas propriedades físicas e químicas (SOUZA et al., 2006). As propriedades químicas mais utilizadas para caracterizar um substrato são o pH, capacidade de troca de cations, salinidade e matéria orgânica. Dentre às propriedades físicas, destacam-se a densidade, porosidade, fácil disponibilidade de água e capacidade de retenção da mesma (SCHMITZ et al., 2002).

A boa aeração é uma das características físicas importantes para o crescimento de plantas em recipientes e promoção de raízes. Não somente a água é necessária para as plantas, mas também o ar é importante para o crescimento radicular (VERDONCK et al., 1981). Sendo assim, verifica-se a importância da escolha correta do substrato a ser utilizado. Um bom substrato para a produção de mudas deve proporcionar retenção de água suficiente e, quando saturado (em excesso de água), deve manter quantidades adequadas de espaço poroso para facilitar o fornecimento de oxigênio, indispensável no processo de propagação (SMIDERLE; MINAMI, 2001).

Dentre os fatores externos que também apresentam elevada importância no processo de enraizamento está o ambiente de manutenção das estacas/miniastacas. O ambiente de propagação vai influenciar a umidade e temperatura do interior da estrutura. O avanço da tecnologia permitiu o desenvolvimento de instalações usadas na propagação de plantas, como câmaras de nebulização, telados e casas de vegetação dotadas de sistemas automatizados. Os sistemas de nebulização mantêm a umidade do ar elevada, permitindo a multiplicação de plantas por propágulos com folhas (FACHINELLO et al., 2005).



O manejo incorreto do sistema de cultivo pode propiciar excesso de umidade em dias chuvosos e/ou nublados, o que dificulta trocas gasosas, impede o enraizamento, provoca morte dos tecidos e propicia surgimento de doenças fúngicas nas estacas (XAVIER et al., 2013). A etapa mais onerosa dos sistemas de multiplicação de plantas mais modernos consiste nas instalações da casa de vegetação e dos canteiros de enraizamento com nebulizadores intermitentes. Para a produção de mudas em pequenas quantidades e de maneira simples, a construção de pequenas estufas utilizando materiais de baixo custo pode ser viável dependendo da espécie e da cultivar a ser propagada (VIEIRA NETO et al., 2010).

Para o enraizamento de propágulos recomenda-se a manutenção da umidade do ar acima de 80%, conservando-se assim a turgescência dos tecidos, visto que os mesmos não possuem meios para absorver água e nutrientes (XAVIER et al., 2013). O enraizamento só ocorre em tecidos com células túrgidas, sendo primordial a manutenção de um teor adequado de água no substrato e na parte aérea das estacas (FACHINELLO et al., 2005).

A temperatura também influencia o enraizamento, atuando, sobretudo na absorção de nutrientes e no metabolismo. Assim, esse fator ambiental deve ser ajustado conforme o local e a própria necessidade da espécie. A divisão celular é favorecida com o aumento da temperatura e, conseqüentemente, ajuda na formação de raízes e a produção de brotos (HARTMANN et al., 2011). Contudo, temperaturas excessivamente altas durante a fase de enraizamento provocam aumento da transpiração e perda de água pelas folhas, ocasionando a necrose dos tecidos. Já temperaturas baixas diminuem o metabolismo das estacas, levando à menor produção de brotações e ao maior tempo para o enraizamento ou, até mesmo, não proporcionam condições adequadas para que ocorram indução, desenvolvimento e crescimento radicular (XAVIER, 2002).

A capacidade de enraizamento também pode ser diferenciada em muitas espécies em função da época do ano em que as estacas são coletadas (ASSIS; TEIXEIRA, 1998). O efeito da época está diretamente relacionado ao teor de carboidratos armazenados na matriz (HARTMANN et al., 2011) e com o grau de lignificação da estaca (FACHINELLO et al., 1995).

#### 2.4 REFERÊNCIAS – INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA GERAL

ALFENAS, A. C. ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, A. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 442 p., 2004.

ALVARENGA, L. R.; CARVALHO, V. D. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas frutíferas. **Informe Agropecuário**, v. 9, p. 47-55, 1983.

ARENAS, M. **Estudio del largo de traqueidas en D. Don (Endl). crecida en Chile, con respecto a subicación en el árbol**. 97 f. Monografía (Especialização) - Curso de Ingeniero Forestal, Universidad de Chile Facultad de Ciencias Forestales, Santiago, 2004.

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPq, p.261-296, 1998.

BACCARIN, F. J. B. **Métodos para resgate, conservação e multiplicação em larga escala de matrizes de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage**. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências – ESALQ), Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 2012.

BAILEY, L.; BAILEY, E. 1976. **Hortus Third**. Macmillan. New York. 340 p.

BLAZICH, F. A. Chemicals and formulations used to promote adventitious rooting. In: DAVIES T. D., HAISSIG, B. E., SANKHLA, N. (Eds) **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Pres, (Advances in Plant Sciences Series, 2) p. 132 – 149, 1987.

BLYTHE, G. **Cutting propagation of *Sequoia sempervirens* cultivars**. Combined Proceedings International Plant Propagators Society. n. 34, p. 204 – 211. 1985.

BOE, K. N. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. In: Schopmeyer CS (ed) **Seeds of woody plants in the United States**. Agriculture handbook 450. USDA Forest Service, Washington, DC, USA, pp 764–766. 1974.

BONGA, J. M.; von ADERKAS, P. **In vitro culture of trees**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 236p, 1992.

BORGES, S. R; XAVIER, A; OLIVEIRA, L. S; MELO, L. A; ROSADO, A. M. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.425-434, 2011.

CALIFORNIA REDWOOD ASSOCIATION. **Redwood forests certified for sustainable harvests**. Technical Data Sheet Redwood, 19:1-2. 2002.

CHUNG, D. Y.; LEE, K. J. Effects of clones, ortet age, crown position and rooting substance upon the rooting of cuttings of Japanese larch (*Larix leptolepis* S. et Z. Gordon). **Forestry Genetics Research Institute**, v.83, n.2, p.205-210, 1994.

COUVILLON, G. A. Rooting responses to different treatments. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 227, p. 187-196, 1998.

COWN, D. Redwood in New Zealand – an end-user perspective. **NZ Journal of Forestry**, Rotorua, v. 52, n. 4, p. 35 - 41, 2008.

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.

DEL TREDICI, P. Lignotubers in *Sequoia sempervirens*: Development and ecological significance. **Madroño**, v. 45, n. 3, n. 8 -14. 1998.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. Propagação vegetativa por estaquia. In: FACHINELLO, J. C. HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Pelotas: Embrapa Informações Tecnológicas, p.69-109, 2005.

FERRIANI, A. P. **Estaquia de vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia* Dusén) com uso do ácido indol-butírico**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 100 f., 2006.

FERRIANI, A. P.; MAYER, J. L. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; BONA, C.; KOEHLER, H. S.; DESCHAMPS, C.; CARPANEZZI, A. A.; OLIVEIRA, M. C. Estaquia e anatomia de vassourão branco. **Scientia Agraria**, v.9, n.2, p.159-166, 2008.

FIGUEIREDO, S.L.B.; KERSTEN, E.; SCHUCH, M.W. Efeito do estiolamento parcial e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de ramos de goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana*, Berg). **Scientia Agricola**, v. 52, n. 1, p. 167-171, 1995.

GIL-ALBERT F., E. BOIX, Effect of treatment with IBA on rooting of ornamental conifers. **Acta Horticulture**, n. 79, p. 63-77. 1978.

GOMES, A. L. **Propagação clonal: princípios e particularidades**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Série Didáctica, Ciências Aplicadas, 1), 69 p., 1987.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. Micropropagação. In: TORRES, C.A.; CALDAS, L.S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília. ABCTP/EMBRAPA-CNPQ, p.99-169, 1990.

HACKETT, W. P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press (Advances in Plant Sciences Series, 2), p. 11-28, 1987.

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

HERNANDEZ, W.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N.; WENDLING, I. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 955-967, 2013.

HOFFMANN, A. **El árbol urbano en Chile**. Chile. Fundación Claudio Gay. 125 p. 1983.

IBÁ. **Relatório Anual**. 2017. Disponível em: [http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf) >. Acesso em: 1 de nov. 2017.

INFOR. **Caracterización de la *Sequoia sempervirens***. Unidad de Tecnologías e Industrias de la Madera. Documento N° 221. Concepción. Chile. 28 p. 1998.

IRITANI, C.; SOARES, R. V.; GOMES, A. V. Aspectos morfológicos da aplicação de reguladores do crescimento nas estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. **Acta Biológica Paranaense**, v.15, p. 21-46, 1986.

JANICK, J. A. **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: F. Bastos. 1996.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 254 p, 2000.

KANNEGIESSER, U. Apuntes sobre *Sequoia sempervirens*. Descripción de la especie. Ciencia e Investigación Forestal. División Regional. **Infor**, Concepción, Chile. vol. 4, n. 1, p. 124 -132. 1990.

LENIHAN, J. Forest Assessment of little lost man creek. Humboldt Co., CA: reference-level in the hierarchical structure of old-growth coastal redwood vegetation. **Madroño**, v. 37, n. 2, 69-87. 1990.

LIBBY, W.J.; RAUTER, R. M. Advantages of clonal forestry. **Forestry Chronicle**, v. 60, n. 3, 145–149. 1984.

LIU, C.; YIN, X. X. Y.; HUANG, L.; ZHOU, J. Shoot regeneration and somatic embryogenesis from needles of redwood (*Sequoia sempervirens* (D. Don.) Endl.). **Plant Cell Rep.** v. 25, p. 621–628. 2006.

LUNA, T. Vegetative Propagation of Coastal Redwood (*Sequoia sempervirens* (Lamb. ex D. Don) Endl.). **Native Plants Journal**, v. 9, n. 1, p. 25-28. 2008.

MANTOVANI, N. C.; GRANDO, M. F.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Resgate vegetativo por alporquia de genótipos adultos de urucum (*Bixa orellana* L.). **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 403-410, 2010.

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das Gimnospermas**, Ed. da UFSM, 1996.

MONTENEGRO, G., GINOCCHIO, R., SEGURA, A., KELLY, J., GÓMEZ, M. Fire regimes and vegetation responses in two mediterranean-climate regions. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 77, n. 3, p. 455 – 464. 2004.

MORE, V. N.; KHALATKAR, A. S. Effect of gibberellic acid, kinetin and indolbutyric acid on propagation in *Diffenbachia pict.* **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 226, p. 473-478, 1988.

MURILLO, O.; ROJAS, J. L.; BADILLA, Y. **Reforestación Clonal**. Cartago, Costa Rica, Taller de Publicaciones, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal. 36 p. 2003.

OLSON, D. F., D. F. ROY, AND G. A. WALTERS. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. redwoods. In R. M. Burns and B. H. Honkala [eds.], **Silvics of North America**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook 654: 541–551. 1990.

PALMER, D. J.; WATT, M. S.; KIMBERLEY, M. O.; DUNGEY, H. S. Predicting the spatial distribution of *Sequoia sempervirens* productivity in New Zealand. **New Zealand Forest Research Institute Limited**. n 42, p. 81–89, 2012.

PESCADOR, R.; VOLTONI, A. C.; GIRARDI, C. G.; ROSA, F. A. F. da. Estaquia de Pariparoba do Rio Grande do Sul sob efeito do ácido indol-butírico em dois substratos. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 4, p. 391-398, 2007.

RAMÍREZ, J. *Sequoia sempervirens*: para tomar en cuenta. **Chile Forestal**, v. 290, p. 27- 29, 2002.

RICKEN, P.; HESS, A. F.; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M. Crescimento e incremento de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl., São Joaquim, SC. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4., 2012, Curitiba. **Anais**. [Curitiba]: Malinovski Florestal, 2012.

RIOS, S. E. M. C.; PEREIRA, L. S.; SANTOS, T. C.; SOUZA, V. G. R. Concentrações de ácido indol-3-butírico, comprimento e época de coleta de estacas na propagação de umbuzeiro. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 52-57, 2012.

RODRÍGUEZ, R. G. Las especies de Taxodiaceae cultivadas en Chile. **Bosque**, v. 5, n. 1, p. 035-046. 1983.

SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, D. M.; ROVEDA, L. F. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.97-104, 2008.

SCALOPPI JUNIOR, E. J. **Propagação de espécies de Annonaceae com estacas caulinares**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Jaboticabal – Universidade Estadual Paulista – UNESP, 98p, 2007.

SCARPARE FILHO, J. A. **Enraizamento de estacas herbáceas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch), sob efeito de reguladores de crescimento, em sistema de nebulização intermitente**. Piracicaba: ESALQ, 50p., 1990.

SCHMITZ, J. A. K., SOUZA, P. V. D., KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, 32: 937-944, 2002.

SCHUCH, M. W.; DAMIANI, C, R.; SILVA, L. C.; ERIG, A. C. Micropropagação como técnica de rejuvenescimento em mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) cultivar clímax. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n.3, p. 814-820, 2008.

SERRA, M. T. **Dendrología de coníferas y otras gimnospermas**. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Apuntes Docentes N° 2. 264 p. 1987.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.297-302, 2012.

SMIDERLE, O. S.; MINAMI, K. Emergência e vigor de plântulas de goiabeira em diferentes substratos. **Revista Científica Rural**, v. 6, n. 1, p. 38-45, 2001.

SOUZA, P. V. D., CARNIEL, E., FOCESATO, M. L. Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas de maracujazeiro azedo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 28: 276-279, 2006.

SPICHINGER, O. A. **Aprovechamiento en el aserrado de sequoia (*Sequoia sempervirens* (D. DON) Endl.) y clasificación de la madeira obtenida**. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ingeniería de La Madeira) – Universidad de Chile, Santiago, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TONIETTO, A. et al. Influência do ácido indolbutírico e ethephon no enraizamento de estacas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, 9.567-569, 1997.

TORAL M, GONZÁLEZ LY, GARFIAS R. **Secuoya: nueva opción, productos y mercados para el sur de Chile**. Universidad de Chile: 2003. p. 201.

VALMORBIDA, J.; BOARO, C. S. F.; LESSA, A. O.; SALERNO, A. R. Enraizamento de estacas de *Trichilia catigua* A. Juss (catigua) em diferentes estações do ano. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 435-442, 2008.

VERDONCK, O., VLEESCHAUMER, D., DE BOODT, M. The influence of the substrate to plant growth. **Acta Horticulturae**, v.150, p.467-473, 1981.

VIEIRA NETO, J., OLIVEIRA, A.F., GONÇALVES, E.D., MESQUITA, H.A., SILVA, L.F.O., OLIVEIRA, N.C., PIO, R., SILVA, D.F. Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira em estufa baixa: alternativa para o pequeno produtor. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010 (**Circular Técnica 78**).

VILCHES, M. A. R. **Propagación vegetativa de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. a través de estacas**. Universidad de Chile – Trabalho de conclusão de curso. 98 pg. 2004.

VILLANUEVA, J. **Durabilidad natural de la madera de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl., frente al ataque de hongos xilófagos**. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 1-7 p. 1995.

VITA, A. **Los tratamientos silviculturales**. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 149 p. 1996.

WEAVER, R.J. **Reguladores del crecimiento en la agricultura**. 2.ed. Barcelona: Trillas, 540p., 1982.

WEDLING, I.; GATTO, A.; PAIVA, H. N. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 279 p., 2013.

ZIMMERMANN, M.; BROWN, C. L. **Trees structure and function**. New York, Spring Verlag, 336 p, 1974.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: Wiley & Sons, 505p, 1984.



### 3 VEGETATIVE RESCUE AND ROOTING OF CUTTINGS OF DIFFERENT STOCK PLANTS OF *Sequoia sempervirens*<sup>1</sup>

#### 3.1 ABSTRACT

*Sequoia* is a fast-growing, long-living species, producing durable timber. The aim of this study was to test different methods for the vegetative rescue of *Sequoia sempervirens* trees over 40 years old, made at different periods of the year, and, later, testing the rooting of individualized cuttings in planned arrays. Twenty-four individual sequoias were rescued, applying girdling and semi-girdling at three different heights (-10, 0, and 30 cm). The first collection was made 90 days after application of the treatments, being repeated at 150, 240, and 360 days. The percentage of budding trees and the number of shoots per array were registered. In all collections, shoots produced cuttings, which were placed for rooting in mini-tunnels. Cutting survival (%), rooting (%), and number of roots were registered, per array, and per collection. The species vegetative rescue proved to be efficient for the production of shoots for stem cuttings, especially with girdling at 30 cm and semi-girdling at -10 cm. However, it is difficult to define the best method, mainly because of the genetic effect among stock plants. The rooting of cuttings, of recovered material, presented good results (average >65%), also with great differences among stock plants. The potential for rooting of cuttings varied according to different planting periods, with high rooting rates in all seasons, especially in summer. *Sequoia sempervirens* shows the potential for vegetative rescue and cloning by rooting of cuttings, and this may lead to new studies, with a view towards fixing clones.

Keywords: Girdling, semi-girdling, rooting periods, clonal forestry, redwood

#### RESGATE VEGETATIVO E ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE DIFERENTES MATRIZES DE *Sequoia sempervirens*

#### 3.2 RESUMO

*Sequoia* é uma espécie de rápido crescimento, longeva e de madeira durável. O objetivo do estudo foi testar diferentes métodos de resgate vegetativo em árvores com mais de 40 anos de idade de *Sequoia sempervirens*, realizados em distintas épocas do ano e posterior enraizamento de estacas individualizadas por planta matriz. Resgataram-se 24 indivíduos de sequoia, aplicando-se anelamento e semianelamento em três diferentes alturas (-10, 0 e 30 cm). A

---

<sup>1</sup>Artigo publicado na Revista CERNE (v. 23, n. 4, p. 435-444, 2017). Texto em inglês, a fim de manter fidedignidade à publicação.

primeira coleta foi efetuada 90 dias após aplicação dos tratamentos, sendo repetida aos 150, 240 e 360 dias. Contabilizou-se a porcentagem de árvores com brotações e o número de brotações por matriz. Em todas as coletas as brotações originaram estacas que foram colocadas para enraizar em estufim. No enraizamento das estacas analisou-se a sobrevivência (%), enraizamento (%) e número de raízes por matriz por coleta. O resgate vegetativo da espécie mostrou-se eficiente na produção de brotações para a estaquia, destacando-se o anelamento a 30 cm e o semianelamento a -10 cm. Entretanto, há dificuldade em definir qual o melhor método, principalmente em função do efeito genético entre matrizes. O enraizamento de estacas do material resgatado apresentou bons resultados (média >65%), também com grande diferença entre as matrizes. Diferentes épocas de estaquia alteraram o potencial de enraizamento, contudo, com altos índices de enraizamento em todas as estações do ano, principalmente no verão. *Sequoia sempervirens* apresenta potencial de resgate vegetativo e clonagem por estaquia, sendo possível conduzir novos trabalhos com vistas a fixação de clones.

Palavras-chave: anelamento, semianelamento, épocas de enraizamento, silvicultura clonal, redwood.

### 3.3 INTRODUCTION

The demand for the cultivation of new species is increasing, and timber from the noblest species is increasing its economic value. Among the most valuable species is the *Sequoia sempervirens* ((D. Don) Endl.), popularly known as the sequoia.

The species occurs naturally in Western North America, especially in California (USA). Its distribution range is narrow, occurring in the coastal zone (latitude 42°20'N and 35°83'N), which corresponds to a large belt with the occurrence of heavy fog, where it is dominant or codominant (MEASON et al., 2016). Average annual temperatures in that region range between 10 and 16 °C, and the difference between the minimum and maximum annual average does not surpass 16.7 °C. The species tolerates extreme temperatures, both positive and negative, and can survive under -10 °C and above 38 °C (OLSON et al., 1990).

Timber from *Sequoia sempervirens* is highly durable, with low contraction rates when dry, and is structurally stable (COWN, 2008). These properties and its appearance make it desirable for timber production. In the United States, timber from the species is widely used for decks, outdoor furniture, boards, and other products, in which durability, appearance, and stability are important (COWN and MCKINLEY, 2009).

Like most conifers, sequoias propagate mostly by sexual reproduction. However, germination (in average 10%) and seedlings survival rates are very low (BOE, 1974). In addition, younger plants present lower seed viability, while higher values were obtained with 250-year-old trees (OLSON et al., 1990).

Thus, vegetative propagation techniques can be used for propagation of superior genotypes, more productive and tolerant to certain situations. Stem cuttings present satisfactory and relatively fast results in producing genetically superior clones (HUNT et al., 2011; MAJADA et al., 2011). However, the rooting potential of cuttings, and the quality of the seedlings are affected by cyclophysis (degree of maturation effects of the donor plant), and topophysis (effects related to the cutting position on the donor plant architecture) (LUNA, 2008).

To facilitate the collection of viable shoots for rooting, and achieve greater material juvenility, it is possible to use vegetative rescue (MEIER et al., 2012; O'HARA and BERRILL, 2009). Two commonly used procedures for the rescue of adult plants are felling and girdling to induce epicormic sprouting (STUEPP et al., 2014). These sprouts have morphological and physiological characteristics of juvenile plants, of fundamental importance for the recovery of the rizogenetic capacity (MELO et al., 2012; WENDLING et al., 2013).

Propagation, via stem cuttings, of superior sequoia genotypes, can assist in the deployment of this species in Brazil, mainly in the Southern region. This area presents climatic similarities with the species original areas, and traditionally faces adaptation problems of local noble species, due to the cold climate. Commercial or experimental plantations, conducted in locations with similar climate, show enormous potential for the species. In Chile, sequoias produced up to 30 m<sup>3</sup>/ha/year, in a 30 to 40-year rotation (VILLANUEVA, 1995), and in New Zealand, they exhibited an increment of up to 50 m<sup>3</sup>/ha/year, in a 40-year rotation in optimum sites (PALMER et al., 2012).

In this work we seek to deepen studies initiated by Navroski et al. (2005), with the vegetative propagation of sequoia in Brazil, as well as other studies carried out in Chile (RAMOS-VILCHES, 2004), New Zealand (MEASON et al., 2016) and the United States (LUNA, 2008; O'HARA and BERRILL, 2009). Thus, the study aimed at testing different methods of vegetative rescue of *Sequoia sempervirens*, performed at different times of the year, and later, rooting of individualized cuttings, through planned arrays (genetic control).

### 3.4 MATERIALS AND METHODS

### 3.4.1 Rescue of vegetative material

The area where vegetative rescue was effected is located in the São Francisco de Paula National Forest (FLONA), located in the municipality of São Francisco de Paula, in the State of Rio Grande do Sul (RS), Brazil; between coordinates 29°24' and 29°27'S, and 50°22' and 50°25'W, with a maximum elevation of 923 m. Average annual rainfall estimate in the area is 2.252 mm. It rains regularly every month of the year, with more intense rainfall occurring during spring and summer. According to the Köppen climate classification, climate in the region is type Cfb, mesothermal, super humid, with bland summer and cold winter. Frost formation is frequent with eventual snowfall. The entire region is subject to constant and intense fogs, and prevailing winds are E/SE/NE (BACKES, 1999). The average temperature, obtained from the meteorological station at FLONA, for the coldest month (June/2015), was 11.5 °C, and for the hottest month (January/2015) it was 20.7 °C (trial period - August 2014 to July 2015).

The Brazilian System of Soil Classification (SBCS) classifies soils found in FLONA as Aluminic Humic Cambic, Ferric Argiluvic Chernosolic, and Eutrophic Lithic Neosol (STRECK et al., 2002). According to soil analysis (0-40 cm), rescue location features the following chemical attribution: pH: 4.6; SMP index: 4.5; Ca: 2.44; Mg: 0.62; Al: 7.2; H+Al: 25.9; effective CTC: 10.5; O.M.: 3.6%; O.C.: 2.1%; Clay: 26%; P (Mehlich): 3.2; K: 124; K: 0.32; Cu (Mehlich): 1.0; Zn (Mehlich): 1.9; Fe (Mehlich): 30.3; and Mn: 25.2.

The area is part of a sequoia plantation carried out between 1974 and 1975 (no correct definition date). Planted seedlings were originated from seeds from California (USA). Of the original plantation (approximately 50 plants, observed through spacing), 24 trees survived, which were used for the vegetative rescue experiment, plus three trees (A100, A227 and A228) located at FLONA, which were also used in the experiment of rooting in the different seasons.

Total height (h) of all trees and the diameter at breast height (DBH) were measured using a Vertex IV hypsometer and a tape measure, respectively. Individuals used for genetic rescue had an average DBH of 52.3 cm (11.6 - 95.6 cm), and an average height of 26.4 m (11.7 - 37.3 m).

The rescue experiment was laid out in a 6 (factor A) x 4 (factor D) factorial scheme. Factor A constituted by the rescue procedure with the following treatments: T1 (-10 cm, girdling); T2 (-10 cm, semi-girdling); T3 (0 cm, girdling); T4 (0 cm, semi-girdling); T5 (30 cm, girdling) and T6 (30 cm, semi-girdling) and factor D constituted by the four collections performed at 90, 150, 240, and 360 days, after girdling and semi-girdling. Each treatment of

factor A constituted of four repetitions for each tree, each. D factor (time of collection) was evaluated in the same tree, in each collection. Trees were selected for treatment systematically, to minimize differences in soil and selection of stock plant, for certain treatments.

Girdling and semi-girdling were performed by cutting two transverse lines, on the trunk of each selected tree, with a chainsaw, cutting only the thickness of the bark. Later, with the aid of a carpenter chisel and machete, a 2 cm wide ring of bark was extracted between the lines, carefully not to damage the main trunk. In girdling, 100% of the trunk bark circumference was removed (Figure 1a); in semi-girdling, 50% of the bark was removed. In the -10 cm deep treatment the ground was excavated with a hoe around the circumference to be girdled (50 or 100%) (Figure 1b).

FIGURE 1 - A) GIRDLING; B) CLEANING THE GROUNDS TO APPLY TREATMENT -10 CM DEEP; C) SHOOTS OF *Sequoia sempervirens*, 90 DAYS AFTER GIRDLING, SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS (BRAZIL).



SOURCE: The author (2018).

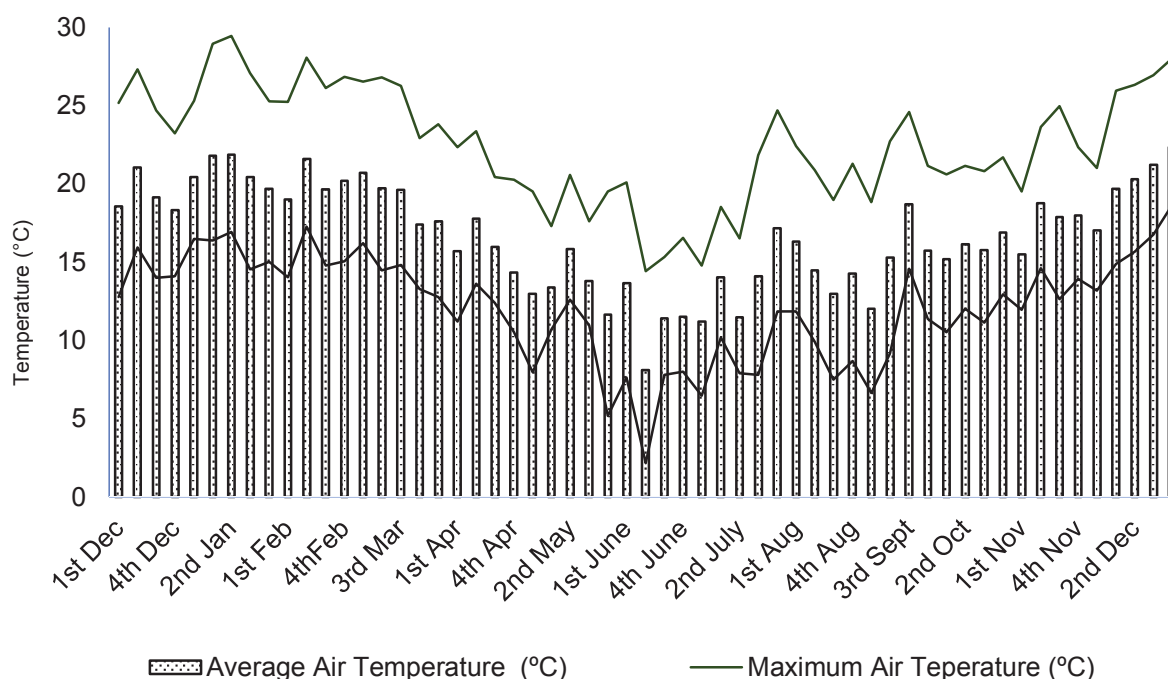
Rescue procedures occurred in September 2014. Evaluations began 90 days after counting the percentage of budded trees (Figure 1c), and the number of shoots per budded tree. The percentage of stock plants that produced shoots, in the four collections, and the average number of shoots, per collections in different stock plants, were also measured. Evaluations were carried out in four periods: 90, 150, 240, and 360 days, after treatment procedures.

#### 3.4.2 Rooting of cuttings of different stock plants

In each evaluated period (90, 150, 240, and 360 days), shoots from the previous experiment (rescue) plus the three stock plants (A100, 227 and A228 - applied girdling at 30 cm) were collected and transported, in styrofoam box containing ice in the bottom, covered by sheets of moistened paper with water, to the Forestry Nursery of the Agroveterinarian Science Centre of the State of Santa Catarina University (UDESC).

Figure 2 shows the weekly data for the minimum, medium, and maximum temperature, for the duration of the experiment (early December 2014 to late December 2015), for the municipality of Lages, SC, according to the meteorological station of EPAGRI-CIRAM.

FIGURE 2 – MEDIUM, MINIMUM, AND MAXIMUM WEEKLY AVERAGE AIR TEMPERATURE, BETWEEN EARLY DECEMBER 2014 AND LATE DECEMBER 2015, IN LAGES, SC. DATA PROVIDED BY EPAGRI-CIRAM.



SOURCE: The author (2018).

In the Forestry Nursery, cuttings were prepared with ten centimeters long shoot sections. The basal portion received a bevel cut, and the upper portion was incised crosswise, preserving a couple of acicular leaves, cut in half. For phytosanitary treatment the cuttings were dipped 5 minutes in 2 liters of sodium hypochlorite solution (1.5% active chlorine); followed by immersion in water for 5 minutes; and, then, immersion in fungicide (Benomyl active ingredient at 5%), for 5 minutes.

For the rooting of the cuttings, rescue treatments were not kept, because some stock plants hardly produced material (shoots) for rooting. Thus, treatments were composed by different stock plants, variables in each collection depending on the seasonality of production. Only stock plants with a minimal amount of shoots (100 shoots) were selected. A completely randomized design was used, with 10 repetitions of 10 shoots each. The following individuals were selected as stock plants (treatments) by collection: 1st collection - 7 stock plants (A113;



A228; A140; A138; A136; A227; and A127); 2nd collection - 10 stock plants (A135; A117; A136; A126; A140; A228; A133; A131; A100; and A129); 3rd collection - 10 stock plants (A127; A113; A228; A140; A100; A138; A115; A116; A117; and A129); and 4th collection - 10 stock plants (A127; A140; A100; A227; A228; A117; A131; A130; A126; A138; A136; and A116).

Shoots were placed in 180 cm<sup>3</sup> tubes of polypropylene, containing medium granulometry vermiculite and commercial substrate (1:1 v/v). The substrate was used (according to the manufacturer), it is composed of peat, expanded vermiculite, pinus bark, and charcoal). The features described on the product packaging are: pH = 6.0 ( $\pm$  0.5); electrical conductivity = 0.7 ( $\pm$  0.3) mS.cm<sup>-1</sup>; density = 500 kg.m<sup>-3</sup>; water holding capacity - WHC (p/p) = 150%; and maximum humidity (p/p) = 50%. The distended vermiculite was of medium granulometry, with pH = 7.0 ( $\pm$  0.5); electrical conductivity = 0.7 ( $\pm$  0.5) mS.cm<sup>-1</sup>; density = 80 kg.m<sup>-3</sup>; water retention capacity – WRC = 60%; and maximum humidity = 10%. No vegetal regulator to induce rooting, of any kind, was used.

Trays containing the tubes with the cuttings were placed in a mini-tunnel, with plastic cover, inside a shadow structure. The temperature inside the mini-tunnel varied between 20 and 32 °C (variable according to the season - there was no temperature control), and relative air humidity remained above 80%, with micro-sprinkling irrigation during 5 minutes, 5 times a day.

For all collections, evaluations were performed 120 days after staking, evaluating survival percentage, the percentage of rooted cuttings, and the number of roots by rooted cutting. Cuttings with live wood, old leaves, or young buds, were considered survivors, rooted or not. The percentage of rooted cuttings was based on the total, and not only on surviving. A cutting was considered rooted with the induction of early roots of at least 1 mm in length.

After checking data normality with the Kolmogorov Smirnov test, and homogeneity with the Bartlett test, variance analysis was performed. When necessary, data were transformed by the function  $(x+0.5)^{0.5}$  and the means were compared by the Scott-Knott test, at 5% probability.

In the evaluations involving stock plants, analysis of REML/BLUP components was performed. The genetic mean and the variance components were computed with Selegen (RESENDE, 2007), based on model 83 for experiments in a completely randomized design, clone test and one plant per plot. The analysis generated estimates of the following genetic parameters:  $V_g$ : genetic variation among stock plant and  $h^2g$ : average heritability of among stock plant.



### 3.5 RESULTS

#### 3.5.1 Rescue of vegetative material

The percentage of trees that exhibited budding did not show significant interaction ( $p=0.99$ ) with the rescue procedure (height and shape of girdling), and with the collection periods. There were only differences between rescue procedures ( $p < 0.0001$ ) which did not occur between collections ( $p = 0.96$ ). Concerning collections, trees that obtained shoots on the first observation (90 days), also presented the same in all other (Table 1). Rescue procedure influenced the percentage of budded trees, in T2 and T5 treatments it was verified that 100% of trees budded in all collections (Table 1). Treatment T1 obtained the lowest average of budded trees (31%).

TABLE 1 - PERCENTAGE OF TREES THAT PRESENTED BUDDING IN DIFFERENT MOMENTS OF THE COLLECTION, DEPENDING ON THE RESCUE TECHNIQUE IN *Sequoia sempervirens*, IN THE MUNICIPALITY OF SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.

Rescue	Collection (days)				Average
	90 days (1st collection)	150 days (2nd collection)	240 days (3rd collection)	360 days (4th collection)	
T1 (-10 cm, girdling)	25	25	25	50	31 c*
T2 (-10 cm, semi-girdling)	100	100	100	100	100 a
T3 (0 cm, girdling)	75	75	75	75	75 b
T4 (0 cm, semi-girdling)	75	100	75	75	81 b
T5 (30 cm, girdling)	100	100	100	100	100 a
T6 (30 cm semi-girdling)	75	75	75	75	75 b
Average	75	79	75	79	-

\* Averages followed by the same low case letter in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test, with a 5% probability of error. CV = 31.2%.

SOURCE: The author (2018).

There was also no interaction on the average number of shoots per tree ( $p=0.95$ ) among factors, but there was an effect on rescue ( $p=0.0145$ ) and collection procedure ( $p=0.0152$ ). Same result on the percentage of budded trees, treatments T2 and T5 presented the best results, with an average number of 12 to 14 buds by collection for both treatments. Treatment T1 had virtually no budded trees (0.8 shoots) (Table 2).

TABLE 2 – AVERAGE NUMBER OF BUDS PER TREE, ACCORDING TO COLLECTIONS AND RESCUE TECHNIQUE OF *Sequoia sempervirens* SHOOTS, IN THE MUNICIPALITY OF SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.

Rescue	Collection (days)				Average
	90 days (1st collection)	150 days (2nd collection)	240 days (3rd collection)	360 days (4th collection)	
T1 (-10 cm, girdling)	0.7	0.7	0.5	1.2	0.8 c*
T2 (-10 cm, semi-girdling)	11.7	18.7	8.5	19.3	14.5 a
T3 (0 cm, girdling)	8.8	7.5	7.0	12.0	8.8 b
T4 (0 cm, semi-girdling)	1.0	6.7	7.0	13.8	7.1 b
T5 (30 cm, girdling)	4.5	15.5	15.2	16.5	12.9 a
T6 (30 cm, semi-girdling)	4.0	5.0	6.0	10.0	6.2 b
Average	5.1 C*	9.0 B	7.4 B	12.2 A	-

\* Averages followed by the same capital letter in the line, and lower case in the column, do not differ among themselves by the Scott-Knott test, with a 5% probability of error. CV = 32.7%.

SOURCE: The author (2018).

In relation to the stock plants with shoots in the four collections, 70% stock plants with shoots in all the collections, and 16.7% did not sprout (Table 3). It is worth mentioning the good result obtained by stock plants A135, A140, and A138, which produced more than 20 shoots per collection.

TABLE 3 – PERCENTAGE OF STOCK PLANTS THAT PRODUCED SHOOTS IN FOUR COLLECTIONS, AND AN AVERAGE NUMBER OF SHOOTS PER COLLECTION IN DIFFERENT STOCK PLANTS OF *Sequoia sempervirens*, IN THE MUNICIPALITY OF SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.

Stock plant/treatment	% of collection with shoot emissions	Number of shoots
A135/T2	100 a*	51.2 a
A140/T5	100 a	34.2 b
A138/T2	100 a	22.5 c
A117/T3	100 a	18.5 c
A131/T3	100 a	18.0 c
A126/T5	100 a	16.2 c
A129/T4	100 a	14.0 c
A113/T4	100 a	12.2 d
A116/T6	100 a	10.5 d
A132/T6	100 a	9.0 d
A127/T5	100 a	9.0 d
A136/T3	100 a	7.7 d
A115/T6	100 a	7.5 d
A133/T2	100 a	3.0 e
A130/T5	100 a	2.2 e
A125/T1	75 a	2.2 e
A128/T4	100 a	2.0 e

to be continued...

...continuing		
A139/T2	100 a	1.5 e
A118/T1	50 b	1.0 e
A114/T4	25 b	0.2 e
A119/T6	0 c	0.0 e
A137/T1	0 c	0.0 e
A112/T1	0 c	0.0 e
A134/T3	0 c	0.0 e
MS	62.86 <sup>1</sup>	615.10 <sup>1</sup>
V <sub>g</sub>	14.82	124.01
h <sup>2</sup> <sub>g</sub>	0.806	0.510
CV%	24.1	45.6

\* Averages followed by the same low case letter in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test, with a 5% probability of error. MS (mean square) stock plant, V<sub>g</sub>: genetic variation among stock plant. h<sup>2</sup><sub>g</sub>: average heritability of among stock plant. Significance levels representation: ns for non-significant; <sup>1</sup> for P < 0.05 SOURCE: The author (2018).

### 3.5.2 Rooting of cuttings of different stock plants

The first collection of cuttings (held in December), for the propagation of sequoias, with material from the rescue experiment, showed significant differences, in all analyzed variables of seven observed stock plants (Table 4). Cutting survival was higher than 75% for all stock plants, particularly A113 and A228 with 100%, though not differing from A140 and A138. Rooting in stock plant A113 also called attention, being the only one with 100%, and with a high number of roots (10.4). With the exception of A227 and A127, which showed low rooting rates (less than 40%); all other presented rooting rates in excess of 80%. As for the number of roots, A127 presented the highest average, despite the lower rate of survival and rooting.

For the second collection, in which 10 stock plants were evaluated, a great variation in cutting survival was present, with values between 16.7% (A129) to 100% (A117 and A135) (Table 4). Different patterns between stock plants were also observed for rooting, ranging from 0% (A129) to 76.9% (A117). The number of roots showed a variation between 1.9 (A117) and 3.9 (A140).

In the third collection, 10 selected stock plants were used, again a great variation was observed among individuals in the assessed variables (Table 4). In general, survival was high, with values varying between 61% and 100%. In fact, only stock plant A129 presented an average lower than 70%. Stock plant A129 did not produce any cuttings with the presence of roots, similar to what was observed in the 2<sup>nd</sup> collection, yet average rooting was over 60%, considering all stock plants. Stock plant A100 stood out, with more than 90% rooting. The

number of roots ranged from 1.3 to 7.7, providing good root formation for most of the stock plants.

It was possible to evaluate the rooting experiment with a larger number of stock plants (12) in the fourth collection. Although producing shoots (Table 3), some stock plants did not obtain sufficient quantity for use in rooting experiments. Survival in this collection was almost 90%, with a positive highlight for A127, and negative for A116 (Table 4). For rooting, the overall average was 69.0%, with values varying between 15.4% (A126) and 98.0% (A127). The number of roots, following the example of other collections, presented a wide variation between stock plants (1.4 to 8.5).

TABLE 4 - SURVIVAL (%), ROOTING (%), AND A NUMBER OF ROOTS ON CUTTINGS OBTAINED BY VEGETATIVE RESCUE (1ST COLLECTION - 90 DAYS, 2ND - 150 DAYS, 3RD - 240 DAYS, 4RD - 360 DAYS) OF *Sequoia sempervirens*, FOR DIFFERENT STOCK PLANTS, AFTER 120 DAYS AFTER CUTTING, LAGES, SC.

Days	Stock plants	Variable			Days	Stock plants	Variable		
		Survival %	Rooting %	number of roots			Survival %	Rooting %	number of roots
90	A113	100.0 a*	100.0 a	10.4 b	240	A127	100.0 a*	81.2 a	4.8 b
	A228	100.0 a	85.6 a	5.1 c		A113	100.0 a	50.0 b	3.3 b
	A140	93.8 a	80.9 a	7.7 b		A228	98.5 a	59.7 b	5.0 a
	A138	93.0 a	86.1 a	5.4 c		A140	98.2 a	89.1 a	7.7 a
	A136	85.7 b	85.7 a	7.3 b		A100	94.3 a	91.4 a	3.0 b
	A227	84.4 b	36.2 b	2.4 c		A138	93.9 a	30.3 c	1.8 c
	A127	75.1 b	25.0 b	16.8 a		A115	87.5 a	87.5 a	3.8 b
	MS	0.625 <sup>1</sup>	1.685 <sup>1</sup>	204.158 <sup>1</sup>		A116	85.7 a	28.5 c	3.0 b
	V <sub>g</sub>	0.416	6.802	20.372		A117	71.4 b	71.4 a	3.8 b
	h <sup>2</sup> <sub>g</sub>	0.076	0.317	0.754		A129	61.1 b	0.0 d	- <sub>0</sub>
	-	-	-	-		MS	0.320 <sup>1</sup>	2.244 <sup>1</sup>	89.174 <sup>1</sup>
	-	-	-	-		V <sub>g</sub>	2.351	9.486	31.342
	-	-	-	-		h <sup>2</sup> <sub>g</sub>	0.056	0.403	0.874
	CV%	23.7	28.4	31.5		CV%	23.1	37.8	29.3
	General average	94.4%	78.9%	6.5		General average	94.2	62.2	5.1
150	A135	100.0 a*	74.1 a	2.6 b	360	A127	100.0 a*	98.0 a	8.5 a
	A117	100.0 a	76.9 a	1.9 c		A140	95.2 a	75.2 a	7.6 a
	A136	93.7 a	68.7 a	3.4 a		A100	94.7 a	78.9 a	5.4 a
	A126	91.7 a	37.5 c	3.1 a		A227	94.4 a	46.5 c	3.0 b
	A140	81.7 b	67.7 a	3.9 a		A228	89.4 a	63.1 b	3.7 b
	A228	80.1 b	67.4 a	2.5 b		A117	88.9 a	77.8 a	3.9 b
	A133	76.7 b	48.3 b	2.1 c		A131	84.6 a	76.9 a	4.1 b
	A131	66.7 b	50.0 b	2.7 b		A130	83.3 a	83.3 a	5.5 a
	A100	25.7 c	22.8 c	2.4 b		A126	76.9 b	15.4 d	1.4 c
	A129	16.7 c	0.0 d	- <sub>0</sub>		A138	54.5 c	45.4 c	2.9 b
	MS	1.677 <sup>1</sup>	1.338 <sup>1</sup>	22.125 <sup>1</sup>		A136	44.4 c	44.4 c	2.7 b
	V <sub>g</sub>	0.004	1.423	0.378		A116	42.8 c	42.8 c	3.1 b
	h <sup>2</sup> <sub>g</sub>	0.002	0.069	0.100		MS	0.625 <sup>1</sup>	1.684 <sup>1</sup>	74.263
	-	-	-	-		V <sub>g</sub>	0.911	3.582	11.958
	-	-	-	-		h <sup>2</sup> <sub>g</sub>	0.053	0.204	0.429
CV%	19.5	17.9	30.6	CV%	34.3	38.5	20.1		
General average	70.1	60.4	3.1	General average	87.7	69.0	4.3		

\* Averages followed by the same low case letter in the column do not differ among themselves by the Scott-Knott test, with a 5% probability of error. MS (mean square) stock plant, V<sub>g</sub>: genetic variation among stock plant. h<sup>2</sup><sub>g</sub>: average heritability of among stock plant. Significance levels representation: for non-significant, <sup>1</sup> for P < 0.05. SOURCE: The author (2018).

## 3.6 DISCUSSION

### 3.6.1 Rescue of vegetative material

Depending on the rescue procedure, there was a difference in the percentage of budded trees, with 100% for treatments T2 (-10 cm, semi-girdling) and T5 (30 cm, girdling), and a smaller rate for T1 (-10 cm, girdling). Although there was a significant difference, it is difficult to establish which treatment is superior, since there was no observable trend of increase or decrease of budding related to the height or procedure of rescue (girdling or semi-girdling). Possibly this result is related to the genotypic capacity to issue buds.

It is worth mentioning that, regardless of the treatment, the high number of budded trees (on average 75%) showed the vegetative rescue potential of the species, through girdling or semi-girdling. This result confirms the sequoia capacity to produce shoots (LUNA, 2008). Epicormic shoots are common in some conifers such as *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Mirb.), Franco (COLLIER and TURNBLOM, 2001); *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. (DEAL et al., 2003); *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchh. (O'HARA et al., 2008), among others.

In adults, the spread by vegetative means may be highly influenced by the age of the trees, reflected on the ease or difficulty of rooting, making it necessary to use methods of rejuvenation. The effect of physiological maturity increases with age (cyclophysis), or with the position in the tree (topophysis) (OSTERC, 2009), with greater juvenility in the base of the trees (PIJUT et al., 2011), reinforcing the need for rescue as close as possible to the ground. The maturation process is also variable, depending on the genetic control of each individual (CLIMENT et al., 2013), implying in the process of rescue and budding capacity.

A similar behavior was observed in the number of shoots in relation to the percentage of budded trees. In regard as to the number of budded trees, despite differences between rescue treatments, it is difficult to establish a relationship between the best height for girdling or semi-girdling.

This result is possibly attributed to the genetic effect since the heritability between the stock plants for the number of shoots was high (0.510). The dendrometric variables did not show significance in the Pearson correlation between the variable response total number of buds and DBH ( $p=0.855$ ) and height ( $p=0.932$ ). This same effect (genetic cause) could be proved by the results of shoots per tree stock plant, where these patterns correspond to those reported by Meason et al. (2016), which concluded there is high genetic diversity in *Sequoia sempervirens*, which include influencing epicormic budding. In the same sense, Burrows et al. (2010) mention

the genetic effect, in obtaining epicormic buds, which is usually caused by responses to stress or luminosity effect.

Between the stock plants that presented budding in all the collections and with an average number higher than 10 (A135 stock plant through A116), with the exception of T1, all treatments have a stock plant with a high number of buds. O'Hara and Berrill (2009) reported that there is a clonal effect on the budding capacity in sequoias, influencing the development of these buds, which corroborates the results of this study. The same authors also comment that environmental conditions, such as incident light and competition with nearby individuals, affect the vigor of the bud.

The results obtained demonstrate the potential for rescue by methods employed and, for many stock plants, with a high number of shoots, as noted in A135, A140, and A138. These three individuals, besides producing many shoots, also presented good dendrometric features: A135 (dbh = 59.6cm; h = 36.5m); A140 (dbh = 67.5cm; h = 28.1m); and A138 (dbh = 51.9cm; h = 25.5m). However, it is necessary to check the rooting of these materials to verify their potential for clone fixation, and, later, experimental planting in the field aiming to verify the adaptation and growth of the sequoia in Brazil.

### 3.6.2 Rooting of cutting of different stock plants

In relation to rooting of cuttings, there was a high variation between stock plants (25 - 100%), with an average close to 80%. Similar results were observed by Ramos-Vilches (2004), with differences in rooting (20.5 to 63.5%) in different stock plants of 2.5-year-old *Sequoia sempervirens*, using apical cuttings. Navroski et al. (2015) working with sequoia cutting obtained variation between 40 and 80% of rooting, however without considering the effect of stock plants.

An important point to be highlighted in this study is the use of cuttings from trees over 40 years old, in which the morphogenetic capacity for rooting is reduced by age (WADE et al., 2014). Thus, one can consider the rooting results satisfactory, mainly for specific clones.

Concerning the number of roots, with the exception of stock plant A227, all others presented a well-formed root system. In stem cuttings, besides rooting percentage, the number of roots formed per cutting is one of the most important variables in quality seedling production (LIMA and OHASHI, 2016). Better results for this variable indicate that seedlings formed later will have a better development since a better root system will result in greater chances of survival, when transplanted to the field (REIS et al., 2000).



Adventitious rooting is a feature with significant correlation with the genetic component (BORGES et al., 2011); this can be verified in this study with values of heritability ( $h^2_g$ ) close to 0.40 in some collections for rooting percentage and 0.80 for root numbers. Corroborating these data, Dantas et al. (2016) comment that the genotype is one of the factors that strongly influence rooting and that there is a great variation among species, cultivations, and clones in relation to the greater or lesser natural ability to form roots.

Good rooting results also demonstrate the feasibility of the vegetative rescue technique, through invigoration by means of girdling or semi-girdling at the tree base. There is a greater success in rooting with the use of juvenile material, in comparison to more adult material (MCMAHON et al., 2014). This difference may be related to different auxin transport mechanisms and less lignification of tissues (OSTERC and ŠTAMPAR, 2011). Luna (2008), working with sequoia individuals, less than 10 years old, and shoots collected from the apex and apical buds, obtained 30 to 35% rooting rates, lower than this study.

The use of shoots obtained from rescue, through girdling or drastic pruning, generates basic juvenile morphological and physiological characteristics (for the recovery of cell competence, and consequent rooting) such as reduced lignification and high exchange activity, resulting from the most active growth phase (LIMA et al., 2011; WENDLING et al., 2013), thus ensuring the expression of genetic potential of the selected material.

The good rooting rate, for shoots of the first collection in most stock plants, is also related to the propitious period for cutting (December), with high luminosity, an average air temperature close to 20 °C (Figure 2), average daytime temperature in the minitunnel between 25 and 32 °C (summer), and relative air humidity greater than 90% (readings performed inside the propagation box without defined periodicity).

Rooting observed in the second collection was lower than in the first, probably due to the decrease in temperature and luminosity for the period (late March, April and May) (Figure 2) when the greatest cell differentiation begins to occur (after 30 days cutting). However, good rooting rates were achieved by cuttings from some stock plants (>65%) for the season, mainly A117. Stock plant A129 did not present any rooted cuttings, reinforcing the probable genetic effect on rooting. Note that stock plant A117 exhibited the highest percentage of rooting and the lowest formation of roots. The negative relationship between rooting percentage and root number might be observed in the first collection, where the stock plant with a lower percentage of rooting showed the highest number of roots. Therefore, it is necessary to verify the development of the sapling, so as not to impair its quality and survival, during acclimatization and transplant.

Despite the rooting process of the third collection having occurred during the cold period (May-August) (Figure 2), rooting rates similar to those of the second one (close to 60%) with good root formation were observed for most of the stock plants. This demonstrates that the species has the potential to take root during colder periods, and, depending on the stock plant, with practically the same success rate compared to spring/ summer, a more favorable period for root production and growth (MARANGON and BIASI, 2013). According to Trueman et al. (2013), the temperature is one of the most important factors for rooting of cuttings, especially in species of the genus *Eucalyptus*, which require temperatures between 25 and 30 °C. However, for sequoias, this influence can be minimized since the species is native to a colder region. This feature allows working stem cuttings with lower environmental control of the rooting area (no heating).

On the fourth collection, the overall survival average was lower than the autumn/winter collection, this may be related to the period of higher temperatures (Figure 2) and, consequently, greater loss of stakes. As well as in the second collection, there was great mortality in some stock plants, reducing the overall average. In this evaluation rooting was close to 70%, with a highlight for stock plant A127 with the greater survival rate, rooting, and a number of roots (not differing from other stock plants) (Table 4), similar to what occurred in the third collection (Table 4). Despite this, in the first collection, this stock plant presented the lowest survival rate and rooting. The differences observed are likely to occur because of hormonal changes occurred after the rescue process, due to stress caused to the tree (WENDLING et al., 2014, STUEPP et al., 2017), and also by genetic interactions with the environment, resulting in differences in rooting caused by the period of collection.

The induction of new shoots, by felling trees, or girdling, is one of the main techniques used for the partial reversal of maturation in juvenility in cultivated forest species. Continuous pruning of shoots, in clonal mini gardens, is the common base for clonal forestry of some species, mainly of the genus *Eucalyptus* (XAVIER et al., 2013). The same technique can be used for sequoias since the species possess the potential for rescue through girdling, and good levels of rooting of cuttings. The high increase in timber production in some countries, with a similar climate to southern Brazil, presents an encouraging scenario for the cultivation of the species. These results will be tested in the field planting with clones rescued in this experiment.

### 3.7 CONCLUSIONS

The vegetative rescue of *Sequoia sempervirens*, through girdling or semi-girdling, is effective to produce shoots; it is not possible to define the best method, mainly due to the genetic effect between stock plants.

The rooting of cuttings of the vegetative rescue material presents good results (average >65%), also with a great difference between stock plants.

Different periods for stem cutting alter the rooting potential of cuttings; however, good rooting rates were obtained in all seasons of the year, with a higher rate in summer - first collection (79%).

### 3.8 REFERENCES

- BACKES, A. Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Brasil — II. **Botânica**, n. 19, p. 31-51. 1999.
- BOE, K. N. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. In: Schopmeyer CS (ed) **Seeds of woody plants in the United States**. Agriculture handbook 450. USDA Forest Service, Washington, DC, USA, 1974.p. 764 -766.
- BORGES, S. R.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; MELO, L. A.; ROSADO, M. A. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.
- BURROWS, G. E.; HORNBY, S. K.; WATERS, D. A.; BELLAIRS, S. M.; PRIOR, L. D.; BOWMAN, D. M. J. S. A wide diversity of epicormic structures is present in Myrtaceae species in the northern Australian savana biome—implications for adaptation to fire. **Australian Journal of Botany**, v. 58, n.6, p. 493–507. 2010.
- CLIMENT, J.; DANTAS, A. K.; ALIA, R.; MAJADA, J. Clonal variation for shoot ontogenetic heteroblasty in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). **Trees**, n. 27, p. 1813–1819. 2013.
- COLLIER, R. L.; TURNBLOM, E. C. Epicormic branching on pruned coastal Douglas fir. **Western Journal of Applied Forestry**, v. 16, n.2, p. 80–86. 2001.
- COWN, D. Redwood in New Zealand - an end-user perspective. **NZ Journal of Forestry**, v. 52, n. 4, p. 35–41, 2008.
- COWN, D.; MCKINLEY, R. B. Wood properties of 38-year-old redwood from Mangatu forest. **NZ Journal of Forestry**, v. 54, n. 2, p. 25–32, 2009.
- DANTAS, A. K., MAJADA, J.; DANTAS, F. K.; DELATORRE, C.; GRANDA, V.; LALLEJO, P.; FEITO, I. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Castanea sativa* Mill. **Revista Árvore**, v.40, n.3, p.465-475, 2016.

DEAL, R. L.; BARBOUR, R. J.; MCCLELLAN, M. H.; PARRY, D. L. Development of epicormic sprouts in Sitka spruce following thinning and pruning in south-east Alaska. **Forestry**, v. 76, n.4, p. 401–412. 2003.

HUNT, M. A.; TRUEMAN, S. J.; RASMUSSEN, A. Indole-3-butyric acid accelerates adventitious root formation and impedes shoot growth of *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* cuttings. **New Forest**, v.41, p.349-360, 2011.

LIMA, D. M.; BIASI, L. A.; ZANETTE, F.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; BONA, C.; MAYER, J. L. S. Capacidade de enraizamento de estacas de *Maytenus muelleri* Schwacke com a aplicação de ácido indol butírico relacionada aos aspectos anatômicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n.4, p.422-438, 2011.

LIMA, C. C.; OHASHI, S. T. Substrato no enraizamento de estacas provenientes de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. **Enciclopédia biosfera**, v.13 n.23; p. 1271-1282. 2016.

LUNA, T. Vegetative propagation of coastal redwood (*Sequoia sempervirens* (Lamb. ex D. Don) Endl.). **Native Plants Journal**, Washington, v. 9, n. 1, p. 25 - 28. 2008.

MAJADA, J.; MARTÍNEZ-ALONSO, C.; FEITO, I.; KIDELMAN, A.; ARANDA, I.; ALÍA, R. Minicuttings: an effective technique for the propagation of *Pinus pinaster*. **New Forest**, v.41, p.399-412, 2011.

MARANGON, M. A.; BIASI, L. A. Estaquia de mirtilo nas estações do ano com ácido indolbutírico e aquecimento do substrato. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48, n.1, p.25-32, 2013.

MCCMAHON, T. V.; HUNG, C. D.; TRUEMAN, S. J. Clonal maturation of *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* is delayed by minimal-growth storage. **Australian Forestry**, n. 77, p. 9–14. 2014.

MEASON, D. F.; KENNEDY, S. G.; DUNGEY, H. S. Two New Zealand-based common garden experiments of the range-wide ‘Kuser’ clonal collection of *Sequoia sempervirens* reveal patterns of provenance variation in growth and wood properties. **New Forests**, v. 47, n. 4, p. 638-651, 2016.

MEIER, A. R.; SAUNDERS, M. R.; MICHLER, C. H. Epicormic buds in trees: a review of bud establishment, development and dormancy release. **Tree Physiology**, n. 32, p. 565–584. 2012.

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

NAVROSKI, M. C.; PEREIRA, M. O.; HESS, A. F.; SILVESTRE, R.; ÂNGELO, A. C.; FAZZINI, A. J.; ALVARENGA, A. A. Resgate e propagação vegetativa de *Sequoia sempervirens*. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 383 – 392, 2015.

O'HARA, K. L.; YORK, R. A.; HEALD, R. C. Effect of pruning severity and timing of treatment on epicormic sprout development in giant sequoia. **Forestry**, v. 81, p. 103–110. 2008.

O'HARA, K. L.; BERRILL, J. P. Epicormic sprout development in pruned coast redwood: pruning severity, genotype, and sprouting characteristics. **Annals of Forest Science**, v. 66, p. 409 – 417, 2009.

OLSON, D. F.; ROY, D. F.; WALTERS, G. A. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. redwoods. In BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. [eds.], **Silvics of North America**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook. p. 541 - 551. 1990.

OSTERC, G. A. change in perspective: stock plant qualities that influence adventitious root formation of woody species. In: NIEMI, K.; SCAGEL, C. **Adventitious root formation of forest trees and horticultural plants – from genes to applications**. Kerala: Research Signpost; p. 175–85. 2009.

OSTERC, G.; ŠTAMPAR, F. Differences in endo/exogenous auxin profile in cuttings of different physiological ages. **Journal of plant physiology**, v. 168, n.17, 2088–2092, 2011.

PALMER, D. J.; WATT, M. S.; KIMBERLEY, M. O.; DUNGEY, H. S. Predicting the spatial distribution of *Sequoia sempervirens* productivity in New Zealand. **New Zealand Forest Research Institute Limited**. n 42, p. 81–89, 2012.

PIJUT, P. M.; WOWSTE, K. E.; MICHLER, C. H. Promotion of adventitious root formation of difficult to root hardwood tree species. **Horticultural Reviews**, v. 38, p. 213–251. 2011.

RAMOS-VILCHES, M. A. R. Propagación vegetativa de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. através de estacas. Universidad Austral de Chile – Trabalho de conclusão de curso. 98 pg. 2004.

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**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 931 - 938, 2000.

RESENDE, M. D. V. de. **Selegen-Reml/Blup: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Embrapa Florestas, 2007, 359p.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; GIASSON, E. & PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 107p.

STUEPP, C. A.; WENDLING, I.; TRUEMAN, S. J.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. The Use of Auxin Quantification for Understanding Clonal Tree Propagation. **Forests**, n. 8, v. 27, p. 1-15. 2017.

STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; BONA, C. Vegetative propagation of mature dragon trees through epicormic shoots. **Revista Bosque**, v.35, n.3, p.333-341, 2014.

VILLANUEVA, J. Durabilidad natural de la madera de *Sequoia sempervirens* ((D. Don) Endl.), frente al ataque de hongos xilófagos. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 1-7 p. 1995.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; BIASSIO, A.; DUTRA, L. F. Vegetative propagation of adult *Ilex paraguariensis* trees through epicormic shoots. **Acta Scientiarum**, v.35, n.1, p.117-125, 2013.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry, part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v.1, p.1-14, 2014.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2013. 279 p.

## 4 ENRAIZAMENTO DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DO PADRÃO DE MINIESTACAS, SUBSTRATOS E UTILIZAÇÃO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO EM DIFERENTES CLONES

### 4.1. RESUMO

*Sequoia* é uma espécie conhecida pela qualidade superior de sua madeira, sendo a produção de mudas por miniestaquia uma alternativa viável. O objetivo do trabalho foi avaliar a posição de coleta, presença ou ausência de folhas aciculares em miniestacas de *Sequoia sempervirens*, além da produção de mudas sob cultivo em diferentes substratos e utilização de AIB. Foram utilizadas miniestacas de diferentes clones, oriundas de minijardim clonal. Para o padrão de miniestacas utilizou-se diferentes posições de coleta (basal, intermediária e apical) na presença ou ausência de folhas aciculares, avaliando-se um clone. Em relação aos substratos, observou-se o comportamento de três clones e quatro substratos de marcas comerciais. Para o emprego de regulador de crescimento utilizou-se um clone e seis concentrações de AIB (de 0 mg L<sup>-1</sup> a 5000 mg L<sup>-1</sup>). O material foi colocado para enraizar em estufim e avaliado aos 90 dias. Todos os experimentos foram instalados em delineamento inteiramente casualizado, com posterior avaliação da porcentagem de sobrevivência; porcentagem de miniestacas com calos; porcentagem de miniestacas enraizadas e número de raízes emitidas por miniestaca enraizada. Miniestacas apicais com folhas aciculares apresentaram os melhores resultados para sobrevivência (96%) e enraizamento (94%); miniestacas basais sem folhas aciculares obtiveram baixo enraizamento (10%). Houve considerável variação de enraizamento entre os substratos (66 a 100%) e o número de raízes foi mais influenciado pelo clone utilizado. Os melhores resultados foram observados naqueles com componentes mais orgânicos. O emprego de AIB na miniestaquia não foi significativo para nenhuma das variáveis analisadas. Miniestacas coletadas em porções apicais com presença de folhas aciculares são mais indicadas para trabalhos com a espécie. Para a seleção do melhor substrato deve-se observar o efeito clonal. A utilização de AIB não influenciou positivamente o enraizamento de miniestacas, não sendo recomendado o seu uso.

Palavras-chave: miniestaquia, propagação vegetativa, enraizamento, AIB, silvicultura clonal.

### 4.2 ABSTRACT

*Sequoia* is a species known for the superior quality of its wood and cutting production by minicutting is a viable alternative. The objective of this work was to evaluate the position of collection, presence or absence of acicular leaves in minicuttings of *Sequoia sempervirens*,



besides the production of cuttings under cultivation in different substrates and use of IBA. Minicuttings of different clones were used, originating from clonal mini-stumps. For the minicut pattern, different collection positions (basal, intermediate and apical) in the presence or absence of acicular leaves, being evaluated a clone. In relation to the substrates, the behavior of three clones and four substrates of commercial brands was observed. For the use of growth regulator, a clone and six concentrations of IBA (from 0 mg L<sup>-1</sup> to 5000 mg L<sup>-1</sup>) were used. The material was placed to be rooted in mini-tunnels and evaluated at 90 days. All the experiments were installed in a completely randomized design, with a subsequent evaluation of the percentage of survival; percentage of minicuttings with calluses; percentage of rooted minicuts and number of roots emitted by rooted minicut. Apical minicuts with acicular leaves showed the best results for survival (96%) and rooting (94%); basal minicuts without acicular leaves obtained low rooting (10%). There was considerable variation of rooting between the substrates (66 to 100%) and the number of roots was more influenced by the clone used. The best results were observed in those with more organic components. The use of IBA in minicuttings was not significant for any of the analyzed variables. Minicuts collected in apical portions with presence of acicular leaves are more suitable for work with the species. To select the best substrate, the clonal effect must be observed. The use of IBA did not positively influence the rooting of minicuttings, and its use is not recommended.

Keywords: minicutting, vegetative propagation, rooting, IBA, clonal forestry.

### 4.3 INTRODUÇÃO

As atuais demandas produtivas, concentradas em algumas espécies florestais, revelam oportunidades para o trabalho com espécies alternativas, visando um aumento da produção de madeira e abertura para novos mercados. *Sequoia sempervirens* ((D. Don) Endl. pode ser uma opção para trabalhos onde há exigência de qualidade superior da madeira. É uma conífera nativa da costa oeste do estado da Califórnia e costa sudoeste do estado do Oregon, nos Estados Unidos (OLSON et al., 1990).

*Sequoia* está entre as madeiras mais duradouras dos Estados Unidos, possuindo uma longa vida útil (WILCOX; PIITRO, 1974). A espécie possui um cerne de grandes proporções e seus extrativos tornam a madeira resistente ao ataque de fungos e insetos (SCHEFFER; COWLING, 1966; USDA, 1999). A madeira é fácil de ser trabalhada, possui grã direita e há pouca variação dimensional (retração e inchamento) (USDA, 2010).

A espécie apresenta ciclo longo e suas sementes demonstram baixa taxa de germinação (média de 10%) e baixa viabilidade de plântulas (BOE, 1974). A propagação vegetativa pode ser uma alternativa para a obtenção de mudas de sequoia, por meio da utilização de técnicas variadas (LUNA, 2008). Nos últimos anos houveram grandes avanços no desenvolvimento de sistemas operacionais de propagação vegetativa para espécies de coníferas. Trabalhos com estaquia são o meio mais efetivo e operacionalmente disponível para multiplicar indivíduos específicos que possuem traços desejáveis. (GROSSNICKLE et al., 1996).

A técnica de miniestaquia pode ser utilizada para várias espécies lenhosas de interesse florestal, pois além dos incrementos em enraizamento, as miniestacas desenvolvem um sistema radicial de melhor qualidade em termos de vigor, uniformidade e volume, o que reflete positivamente na sobrevivência e desempenho do clone no campo (ALCANTARA et al., 2007).

Alguns fatores podem aumentar a eficiência desta técnica, como a utilização de reguladores vegetais (ALCANTARA et al., 2007), a escolha do tipo de miniestaca e do substrato empregado (PIMENTEL et al., 2016). Vários fatores afetam a formação de raízes, estando diretamente relacionados ao sucesso da produção de mudas via propagação vegetativa (CUNHA et al., 2009), como: condições fisiológicas da planta matriz, balanço hormonal e a posição do propágulo na brotação (OLIVEIRA, et al., 2016).

Conforme a posição de coleta das miniestacas no ramo é possível classifica-las como apicais, intermediárias ou basais (ALFENAS et al., 2009). O uso de diferentes tipos de miniestacas implica maior aproveitamento das brotações colhidas, aumentando a produtividade do minijardim (OLIVEIRA, et al., 2016). O tipo de miniestaca utilizado vai influenciar no enraizamento, devendo-se observar a presença e o número de folhas, que constituem fonte de auxinas e carboidratos importantes no processo de enraizamento (FACHINELLO et al., 2005; HARTMANN et al., 2011).

Além da preocupação com a posição de coleta e tipo de miniestaca utilizado também é importante considerar a utilização de um substrato adequado. O substrato utilizado para o enraizamento de estacas é um fator de grande importância na propagação vegetativa, sendo variável de acordo com a espécie a ser propagada e devendo permitir bom suprimento de oxigênio e água para a base da estaca (OLIVEIRA, 2012). O substrato mais adequado deve ser inerte, poroso, com boa drenagem e capaz de manter a aeração e a umidade, permitindo o bom desenvolvimento do sistema radicial (KÄMPF, 2000; HARTMANN et al., 2011).

Outro aspecto importante relacionado à composição do substrato é que as espécies arbóreas têm necessidades nutricionais e fisiológicas específicas, tornando importante a realização de estudos para definir o melhor substrato para propagação de cada espécie

(WENDLING e GATTO, 2002). Diversas são as opções de substrato, sendo os mais comuns nos viveiros de produção de mudas a turfa, serragem semidecomposta, casca de arroz carbonizada, composto orgânico, terra de subsolo, fibras de coco, vermiculita e a mistura entre eles (XAVIER et al., 2013).

A aplicação exógena de reguladores de crescimento em plantas, como as auxinas, pode aumentar o sucesso do enraizamento adventício em propágulos vegetativos coletados de genótipos selecionados, sendo o ácido 3-indolbutírico (AIB) o mais utilizado (SCHWAMBACH et al., 2008; WENDLING et al., 2010). apresentando diferentes resultados conforme a espécie, época do ano, concentração e condições ambientais (FACHINELLO et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o padrão de miniestacas, uso de diferentes substratos e concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas de *Sequoia sempervirens*.

#### 4.4 MATERIAIS E MÉTODOS

##### 4.4.1 Fonte de material reprodutivo

Como fontes de propágulos para a miniestaquia foram utilizadas minicepas de matrizes selecionadas de sequoia de aproximadamente 40 anos de idade, as quais foram propagadas pelo processo de estaquia convencional após 120 dias do anelamento parcial ou completo da árvore matriz. Este material foi coletado de árvores matrizes situadas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS) e transportado até o Viveiro Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, em Lages (SC). Após confeccionaram-se estacas com tamanho de 10 cm, contendo um par de folhas aciculares reduzidas a 50 % da área foliar e tratadas com 6.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB em solução hidroalcoólica. Em seguida, foram inseridas em tubetes (180 cm<sup>3</sup>) contendo vermiculita de granulometria média e substrato comercial (1:1 v/v) e dispostas em casa de vegetação para o enraizamento.

Após a estaquia, mudas enraizadas de cinco meses de idade foram aclimatadas em casa de sombra por 30 dias, sendo em seguida transferidas para casa de vegetação para completar a aclimação por mais 30 dias. Posteriormente, mudas com aproximadamente 20 cm de altura foram transferidas para vasos com capacidade de 5L, preenchidos com substrato comercial (50%) e vermiculita de granulometria média (50%). Quinze dias após a instalação, tempo necessário para adaptação das mudas ao sistema, efetuou-se a poda do ápice da brotação

principal das mudas a uma altura de 10 cm ( $\pm$  2 cm), formando-se assim as minicepas para o estabelecimento do minijardim clonal. Durante quatro meses (mensalmente) realizou-se poda de formação das minicepas.

A solução nutritiva utilizada no minijardim clonal foi à base do fertilizante comercial, composto por 10% N (solúvel em água); 42 %  $P_2O_5$  (solúvel em água); 10%  $K_2O$  (solúvel em água); 0,6% Mg; 0,1% Fe e 0,02 Br. A fertirrigação era realizada duas vezes por semana, tendo cada minicepa recebido 50 ml da solução composta pela diluição de 1,5 gramas do fertilizante por litro de água. Após o período de formação das minicepas realizou-se a coletas das brotações para a realização dos experimentos.

#### 4.4.2 Padrão de miniestacas

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 x 2, sendo 3 posições de coleta (basal, intermediária e apical) e na presença ou ausência de folhas aciculares) (Figura 3). Cada tratamento foi composto por 13 repetições de seis miniestacas cada. Para isso, foi utilizando o clone A138, obtido do minijardim clonal, o qual foi produzido e conduzido conforme descrito anteriormente.

Foram preparadas miniestacas com aproximadamente 10 centímetros de comprimento, sendo a porção basal cortada em bisel e a porção superior incisada transversalmente. Nos tratamentos em que havia a presença de folhas aciculares as mesmas foram reduzidas pela metade, à exceção das folhas aciculares presentes na parte apical das miniestacas.

FIGURA 3 - MINIESTACAS NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE FOLHAS ACICULARES CONFORME POSIÇÕES ESTABELECIDAS, SENDO: A - APICAL COM PRESENÇA DE FOLHAS ACICULARES; B. INTERMEDIÁRIA COM PRESENÇA DE FOLHAS ACICULARES; C. BASAL COM PRESENÇA DE FOLHAS ACICULARES; D. APICAL COM AUSÊNCIA DE FOLHAS ACICULARES; E. INTERMEDIÁRIA COM AUSÊNCIA DE FOLHAS ACICULARES; F. BASAL COM AUSÊNCIA DE FOLHAS ACICULARES. AS BARRAS REPRESENTAM DOIS CENTÍMETROS DE COMPRIMENTO.



FONTE: O autor (2018).

Após preparadas, as miniestacas foram dispostas para enraizar em tubetes de 180 cm<sup>3</sup> contendo vermiculita de granulometria média e substrato comercial (1:1 v/v), com a adição de 6 g L<sup>-1</sup> de Osmocote® (14-14-14, 3M). O substrato comercial, segundo informações do fabricante, é composto por: turfa, vermiculita expandida, casca de pinus e carvão vegetal. Não foi utilizado regulador de crescimento.

#### 4.4.3 Diferentes substratos e clones

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 4, utilizando-se 9 repetições com 6 miniestacas cada. O fator A foi composto por três diferentes clones (A113, A140 e A228) e o fator D por quatro substratos (marcas comerciais) denominadas no presente trabalho como substrato I, II, III e IV. A caracterização física e química do substrato (Tabela 5) foi determinada no Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, conforme a Instrução Normativa nº 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007) e Fermino (2003).

TABELA 5 – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS NA MINIESTAQUIA DE *Sequoia sempervirens*.

Atributos analisados	Substrato I	Substrato II	Substrato III	Substrato IV
DU (kg m <sup>-3</sup> )	614,8	515,8	651,1	282,86
DS (kg m <sup>-3</sup> )	292,8	226,4	392,7	133,1
UA (%)	52,4	56,10	39,7	52,9
PT (%)	84,2	89,3	78,9	87,7
EA (%)	20,0	39,4	25,2	31,2
AFD (%)	21,3	13,02	14,20	21,2
AT (%)	4,7	2,0	3,7	4,4
AR (%)	38,2	34,84	35,9	30,9
CRA10 (%)	64,2	49,8	53,8	56,5
CRA50 (%)	42,9	36,8	39,6	35,3
CRA100 (%)	38,2	34,8	35,9	31,0
pH	5,6	5,69	6,46	6,26
CE (mS cm <sup>-1</sup> )	1,39	0,26	0,27	0,11

DU = densidade úmida; DS = densidade seca; UA = umidade atual; PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AFD = água facilmente disponível; AT = água tamponante; AR = água remanescente; CRA10, 50 e 100 = capacidade de retenção de água sob sucção a 10, 50 e 100 cm de coluna de água; pH = potencial hidrogeniônico; CE = condutividade elétrica.

FONTE: O autor (2018).

As composições de cada substrato, conforme especificação dos fabricantes, são as seguintes: substrato I - turfa, casca de arroz carbonizada, calcário calcítico, aditivado com N

(0,04%),  $P_2O_5$  (0,04%) e  $K_2O$  (0,05%); substrato II - casca de pinus compostada, casca de arroz carbonizada, fibra de coco, vermiculita, aditivado com calcário (0,2%) e superfosfato triplo (0,1%); substrato III - turfa, vermiculita expandida, casca de pinus e carvão vegetal; substrato IV - turfa de Sphagno, vermiculita, resíduo orgânico agroindustrial classe A, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante NPK (traços).

Os clones selecionados para o estudo tiveram suas brotações seccionadas e procedeu-se o preparo das miniestacas, cada uma com aproximadamente dez centímetros de comprimento. A porção basal foi cortada em bisel e a porção superior incisada transversalmente, mantendo-se um par de folhas aciculares cortadas pela metade. Estas foram dispostas para enraizar em tubetes de 180 cm<sup>3</sup>, contendo o substrato definido conforme o tratamento. Adicionou-se ao substrato 6 g L<sup>-1</sup> de Osmocote® (14-14-14, 3M), sem a utilização de regulador de crescimento.

#### 4.4.4 Concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas

O experimento utilizou o clone A228, sendo conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos, compostos pelas diferentes concentrações de AIB (0 mg L<sup>-1</sup>, 1000 mg L<sup>-1</sup>, 2000 mg L<sup>-1</sup>, 3000 mg L<sup>-1</sup>, 4000 mg L<sup>-1</sup> e 5000 mg L<sup>-1</sup>). Foram utilizadas 11 repetições de 10 miniestacas cada. As miniestacas tiveram sua base imersa em soluções hidroalcoólicas (50% v/v) com diferentes concentrações de AIB, permanecendo em contato com a solução por um período de 20 segundos.

#### 4.4.5 Condições de cultivo, variáveis e análise estatística

As bandejas contendo os tubetes com as miniestacas foram acondicionadas em estufim de cobertura plástica (estrutura apresentando 8,0 m de comprimento x 1,20 m de largura x 0,9 m de altura). A temperatura no interior do estufim varia entre 20-32 °C e a umidade relativa do ar se mantém superior a 80%, sendo a irrigação realizada por microaspersão durante 5 minutos, 5 vezes por dia. As miniestacas permaneceram nesta condição por 90 dias, momento em que foi realizada a avaliação do experimento.

Nos três experimentos avaliou-se a porcentagem de sobrevivência; porcentagem de miniestacas que apresentavam calos; porcentagem de miniestacas enraizadas e número de raízes emitidas por miniestaca enraizada. Foram consideradas sobreviventes as miniestacas que apresentavam lenho vivo, folhas velhas ou brotações jovens, enraizadas ou não. Para calos foram consideradas as miniestacas vivas, com formação de massa celular indiferenciada na

base, enraizadas ou não. A porcentagem de enraizamento foi considerada sobre o total, não somente sobre as miniestacas sobreviventes. Considerou-se como enraizadas aquelas com indução de primórdios radiculares de no mínimo 1 mm de comprimento.

Após a verificação da normalidade dos dados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e da homogeneidade pelo teste de Bartlett, realizou-se a análise de variância (ANOVA). Quando necessário, os dados foram transformados pela função  $(x + 0,5)^{0,5}$  e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

## 4.5 RESULTADOS

### 4.5.1 Padrão de miniestacas

Miniestacas apicais e com presença de folhas aciculares apresentaram os melhores resultados para sobrevivência (Tabela 6), havendo interação entre a posição de coleta e a presença de folhas para esta variável. Já para a formação de calos não houve efeito significativo para nenhum dos fatores, sendo a média geral de 89%.

O enraizamento seguiu o mesmo padrão da sobrevivência, onde miniestacas apicais e com presença de folhas aciculares apresentaram melhores resultados. A utilização de miniestacas basais e na ausência de folhas aciculares provocou um enraizamento inferior a 10%. Miniestacas intermediárias apresentaram grande variação, obtendo um bom enraizamento (74,1%) na presença de folhas aciculares e um enraizamento muito baixo (16,1%) na ausência destas.

Esta mesma tendência foi observada para o número de raízes (Tabela 6). Miniestacas apicais ou intermediárias com a presença de folhas aciculares apresentaram o maior número de raízes, com valores entre 7 a 9 raízes.



TABELA 6 – SOBREVIVÊNCIA (%), ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DE DIFERENTES PADRÕES DE MINIESTACAS (POSIÇÃO DE COLETA E PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE FOLHAS ACICULARES) OBTIDAS DO CLONE A138.

Variável	Posição de coleta	Folhas aciculares		Média
		Presença	Ausência	
Sobrevivência (%)	Basal	56,1 cA	20,1 Bb	38,1
	Intermediária	80,4 bA	24,0 bB	52,2
	Apical	95,7 aA	71,3 Ab	83,5
	Média	77,4	38,5	
Enraizamento (%)	Basal	39,5 cA	8,7 bB	24,1
	Intermediária	74,1 bA	16,1 bB	45,1
	Apical	94,3 aA	71,3 aB	82,8
	Média	69,3	32,0	
Nº de raízes	Basal	3,1 bA	1,6 bB	2,3
	Intermediária	7,4 aA	2,6 bB	5,0
	Apical	8,8 aA	6,4 aB	7,6
	Média	6,4	3,5	

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. p- valor da interação para sobrevivência: 0,002. CV (%): 26,6; p- valor da interação para enraizamento: 0,001. CV (%): 32,2; p- valor da interação para nº de raízes: 0,0017. CV (%): 22,1.

FONTE: O autor (2018).

#### 4.5.2 Diferentes substratos e clones

Na miniestaquia de sequoia, utilizando-se diferentes substratos e clones, não houve diferença significativa para nenhum dos fatores relacionados à sobrevivência (média: 97,9%) e a formação de calos (média: 95,6%). Já para o enraizamento ( $p=0,016$ ) e número de raízes ( $p=0,0001$ ) houve interação entre os fatores.

O enraizamento apresentou considerável variação entre os substratos, com valores entre 66 e 100% (Tabela 7). Para os clones A113 e A140 a variação entre os substratos não foi significativa, sendo próxima ou superior a 85%. O clone A228 apresentou a maior mudança de comportamento em função dos substratos utilizados, com os substratos I e III apresentando enraizamento superior a 90%, enquanto os substratos II e IV obtiveram valores inferiores a 70%.

TABELA 7 – ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES CLONES E SUBSTRATOS UTILIZADOS.

Variável	Substrato	Clone			Média
		A113	A140	A228	
Enraizamento (%)	Substrato I	90,0 aA*	100,0 aA	93,3 aA	94,4
	Substrato II	84,5 aA	97,8 aA	67,8 bB	76,1
	Substrato III	94,4 aA	98,9 aA	97,8 aA	97,0
	Substrato IV	92,1 aA	90,0 aA	66,7 bB	82,9
	Média	90,2	96,6	81,4	
Número de raízes	Substrato I	4,7 aB	10,5 bA	9,8 bA	8,3
	Substrato II	4,0 aB	11,4 aA	4,8 cB	6,7
	Substrato III	5,2 aB	13,1 aA	12,5 aA	10,3
	Substrato IV	4,9 aB	9,5 bA	6,1 cB	6,8
	Média	4,7	11,1	8,3	

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. CV% enraizamento: 17,3; CV% número de raízes: 28,9.

FONTE: O autor (2018).

O número de raízes foi mais influenciado pelo clone do que pelo substrato utilizado. A média geral para o clone A113 é 57% menor do que para o clone A140 e 43% menor do que para o clone A228. Para o clone A113 não houve alteração entre os substratos, já para os clones A140 e principalmente A228 houve considerável variação. Em relação aos substratos, o substrato III apresentou a maior formação de raízes, sendo 35% melhor que o substrato II (pior para a variável).

#### 4.5.3 Concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas

A utilização de AIB na miniestaquia de sequoia não apresentou diferença significativa em nenhuma das variáveis avaliadas. A sobrevivência das miniestacas apresentou média de 92%, variando entre 88% e 95% ( $\sigma \pm 3$ ) para os tratamentos de menor e maior média, respectivamente. O enraizamento apresentou média de 89%, com baixa variação entre os tratamentos, ficando entre 87% e 91% ( $\sigma \pm 2$ ). A formação de calos foi elevada, com média de 95%. Foram encontradas em média 5,6 raízes por miniestaca.

#### 4.6 DISCUSSÕES

Para o padrão das miniestacas de sequoia é visível a importância da manutenção das folhas aciculares, principalmente em porções intermediárias ou apicais. A maior porcentagem de sobrevivência e enraizamento destas miniestacas pode ser explicada pela maior concentração de auxinas endógenas neste local (DANTAS et al., 2016; MAURIAT et al., 2014), uma vez que o hormônio é produzido por tecidos meristemáticos (LUO et al., 2008) e transportado de forma basípeta pelas células parenquimáticas para a base das miniestacas (BOOT et al., 2012; COSTA et al., 2013). Do mesmo modo, a menor sobrevivência e enraizamento das miniestacas na ausência de folhas aciculares provavelmente se deve à falta de produção de carboidratos resultantes da fotossíntese e das auxinas produzidas nas folhas e gemas apicais, que são essenciais para o enraizamento e, conseqüentemente, sua sobrevivência (XAVIER et al., 2013). Muitas vezes essas auxinas são suficientes para estimular o enraizamento de estacas apicais, dispensando o uso exógeno (ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001), como neste trabalho.

Na ausência de folhas aciculares observou-se um resultado satisfatório de sobrevivência utilizando-se miniestacas apicais, porém com valores inferiores à presença de folhas aciculares. A utilização de miniestacas basais provocou elevada mortalidade, principalmente na ausência de folhas aciculares. Assim, não se recomenda a utilização de miniestacas basais, devido à elevada lignificação dos tecidos nesta região. Esse resultado também favorece a operacionalização na confecção das miniestacas, na qual a manutenção das folhas aciculares acelera o processo.

Resultados superiores para o enraizamento de miniestacas apicais ou menos lignificadas também foram obtidos em outras espécies, como em *Araucaria angustifolia* (WENDLING et al., 2016), *Cariniana estrellensis* (CASTRO, 2011), *Annona muricata* (FIGUEIRÊDO et al., 2013), *Averrhoa carambola* (BASTOS et al., 2004), *Peltophorum dubium* (MANTOVANI et al., 2017) e *Piptadenia gonoacantha* (HERNÁNDES et al., 2012). Ferreira et al. (2008) verificaram maior enraizamento de estacas apicais de atemóia "Gefner" (*Annona cherimola* x *A. squamosa*), relacionando esses resultados com a menor lignificação de ramos apicais, maior quantidade de células meristemáticas e um metabolismo mais ativo em comparação com outros tipos de estacas.

Considerando-se a preparação das miniestacas em um sistema de propagação clonal, semelhante ao processo de estaquia (HOUSE et al., 1998), o uso de miniestacas apicais é preferível em relação às basais ou intermediárias, principalmente por não haver necessidade de

remover o ápice. Esta prática também reduz a possibilidade de formação de brotos múltiplos, reduzindo a necessidade de trabalho na preparação dos propágulos e manejo das miniestacas para formar as mudas (WENDLING, BRONDANI, 2015). Neste estudo também foi possível observar este comportamento, onde miniestacas apicais originaram mudas com características ortotrópicas e sem brotos múltiplos (Figura 4a) em relação às miniestacas de origem basal ou intermediárias do ramo (Figura 4b).

FIGURA 4 – A) MINIESTACA OBTIDA DA PORÇÃO APICAL, APRESENTANDO CRESCIMENTO ORTOTRÓPICO; B) MINIESTACA OBTIDA DA PARTE BASAL, APRESENTANDO MÚLTIPLAS BROTAÇÕES.



FONTE: O autor (2018).

Em relação ao enraizamento de miniestacas em diferentes substratos, o clone A228 mostra preferência a substratos com maior densidade, menor porosidade, menor espaço de aeração e que apresentam composição predominantemente orgânica (turfa, casca de pinus, carvão vegetal) (substrato I e III). Esta tendência é confirmada pela emissão de raízes, onde os substratos II e IV apresentaram aproximadamente 50% menos raízes. Vários trabalhos enfatizam os efeitos de diferentes composições de substratos e de suas propriedades físicas e químicas sobre o enraizamento e a qualidade de mudas clonadas, principalmente em clones e/ou espécies difíceis de propagar vegetativamente (BRONDANI et al., 2007; SILVA et al., 2012).

Ao contrário do que se recomenda na miniestaquia de várias espécies florestais como *Piptocarpha angustifolia* (STUEPP et al., 2016); *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (SILVA et al., 2012) e *Ilex paraguariensis* (KRATZ et al., 2015) o clone A228 não se adaptou (Tabela 6) a compostos leves e com elevada porosidade, com a presença de fibra de coco, vermiculita e

turfa de Spagno (Tabela 5). Estes componentes têm sido cada vez mais utilizados na composição de substratos para propagação vegetativa de plantas, proporcionando excelente drenagem, boa oxigenação de raízes, estabilidade estrutural relativa e baixa densidade (CALDEIRA et al., 2013). Contudo, diferenças podem ser obtidas em variadas espécies e clones, como observado neste estudo. Para *Piptadenia gonoacantha* as maiores médias de sobrevivência e enraizamento de estacas foram obtidas quando cultivadas no substrato composto por material orgânico (CASTRO, 2011), corroborando com os resultados obtidos para o clone A228.

Outro fator facilmente observado é o efeito clonal na formação de raízes, no qual o clone A113 apresentou resultados bem inferiores aos demais clones, independente do substrato utilizado. Este resultado corrobora com a hipótese de Assis e Teixeira (1999) de que o genótipo é um dos fatores que influenciam o enraizamento e que há uma grande variação entre espécies, cultivares e clones em relação à maior ou menor habilidade natural para formar raízes. Resultados semelhantes foram encontrados em *Castanea sativa* (DANTAS et al., 2017), *Acacia mearnsii* (ENGEL et al., 2017), *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* (GOULART et al., 2008), nos quais o enraizamento é variável em função de clones ou genótipos.

O substrato tem papel fundamental no enraizamento adventício, não tendo apenas a função de suporte, devendo também apresentar características que favoreçam o desenvolvimento radicial. Contudo, o sucesso da propagação por miniestaquia não é determinado apenas pelo substrato utilizado, dependendo também de diversos outros fatores, tais como: controle das condições ambientais na estrutura de propagação, tipos de miniestacas, nutrição das minicepas (DIAS et al., 2015) e resposta do material genético ao enraizamento adventício.

A ausência de efeito significativo da auxina no experimento de concentrações de AIB indica que o material vegetal apresenta um elevado potencial rizogênico natural. Condições fisiológicas adequadas para a iniciação radicial também podem ter sido induzidas pelo sistema de cultivo em minijardim clonal, que favorece a formação de brotos rejuvenescidos e revigorados e pela nutrição fornecida. Esta mesma situação foi exposta no trabalho de Mantovani et al. (2017), trabalhando com *Peltophorum dubium*.

Resultados semelhantes ao deste estudo, onde o uso de AIB não apresentou benefícios, foram relatados em trabalhos com outras coníferas, como: *Pinus taeda* (ALCANTARA, 2008), *Pinus patula* (APARICIO-RENTERÍA et al., 2014) *Pinus pinaster* (MAJADA et al., 2011), *Juniperus procera* (NAGASH, 2002) e *Taxodium distichum* (KING et al., 2011). Além de coníferas, também há trabalhos com espécies folhosas, como: *Grevillea robusta* (SOUZA

JÚNIOR et al, 2008), *Eucalyptus grandis* (WENDLING; XAVIER, 2005), *Olea europaea* (PIO et al., 2005), *Calophyllum brasiliensis* (SILVA et al., 2010), *Anadenathera macrocarpa* (DIAS et al., 2012) e *Acacia mearnsii* (ENGEL et al., 2017).

Em muitos casos a aplicação de AIB pode ter uma influência indireta, aumentando a velocidade de translocação e movimento de carboidratos para a base de estacas e, conseqüentemente, estimulando o enraizamento (OUYANG et al., 2015). Algumas coníferas podem apresentar efeito positivo utilizando AIB no enraizamento, como *Picea abies* (OUYANG et al., 2015), *Tsuga heterophylla* e *Pseudotsuga menziesii* (WIGMORE; WOODS (2000).

#### 4.7 CONCLUSÕES

Miniestacas coletadas em porções apicais e com presença de folhas aciculares apresentam maior sobrevivência, enraizamento e número de raízes. Para a seleção do melhor substrato na miniestaquia de sequoia deve-se observar o efeito clonal. Em geral, substratos com componentes mais orgânicos, menor porosidade e espaço de aeração apresentaram melhores resultados de enraizamento. A utilização de AIB não proporcionou efeito positivo no enraizamento das miniestacas, não sendo recomendado o seu uso.

#### 4.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTARA, G. B. et al. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p.399-404, 2007.

ALCANTARA, G. B. et al. Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 78, p. 151-156, 2008.

ALFENAS A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 2ª ed. 442 p, 2009.

APARICIO-RENTERÍA, A., S. F. JUÁREZ-CERRILLO, Y. L. R. SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ. Propagación por enraizamiento de estacas y conservación de árboles plus extintos de *Pinus patula* procedentes del norte de Veracruz, México. **Madera y Bosques**, n. 20, p. 85-96, 2014.

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPq, p.261-296, 1999.



BASTOS, D. C. et al. Influência do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas apicais e basais de caramboleira (*Averrhoa carambola*) sob condições de nebulização intermitente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 284-286, 2004.

BOE, K. N. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. In: SCHOPMEYER, C. S. (Ed.). **Seeds of woody plants in the United States**. Agriculture Handbook 450. USDA Forest Service, Washington, DC, USA, p. 764-766, 1974.

BOOT, K. J.; LIBBENGA, K. R.; HILLE, S. C.; OFFRINGA, R.; VAN DUIJN, B. Polar auxin transport: an early invention. **Journal of Experimental Botany**, v.63, p.4213-4218, 2012.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; ROVEDA, L. F.; ORRUTÉA, A. G. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. **Scientia Agraria**, v.8, p.257-267, 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; FARIA, J. C. T.; JUVANHOL, R. S. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, v.37, p.31-39, 2013.

CASTRO, W. H. **Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) e do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por estaquia**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa-MG, 62p, 2011.

COSTA, C. T.; ALMEIDA, M. R.; RUEDELL, C. M.; SCHWAMBACH, J.; MARASCHIN, F. D. S.; FETT-NETO, A. G. When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. **Frontiers in Plant Science**, v.4, p.1-19, 2013.

CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.607-615, 2009.

DANTAS, A. K.; MAJADA, J.; DANTAS, F. K.; DELATORRE, C.; GRANDA, V.; VALLEJO, P.; FEITO, I. Rooting of minicuttings of *Castanea sativa* Mill. hybrid clones. **Revista Árvore**, v.40, n.3, p.465-475, 2016.

DIAS, P. C., XAVIER, A., OLIVEIRA, L. S., PAIVA, H. N.; CORREIA, A. C. G. 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.

DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; CORREIA, A. C. G.; BARBOSA, G. A. Tipo de miniestaca e de substrato na propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 909-919, 2015.

ENGEL, M. L.; HIGA, A. R.; ALCANTARA, G. B.; FLÔRES JUNIOR, P. C.; SOARES, I. D. Enraizamento de miniestacas de diferentes clones de *Acacia mearnsii* De Wildeman com aplicação de AIB. **Revista Espacios**, v. 38, n. 23, 2017.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília. Embrapa: Informação Tecnológica. 2005. 221 p.



FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos**. 89 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERREIRA, G.; FERRARI, T. B.; PINHO, S. Z.; SAVAZAKI, E. T. Enraizamento de estacas de atemoieira ‘Gefner’ tratadas com auxinas. **Revista brasileira de fruticultura**, v.30, p.1083-1088, 2008.

FIGUEIRÊDO, G. R. G. et al. Propagação da gravioleira por miniestaquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 860-865, 2013.

GOULART, P. B.; XAVIER, A.; CARDOSO, N. Z. Efeito dos reguladores de crescimento AIB e ANA no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 32, n. 6, p. 1051-1058, 2008.

GROSSNICKLE, S. C.; CYR, D.; POLONENKO, D. R. Somatic embryogenesis tissue culture for the propagation of conifer seedlings: a technology comes of age. **Tree planters' notes**, v. 47, n. 2, p. 48-57, 1996.

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

HERNÁNDES, W.; XAVIER, A.; PAIVA, A. N de. Propagação vegetativa de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (MART.) MACBR.) por estaquia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 813 - 823, 2012.

HOUSE, S.; DIETERS, M.; JOHNSON, M.; HAINES, R. Inhibition of orthotropic replacement shoots with auxin treatment on decapitated hoop pine, *Araucaria cunninghamii*, for seed orchard management. **New Forests**, v.16, p.221-230, 1998.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 254 p, 2000.

KING, A. R. M. A.; ARNOLD, D. F.; WELSH; W. T. Watson. Substrates, wounding, and growth regulator concentrations alter adventitious rooting of Baldcypress cuttings. **HortScience** n. 46, p.1387- 1393, 2011.

KRATZ, D.; PIRES, P. P.; STUEPP, C. A.; WENDLING, I. Produção de mudas de erva-mate por miniestaquia em substratos renováveis. **Revista Floresta**, v.45, p.609-616, 2015.

LUNA, T. Vegetative propagation of coastal redwood (*Sequoia sempervirens* (Lamb. ex D. Don) Endl.). **Native Plants Journal**, Washington, v. 9, n. 1, p. 25 – 28, 2008.

LUO, J.; ZHANG, J.; WANG, Y. Changes in endogenous hormone levels and redox status during enhanced adventitious rooting by rare earth element neodymium of *Dendrobium densiflorum* shoot cuttings. **The Journal of Rare Earths**, v.26, p.869-874, 2008.

MAJADA, J.; MARTÍNEZ-ALONSO, C.; FEITO, I.; KIDELMAN, A.; ARANDA, I.; ALIA, R. Mini-cuttings: an effective technique for the propagation of *Pinus pinaster* Ait. **New Forests**, n. 41, p. 399-412, 2011.

MANTOVANI, N.; ROVEDA, M.; TRES, L.; FORTES, F. O.; GRANDO, M. F. Cultivo de canafistula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. **Revista Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 225-236, 2017.

MAURIAT, M.; PETTERLE, A.; BELLINI, C.; MORITZ, T. Gibberellins inhibit adventitious rooting in hybrid aspen and Arabidopsis by affecting auxin transport. **The Plant Journal**, v.78, n.3, p.372-384, 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa SDA N° 17**: Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Diário Oficial da União - Seção 1, n° 99, Brasília, 2007.

NAGASH, L. Successful vegetative propagation techniques for the threatened African pencil cedar (*Juniperus procera* Hochst. Ex Endl.). **Forest Ecology and Management**, n. 161, p. 53-64, 2002.

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.

OLIVEIRA, Y.; ALCANTARA, G. B.; GUEDES, I.; PINTO, F.; QUOIRIN, M.; BIASI, L. A. Substratos, concentrações de ácido indolbutírico e tipos de miniestacas no enraizamento de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n.4, p.611-616, 2012.

OLSON, D. F.; ROY, D. F.; WALTERS, G. A. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl, redwood. In BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. [eds.], **Silvics of North America**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook, v. 1, p. 541 – 551, 1990.

OUYANG, F.; WANG, L.; LI, Y. Effects of cutting size and exogenous hormone treatment on rooting of shoot cuttings in Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]. **New Forests**, n. 46, p. 91–105, 2015.

PIMENTEL, N.; BISOGNIN, D. A.; KIELSE, P., LENCINA, K. H.; MELLO, U. S. Shoot segment and substrate composition in rooting of juvenile ipe-roxo mini-cuttings. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6 p. 996-1002, 2016.

PIO, R. et al. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de oliveira (*Olea europaea* L.) utilizando ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 562-567, 2005.

SCHEFFER, T. C., COWLING, E. B. Natural resistance of wood to microbial deterioration. **Annual Review of Phytopathology**, v. 4, p. 147-170, 1966.

SCHWAMBACH, J.; RUEDELL, C. M.; ALMEIDA, M. R.; PENCHEL, R. M.; ARAÚJO, E. F.; FETT NETO, A. Adventitious rooting of *Eucalyptus globulus* × *maidennii* mini-cuttings derived from mini-stumps grown in sand bed and intermittent flooding trays: a comparative study. **New Forests**, v. 36, n. 3, p. 261–271, 2008.

SILVA, R. L. et al. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia. **Agronomia Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 99-104, 2010.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.297-302, 2012.

SOUZA JÚNIOR, L. et al. Miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. a partir de propágulos juvenis. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 455-460, 2008.

STUEPP, C. A.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Quality of clonal plants of *Piptocarpha angustifolia* in different renewable substrates and seasons of the year. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.11, p.1821-1829, 2016.

USDA – United States Department of Agriculture. **Wood Handbook: Wood as an Engineering Material**. Reprinted from Forest Products Laboratory General Technical Report FPL-GTR-113 486 p, 1999.

USDA – United States Department of Agriculture. **Wood Handbook: Centennial edition, Wood as an Engineering Material**. Reprinted from Forest Products Laboratory General Technical Report FPL-GTR-190, 509 p, 2010.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Vegetative rescue and propagation of *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v.39, n.1, p.93-104, 2015.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F.; HANSEL, F. A. Mini-cuttings technique: a new *ex vitro* method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, v. 39, n. 3, p. 343–353, 2010.

WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Rooting of *Araucaria angustifolia*: types of cuttings and stock plants sex. **Revista Árvore**, v.40, n.6, p.1013-1021, 2016.

WENDLING, I; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 921-930, 2005.

WIGMORE, B. G.; WOODS, J. H. **Cultural procedures for propagation of rooted cuttings of Sitka spruce, western hemlock, and Douglas-fir in British Columbia**. Working Paper - Ministry of Forests Research Program, British Columbia, n.46, 2000. 30 p.

WILCOX, W.W., PIIRTO, D.D. Decay resistance in redwood (*Sequoia sempervirens*) as related to color and extractives. **Wood and Fiber**, v. 7 n. 4, p. 240-245, 1974.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - Princípios e técnicas**. 2ª.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 2013. 280p.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba, 2001. 39p.

## 5 ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DE DIFERENTES CLONES E CONCENTRAÇÕES DE AIB

### 5.1 RESUMO

*Sequoia* é uma espécie que proporciona grandes volumes de madeira, é resistente à decomposição e tem a produção de mudas por miniestaquia como uma alternativa viável. O objetivo do trabalho foi avaliar o enraizamento de miniestacas de diferentes clones de *Sequoia sempervirens* e posterior emprego de distintas concentrações de AIB em clones com baixo enraizamento adventício. Foram utilizadas miniestacas de diferentes clones, oriundas de minijardim clonal. No experimento com regulador de crescimento utilizaram-se diferentes concentrações de AIB (de 0 mg L<sup>-1</sup> a 3000 mg L<sup>-1</sup>). O material foi colocado para enraizar em estufim e avaliado aos 90 dias. Todos os experimentos foram instalados em delineamento inteiramente casualizado, com posterior avaliação da sobrevivência (%), miniestacas com calos (%), miniestacas enraizadas (%) e número de raízes (somente no experimento com diferentes concentrações de AIB). No primeiro experimento a sobrevivência das miniestacas foi alta (próximo a 95%) e o enraizamento apresentou grande variação entre os clones (22,8 a 100%). No segundo experimento, utilizando clones que anteriormente apresentaram enraizamento menor que 50%, submetidos à aplicação de AIB, observou-se alta sobrevivência (88,1 a 99,4%). Os clones apresentaram respostas variadas entre si, porém significativas com o uso do regulador, recomendando-se utilizar concentrações entre 1.000 a 2.000 mg L<sup>-1</sup>.

Palavras-chave: miniestaquia, propagação vegetativa, regulador de crescimento, AIB, silvicultura clonal.

### 5.2 ABSTRACT

*Sequoia* is a species that provides large volumes of wood, is resistant to decomposition and has a seedling production by minicutting as a viable alternative. The objective of the work is to evaluate the rooting of minicuttings of different *Sequoia sempervirens* and post-employment clones of different concentrations of IBA in clones with low adventitious rooting. Many types of clones, originating from clonal mini-stumps. No growth regulator experiments were used with different concentrations of IBA (from 0 mg L<sup>-1</sup> to 3000 mg L<sup>-1</sup>). The material was placed to be rooted in mini-tunnels and evaluated at 90 days. (%), Rooted minicuts (%) and number of roots (only without experiment with different concentrations of IBA). In the first experiment the survival of minicuttings was high (close to 95%) and rooting showed great variation among the clones (22.8 to 100%). In the second experiment, using clones that postulated rooting less

than 50%, submitted to IBA application, high survival (88.1 to 99.4%) was observed. The clones presented different responses among themselves, but significant with the use of regulator, being recommended using concentrations between 1,000 and 2,000 mg L<sup>-1</sup>.

Keywords: minicutting, vegetative propagation, plant growth regulator, IBA, clonal forestry.

### 5.3 INTRODUÇÃO

A sequoia, conífera nativa da costa oeste do estado da Califórnia e costa sudoeste do estado do Oregon, nos Estados Unidos (OLSON et al., 1990), é uma espécie bastante conhecida, principalmente por ser uma das árvores mais altas do mundo, atingindo alturas superiores a 100 metros em condições ideais de crescimento (DEL TREDICCI, 1999). É uma espécie utilizada quando há necessidade de madeira resistente à decomposição (OLSON et al., 1990).

A árvore é altamente valiosa, não só para fins ornamentais, mas também para fins industriais, em função de seu crescimento bastante vigoroso. Raramente sofre com doenças ou ataque de insetos, sendo também resistente a ventos fortes e outras condições climáticas adversas. A germinação de sementes é altamente variável, apresentando muitas sementes vazias e com embriões malformados ou infectados com vários parasitas. Além disso, as sementes viáveis são difíceis de armazenar e a frequência de germinação também é variável (KORBAN; SUL, 2007).

Como a maioria das espécies florestais, a propagação por sementes é predominante para a espécie, embora a propagação vegetativa através de brotos de raízes e/ou de brotações laterais também ocorra (KORBAN; SUL, 2007). A propagação vegetativa pode ser usada na produção de mudas de sequoia (LUNA, 2008) por estacas ou miniestacas, porém poucos trabalhos em larga escala neste sentido foram relatados na literatura (OLSON et al., 1990).

Para espécies que apresentam sazonalidade na produção e dificuldade de armazenamento das sementes, a miniestaquia é uma alternativa. Por meio desta técnica é possível a formação de um banco de matrizes em casa de vegetação, com fornecimento de material diversificado para produção de mudas visando à conservação da espécie, além de permitir a seleção de matrizes com características fenotípicas superiores para a produção comercial, como qualidade de fuste para a produção de madeira (OLIVEIRA, 2016).

A miniestaquia proporciona incrementos em termos de enraizamento, além de favorecer o desenvolvimento de sistema radicial de melhor qualidade tratando-se de vigor, uniformidade e volume, o que reflete positivamente na sobrevivência e desempenho do clone no campo

(OLIVEIRA, 2012). Porém, é importante conhecer os fatores que afetam a formação de raízes, diretamente relacionados ao sucesso da produção de mudas (CUNHA et al., 2009).

Os principais fatores envolvidos no enraizamento de miniestacas são o balanço hormonal, constituição genética da planta matriz (potencial e variabilidade genética dentro da espécie), nível endógeno de inibidores, condições nutricionais e hídricas da planta doadora de propágulos (ALFENAS et al., 2009; XAVIER et al., 2009), reações de oxidação na base das estacas (WENDLING et al., 2002), maturação/juvenilidade dos propágulos, época do ano de coleta, fatores abióticos (temperatura, luz, umidade), qualidade do substrato e o uso de reguladores de crescimento (XAVIER et al., 2009).

Quanto aos reguladores de crescimento, as auxinas normalmente são consideradas como principais substâncias indutoras do enraizamento adventício, principalmente em espécies de difícil enraizamento (DIAS et al., 2012). Entre as mais utilizadas, o ácido indol butírico (AIB) é empregado devido à sua eficiência, estabilidade e menor toxicidade em uma grande faixa de concentração (ALVARENGA; CARVALHO, 1983; IRITANI et al., 1986). É também a auxina que tem apresentado melhores resultados para a maioria das espécies florestais (WENDLING et al., 2005; PESCADOR et al., 2007; CUNHA et al., 2008; VALMORBIDA et al., 2008)

As estacas de sequoia respondem favoravelmente ao tratamento hormonal (LUNA, 2008). As porcentagens e o tempo de enraizamento podem ser encurtados com a utilização de altas concentrações de AIB, de 8000 mg L<sup>-1</sup> até valores superiores (LINHART; LIBBY, 1965). À medida em que aumenta a idade da planta doadora da espécie, aumentam-se as concentrações de auxinas para que haja uma maximização no sucesso no enraizamento (LUNA, 2008). Geralmente, quanto maior a relação auxina/citocinina maior a formação de raízes, enquanto o contrário facilita a formação de ramos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o enraizamento de miniestacas de diferentes clones de *Sequoia sempervirens* e o posterior emprego de AIB em clones com baixo enraizamento adventício.

## 5.4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.4.1 Fonte de material reprodutivo

Como fontes de propágulos para a miniestaquia foram utilizadas minicepas de matrizes selecionadas de sequoia de aproximadamente 40 anos de idade, as quais foram propagadas pelo processo de estaquia convencional após 120 dias do anelamento parcial ou completo da árvore



matriz. Este material foi coletado de árvores matrizes situadas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS) e transportado até o Viveiro Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, em Lages (SC). Após, confeccionaram-se estacas com tamanho de 10 cm, contendo um par de folhas aciculares reduzidas a 50% da área foliar e tratadas com 6.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB em solução hidroalcoólica. Em seguida, foram inseridas em tubetes (180 cm<sup>-3</sup>) contendo vermiculita de granulometria média e substrato comercial (1:1 v/v) e dispostas em casa de vegetação para o enraizamento.

Após a estaquia, mudas enraizadas de cinco meses de idade foram aclimatadas em casa de sombra por 30 dias, sendo em seguida transferidas para casa de vegetação para completar a aclimação por mais 30 dias. Posteriormente, mudas com aproximadamente 20 cm de altura foram transferidas para vasos com capacidade de 5L, preenchidos com substrato comercial (50%) e vermiculita de granulometria média (50%). Quinze dias após a instalação, tempo necessário para adaptação das mudas ao sistema, efetuou-se a poda do ápice da brotação principal das mudas a uma altura de 10 cm ( $\pm$  2 cm), formando-se assim as minicepas para o estabelecimento do minijardim clonal. Mensalmente, durante quatro meses, realizou-se poda de formação das minicepas.

A solução nutritiva utilizada no minijardim clonal foi à base do fertilizante comercial, composto por 10% N (solúvel em água); 42 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (solúvel em água); 10% K<sub>2</sub>O (solúvel em água); 0,6% Mg; 0,1% Fe e 0,02 Br. A fertirrigação era realizada duas vezes por semana, tendo cada minicepa recebido 50 ml da solução composta pela diluição de 1,5 gramas do fertilizante por litro de água. Após o período de formação das minicepas realizou-se a coletas das brotações para a realização dos experimentos.

#### 5.4.2 Miniestaquia de diferentes clones e aplicação de AIB em clones com baixo enraizamento adventício

O primeiro experimento constituiu-se do enraizamento de miniestacas de diferentes clones mantidos em sistema de minijardim clonal. Foram utilizados 16 tratamentos (clones) sendo: A100, A113, A115, A116, A117, A126, A127, A130, A131, A133, A135, A136, A138, A140, A227 e A228). Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições de 10 estacas cada. Para este experimento não foi empregado nenhum regulador de crescimento.

Após a identificação dos clones que apresentaram baixo enraizamento (<50%) realizou-se nova coleta no minijardim e a instalação de um novo experimento utilizando-se



diferentes concentrações de AIB. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado em esquema bifatorial, sendo o primeiro fator composto por 4 clones (A100; A117, A126 e A138) e o segundo fator pelas concentrações de AIB (0, 1000, 2000 e 3000 mg L<sup>-1</sup>). Foram utilizadas 8 repetições de 10 estacas cada.

#### 5.4.3 Miniestquia e condições de cultivo

De cada clone foram preparadas miniestacas com 8 a 10 centímetros de comprimento, sendo a porção basal cortada em bisel e a porção superior incisada transversalmente, mantendo-se um par de folhas aciculares cortadas pela metade. No primeiro experimento (clones) não houve a utilização de regulador de crescimento. No segundo experimento (AIB em clones de baixo enraizamento), após o preparo as estacas foram imersas em solução hidroalcoólica, com a base das estacas permanecendo em contato com a solução por um período de 15 segundos.

Após preparadas, as miniestacas foram dispostas para enraizar em tubetes de polipropileno de 180 cm<sup>3</sup>, contendo vermiculita de granulometria média e substrato comercial (1:1 v/v) com a adição de 6 g L<sup>-1</sup> de Osmocote® (14-14-14, 3M), onde efetuou-se a inserção de aproximadamente 2 cm da base da miniestaca no substrato.

O substrato comercial para plantas, segundo o fabricante, é composto por turfa, vermiculita expandida, casca de pinus e carvão vegetal. As características químicas e físicas, após análise do substrato, são as seguintes: pH = 6,6; condutividade elétrica = 0,13 mScm<sup>-1</sup>; densidade úmida = 450,8 kg m<sup>-3</sup>; densidade seca = 302,7 kg m<sup>-3</sup>; umidade atual = 32,8 (%); porosidade total = 72,2 (%); espaço de aeração = 17,0 (%); água facilmente disponível = 12,2 (%); água tamponante = 2,4 (%); água remanescente = 40,5 (%); CRA10 – capacidade de retenção de água a 10 cm = 55,1; CRA50 = 42,9 e CRA100 = 40,5. A caracterização física e química do substrato foi realizada no Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, conforme a Instrução Normativa nº 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007) e Fermino (2003).

As bandejas contendo os tubetes com as miniestacas foram acondicionadas em estufim de cobertura plástica (estrutura apresentando 8,0 m de comprimento x 1,20 m de largura x 0,9 m de altura). A temperatura no interior do estufim varia geralmente entre 20-32 °C e umidade relativa do ar mantem-se superior a 80%, sendo a irrigação realizada por microaspersão durante 5 minutos, 5 vezes por dia. As miniestacas permaneceram nesta condição por 90 dias, momento em que foi realizada a avaliação do experimento.

#### 5.4.4 Variáveis e análise estatística

Em ambos experimentos foi avaliada a porcentagem de sobrevivência, porcentagem de estacas que apresentavam calos e porcentagem de estacas enraizadas. No experimento com diferentes concentrações de regulador de crescimento em clones de baixo enraizamento também foi avaliado o número de raízes, parâmetro que não foi analisado no experimento anterior, pois as mudas provenientes deste experimento foram destinadas ao plantio a campo. A contagem do número de raízes implica na desestruturação do substrato, causando sérios danos às raízes das mudas.

Foram consideradas sobreviventes as miniestacas que apresentavam lenho vivo, folhas velhas ou brotações jovens, enraizadas ou não. Para calos foram consideradas as miniestacas vivas, com formação de massa celular indiferenciada na base, enraizadas ou não. A porcentagem de enraizamento foi considerada sobre o total, não somente sobre as miniestacas sobreviventes. Considerou-se como enraizadas aquelas miniestacas com indução de primórdios radiculares de no mínimo 1 mm de comprimento.

Após a verificação da normalidade dos dados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e da homogeneidade pelo teste de Bartlett, realizou-se a análise de variância (ANOVA). Quando necessário, os dados foram transformados pela função  $(x + 0,5)^{0,5}$  e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

#### 5.5 RESULTADOS

Avaliando-se o enraizamento de miniestacas de diferentes clones mantidos no minijardim clonal, houve diferença significativa para as três variáveis analisadas (Tabela 8). A sobrevivência média entre os clones foi alta, quase 95%. Somente quatro clones apresentaram sobrevivência das miniestacas menor que 90%. Quanto à formação de calos, a exceção dos clones A116 e A140, todos os demais apresentaram mais de 80%.

O enraizamento, principal variável observada quando se trabalha com a técnica de miniestaquia, apresentou grande variação entre os clones (Tabela 8). Alguns clones (A113, A115, A127 e A136) apresentaram enraizamento de 100% ou muito próximo a isso. Metade dos clones avaliados exibiram índices de enraizamento entre 66,7% e 87,8% e somente quatro deles (A100, A117, A126 e A138) apresentaram enraizamento inferior a 50%.

TABELA 8– SOBREVIVÊNCIA (%), ENRAIZAMENTO (%) E ESTACAS COM EMISSÃO DE BROTOS NOVOS (%) DE *Sequoia sempervirens* OBTIDAS DE DIFERENTES CLONES ORIUNDOS DE MINIJARDIM CLONAL.

Matriz	Variável		
	% sobrevivência	% de calos	% enraizamento
A136	100,0 a*	95,2 a	98,1 a
A133	100,0 a	90,3 a	84,1 b
A131	100,0 a	100,0 a	66,7 b
A138	100,0 a	88,3 a	22,8 d
A100	100,0 a	87,9 a	36,9 c
A127	98,7 a	82,0 b	98,7 a
A115	98,4 a	100,0 a	95,4 a
A113	98,1 a	95,0 a	100,0 a
A227	95,6 a	91,0 a	87,8 b
A130	97,2 a	86,7 a	77,5 b
A116	96,4 a	75,0 b	84,2 b
A135	95,2 a	80,4 b	79,5 b
A117	88,7 b	98,0 a	48,7 c
A140	86,5 b	78,7 b	86,0 b
A228	86,4 b	85,1 b	86,4 b
A126	82,1 b	83,5 b	39,8 c
<i>P-valor</i>	<0,001	0,035	<0,001
CV%	19,2	24,4	22,1
Média geral	94,4	88,6	73,3

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

FONTE: O autor (2018).

Para os quatro clones que obtiveram enraizamento inferior a 50% no experimento inicial, submetidos à um novo experimento utilizando-se diferentes concentrações de AIB, houve efeito significativo do fator clone para sobrevivência (%) e formação de calos (Tabela 9). Para número de raízes em função do clone e concentrações de AIB não houve efeito significativo para as três variáveis analisadas.

A sobrevivência das miniestacas variou entre os clones, com valores compreendidos entre 88,1% (A138) e 99,4% (A126). A formação de calos também foi alta para a maioria dos clones, ficando próxima a 90%, com exceção de A117, que apresentou menor formação calogênica. O número de raízes apresentou uma média de 3,5, não exibindo diferença significativa entre clones e concentrações de AIB utilizadas.

TABELA 9 - SOBREVIVÊNCIA (%), FORMAÇÃO DE CALOS (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES CLONES E CONCENTRAÇÕES DE AIB.

		Sobrevivência (%)	Calos (%)	Nº de raízes
CLONE	A100	92,1 b*	89,4 a*	3,8 <sup>ns</sup>
	A117	92,4 b	76,5 b	3,7
	A126	99,4 a	92,3 a	3,2
	A138	88,1 b	92,5 a	3,4
AIB (mg L <sup>-1</sup> )	0	94,2 <sup>ns</sup>	92,5 <sup>ns</sup>	2,9 <sup>ns</sup>
	1000	92,7	84,0	3,3
	2000	94,3	85,0	3,7
	3000	91,7	85,0	3,8
	Média	93,0	87,2	3,5
	CV (%)	14,0	15,3	37,2

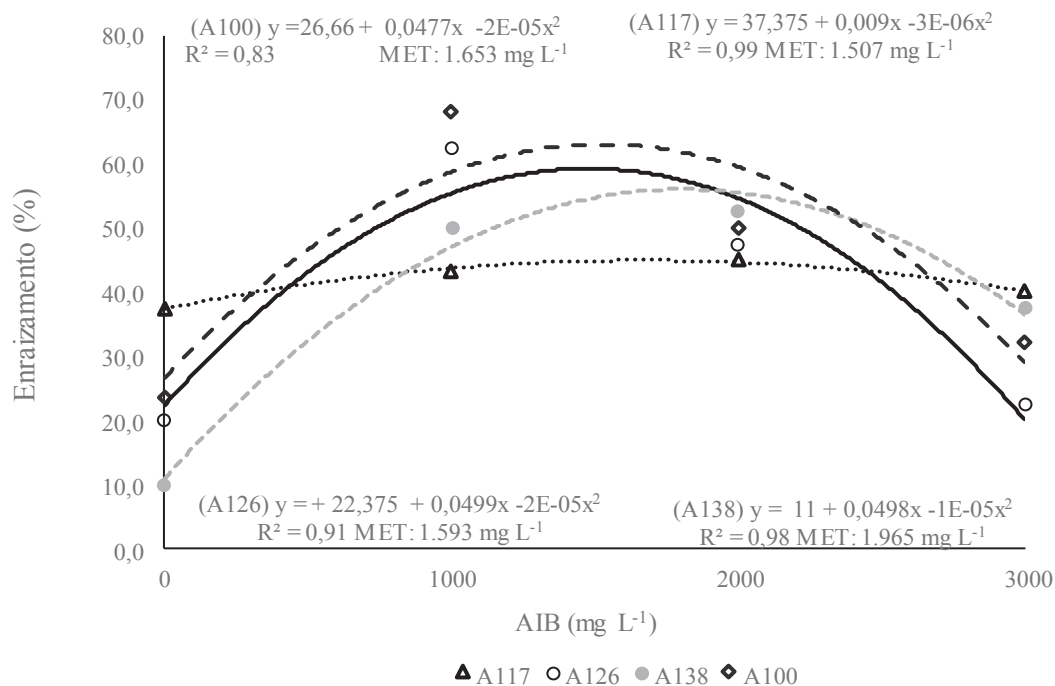
\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> - não significativo a 5% de probabilidade de erro.

FONTE: O autor (2018).

No que se refere à porcentagem de enraizamento houve interação entre os clones e as concentrações de AIB. Para todos os clones a função quadrática apresentou melhor ajuste (Figura 5). Para os clones A126, A138 e A100 o enraizamento sem regulador de crescimento foi inferior a 25%, com significativa elevação quando se fez uso de 1.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB. O clone A117 foi o único a apresentar enraizamento próximo a 40% sem o uso de AIB e manter o enraizamento próximo a este valor com o uso do regulador de crescimento.

Para os clones A126, A117 e A100 a concentração indicada pelo ajuste das equações fica próxima a 1.500 mg L<sup>-1</sup> de AIB. Somente para o clone A138 que a máxima resposta pode ser obtida com concentração próxima a 2.000 mg L<sup>-1</sup>. Para todos os clones o uso da maior concentração de AIB (2.000 mg L<sup>-1</sup>) apresentou resultados similares a não utilização do mesmo.

FIGURA 5 – ENRAIZAMENTO DOS CLONES A100, A117, A126 E A138 EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE AIB NA MINIESTAQUIA DE *Sequoia sempervirens*.



FONTE: O autor (2018).

## 5.6 DISCUSSÃO

Os bons resultados de sobrevivência das miniestacas para os 16 clones demonstram um adequado controle de temperatura e, principalmente, umidade proporcionado no ambiente de enraizamento (estufim) durante a condução do experimento, sendo indispensável que apresente condições adequadas para a manutenção das miniestacas (STUEPP et al., 2013). Além disso, destaca-se a própria capacidade das miniestacas da espécie em sobreviver, assemelhando-se a outras espécies propagadas de forma vegetativa como *Eucalyptus* (BRONDANI et al., 2010; GOULART et al., 2010; BORGES et al., 2011;) *Toona ciliata* (MORAES et al., 2014) e *Tectona grandis* (BADILLA et al., 2016).

A formação de calos em miniestacas de sequoia é comum (Tabela 8). Alguns clones apresentam a totalidade destas com a presença de estruturas calogênicas, já alguns apresentam menor formação, como por exemplo o clone A116 (75%). As raízes de miniestacas de sequoia, assim como outros gêneros de coníferas (*Cryptomeria*, *Larix*, *Podocarpus*, *Picea* e *Taxodium*) geralmente apresentam raízes surgindo de tecidos calogênicos externos (HARTMANN et al., 2011). Segundos os mesmos autores, em algumas espécies a formação de calo é um precursor

da formação de raízes adventícias. Contudo, a calogênese tem sido relatada como um entrave para o enraizamento de propágulos de várias espécies florestais (SINGH; ANSARI, 2014).

Em relação ao enraizamento obteve-se elevada variação nos resultados, apresentando bons índices para a grande maioria dos clones, com somente quatro deles com médias inferiores a 50%. A baixa taxa de miniestacas enraizadas pode estar relacionada à recalcitrância destes quatro clones. Assim, pode ocorrer seleção indireta desfavorável para crescimento ou características adaptativas, devido à propagação de genótipos específicos (mais propícios à miniestaquia), resultando em perda de clones no processo de seleção (OLIVEIRA et al., 2015).

Para a grande maioria dos clones os índices de enraizamento obtidos foram superiores a 80%, podendo-se considerar como muito promissores para a espécie, principalmente por se tratar de um material somente revigorado pela técnica de anelamento ou semianelamento nas árvores matrizes a campo e uma poda no minijardim clonal.

Outros trabalhos desenvolvidos com *Sequoia sempervirens* mostraram enraizamento inferior ao presente estudo, com valores entre 25 a 30% (DENLAY, 2007) e 30 a 35% (LUNA, 2008). Enraizamento similar (80%) foi alcançado somente em trabalho de Navroski et al. (2014). Todos os trabalhos referenciados fizeram uso de estacas para o enraizamento, não sendo encontrados relatos de trabalhos utilizando minijardins clonais, com posterior emprego de miniestacas na produção de mudas da espécie.

Essa grande diferença no enraizamento entre os clones revela possíveis efeitos genotípicos para esta característica. Borges et al. (2011) também comenta que o enraizamento adventício é uma característica que possui significativa correlação com o componente genético. Neste mesmo sentido, Dantas et al. (2016) comentam que o componente genético é um dos fatores que mais influenciam o enraizamento, havendo maior ou menor habilidade natural para formar raízes entre os diferentes clones. Melo (2009) também observou que existem diferenças no desempenho quanto ao potencial rizogênico entre materiais genéticos de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis*, variando de 0 a 100%.

Em um estudo com *Eucalyptus cloeziana*, propagado por miniestaquia, houve a indicação de um expressivo controle genético no enraizamento (OLIVEIRA et al., 2015). Os mesmos autores inferiram que houve rigor experimental e boa confiabilidade na predição dos valores genotípicos, com possibilidade de identificação de clones superiores visando o enraizamento adventício. A presença de considerável variação no enraizamento entre os clones indica a possibilidade de se praticar seleção entre clones de sequoia propagados via miniestaquia, sendo possível a obtenção de ganhos genéticos significativos.

A seleção quanto ao enraizamento de estacas/miniéstacas ocorre naturalmente nos viveiros, visto que genótipos/clones recalcitrantes para enraizamento são descartados (OLIVEIRA et al., 2015), principalmente em espécies já cultivadas. Contudo, para espécies ainda em testes iniciais de melhoramento, como a sequoia, o descarte destes materiais de menor enraizamento não deve ser feito, pois, clones com dificuldade de serem propagados por meio vegetativo podem possuir boas características silviculturais a campo, tornando-se interessantes a longo prazo.

No que diz respeito a aplicação de AIB nos clones com enraizamento inferior a 50%, observados no primeiro experimento, novamente percebeu-se diferença entre os clones para sobrevivência e formação de calos nas miniéstacas. Esse resultado mostra igualmente efeito genético para características relacionadas à propagação vegetativa por miniestaquia para sequoia. Em relação ao enraizamento observou-se efeito da aplicação exógena de auxina nos quatro clones. Sem a utilização de AIB, três dos quatro clones apresentaram baixa formação de raízes (<25%). Já com o uso de 1.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB houve elevação no enraizamento, chegando a atingir quase 70% para o clone A100.

A formação de raízes adventícias é um processo exigente de alta energia, que envolve a divisão celular, em que as células predeterminadas passam de seu caminho morfogênético para atuar como células-mãe para os primórdios da raiz; portanto, precisam de estímulos hormonais para a iniciação radicular (GEHLOT et al., 2014). Essa eficiência para a indução das raízes depende da presença de níveis endógenos de auxinas, que podem variar em função da idade, posição do propágulo e genótipo. Quando o fator responsável é o genótipo ou clone, pode-se fazer o uso de reguladores de crescimento exógenos, principalmente em casos de clones superiores.

O enraizamento de estacas/miniéstacas é especialmente controlado por níveis endógenos de reguladores vegetais, principalmente auxinas (LI et al., 2009; ZHU et al., 2010). As aplicações exógenas das auxinas podem elevar a porcentagem de enraizamento, devido à sua capacidade de atuar em tecidos vegetais localizados perto da região de excisão (HUSEN; PAL 2007), podendo estar relacionado às concentrações e ao tempo de imersão (WENDLING et al., 2010). Portanto, a aplicação de AIB atua como agente de metabolização e sinal para indução do enraizamento (HUSEN, 2008). Durante o contato externo com a célula, o AIB induz mudanças no metabolismo de enzimas, carboidratos, RNA, DNA e proteínas. Essas mudanças na região de enraizamento podem inibir ou promover a regeneração de raízes adventícias, principalmente durante a divisão e diferenciação celular (HUSEN; PAL 2007; KOMATSU et al., 2011).



Além dos efeitos sobre a diferenciação celular, as auxinas promovem a hidrólise do amido e a mobilização de açúcares e nutrientes para a base da miniestaca em que foi realizado o corte (DAS et al., 1997). No entanto, há uma quantidade considerável de evidências que mostram que as aplicações de auxinas são relacionadas ao tipo de material, variáveis ambientais e espécies/clones (BRENNAN; MUDGE, 1998; FETT -NETO et al., 2001) que afetam a capacidade de enraizamento.

Geralmente, as concentrações consideradas ótimas para a formação de raízes são muito particulares a cada situação (BRONDANI et al., 2010). Este fato foi observado no presente estudo, onde os clones apresentam comportamentos diferenciados quanto à necessidade de uso de AIB (Figura 5). Almeida et al. (2007), testando concentrações de 0 a 6.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB observaram que alguns clones de *Eucalyptus cloeziana*, espécie considerada de difícil propagação vegetativa, apresentaram maior potencial rizogênico das miniestacas somente quando tratadas com as maiores concentrações do regulador vegetal. Já Titon et al. (2003), observaram que as concentrações compreendidas entre 1.000 a 2.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB proporcionaram os melhores índices de enraizamento e sobrevivência de miniestacas para diferentes clones de *Eucalyptus grandis*.

A aplicação de reguladores vegetais está sujeita as condições fisiológicas e genéticas da planta matriz (KIBBLER et al., 2004), podendo não resultar em um aumento significativo de enraizamento, assim como foi observado para o clone A117 neste trabalho.

A aplicação de auxina induz o enraizamento em uma ampla gama de espécies de coníferas: *Thuja* sp. (GRIFFIN et al., 1998); *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* (HUNT et al., 2011), *Pseudotsuga menziesii* (COPES; MANDEL 2000); *Podocarpus falcatus* (NEGASH, 2003); *Pinus strobus* (GOLDFARB et al., 1998); *Pinus virginiana* (ROSIER et al., 2004); *Pinus radiata* (RICCI et al., 2008), entre outras. Geralmente a auxina pode ser mais benéfica em espécies ou clones difíceis de enraizar ou com menor predisposição ao enraizamento (HUNT et al., 2011), como observado no presente trabalho.

Em folhosas, o uso de auxina, especialmente do AIB, apresentou ganhos no enraizamento em variados gêneros e espécies, como: *Melaleuca alternifolia* (OLIVEIRA et al., 2012); *Vaccinium ashei* (MARANGON; BISASI, 2013); *Eugenia uniflora* (LATTUADA et al. (2011), *Handroanthus heptaphyllus* (OLIVEIRA et al., 2015), *Acacia mearnsii* (ENGEL, 2017) e *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* (dependendo do clone) (BRONDANI et al., 2010).

Contudo, em muitos casos a auxina não proporciona melhoria no enraizamento. Alcântara et al. (2008) trabalhando com miniestacas de *Pinus taeda*; Dias et al. (2012) com *Anadenanthera macrocarpa*; Ferreira et al. (2010) com *Sapium glandulatum*; Cunha et al.

(2008) com *Erythrina falcata*; Silva et al. (2010) com *Calophyllum brasiliensis* e Sousa et al. (2013) com *Ficus carica*, notaram que essas espécies apresentam aptidão natural ao enraizamento das miniestacas, não justificando a aplicação de ácido indolbutírico para a indução de raízes adventícias.

Acima de 2.000 mg L<sup>-1</sup>, a aplicação de AIB ocasionou uma redução no enraizamento das miniestacas. Isso acontece em função da auxina exógena ter ultrapassado seu ponto máximo de aproveitamento, ponto a partir do qual se torna inibitória (POP et al., 2011). Neste sentido, Hartmann et al. (2011) colocam que quando se faz a aplicação de reguladores vegetais, há efeito de estímulo à indução radicial, porém, esse estímulo vai até um ponto máximo, a partir do qual se torna inibitório. Resultado semelhante, com redução no enraizamento a partir de uma concentração ideal, também foi relatado em *Sequoia sempervirens* (NAVROSKI et al., 2015) e outras espécies: *Juniperus excelsa* (ESMAEILNIA et al., 2006); *Taxus wallichiana* (KAUL, 2008) e *Handroanthus heptaphyllus* (OLIVEIRA et al., 2015).

## 5.7 CONCLUSÕES

Existe ampla variação (37 a 100%) no enraizamento de miniestacas entre os clones de sequoia. A sobrevivência e formação de calos exibe menor variação, com ambas variáveis apresentando uma média próxima a 90%.

Os clones com enraizamento inferior a 50%, posteriormente submetidos a aplicação de AIB apresentaram respostas variadas entre si, porém significativas com o uso do regulador, recomendando-se utilizar concentrações entre 1.000 a 2.000 mg L<sup>-1</sup>.

## 5.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTARA, G. B.; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 151-156, 2008.

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

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.

ALVARENGA, L. R.; CARVALHO, V. D. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas frutíferas. **Informe Agropecuário**, v. 9, p. 47-55, 1983.

BADILLA, Y.; XAVIER, A.; MURILLO, O.; PAUVA, H. N. IBA efficiency on mini-cutting rooting from teak (*Tectona grandis* Linn F.) clones. **Revista Árvore**, v.40, n.3, p. 477-485, 2016.

BORGES, S. R.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; MELO, L. A.; ROSADO, M. A. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.

BRENNAN, E. B.; MUDGE, K. W. Vegetative propagation of *Inga feuillei* from shoot cuttings and air layering. **New Forests**, v. 15, n. 1, p. 37-51, 1998.

BRONDANI, G. E.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. 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, 2010.

COPEES, D. L.; MANDEL, N. L. Effects of IBA and NAA treatments on rooting Douglas-fir stem cuttings. **New Forests**, v. 20, n. 4, p. 249–257, 2000.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.607-615, 2009.

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**, Santa Maria, v.18, n.1, p. 85-92, 2008.

DANTAS, A. K., MAJADA, J.; DANTAS, F. K.; DELATORRE, C.; GRANDA, V.; LALLEJO, P.; FEITO, I. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Castanea sativa* Mill. **Revista Árvore**, v.40, n.3, p.465-475, 2016.

DAS, P.; BASAK, U. C.; DAS, A. B. Metabolic changes during rooting in pre-girdled stem cuttings and air-layers of *Heritiera*. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v. 38, n. 2, p. 91-95. 1997.

DEL TREDICCI, P. Redwood burls: immortahty underground. **Arnoldia**, v. 59, n. 3, p. 14-22, 1999.

DENLAY, T. Personal communication. Azusa (CA): Monrovia Nursery. **Plant Propagation Coach**. 2007.

DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S. de; PAIVA, H. N. de; CORREIA, A. C. G. 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.

ENGEL, M. L.; HIGA, A. R.; ALCANTARA, G. B.; FLORES JUNIOR, P. C.; SOARES, I. D. Enraizamento de miniestacas de diferentes clones de *Acacia mearnsii* De Wildeman com aplicação de AIB. **Revista Espacios**, v. 38, n. 23. 2017.

ESMAEILNIA, M., JALALI, S.GH.A., TABARI, M., HOSSEINI, S.M. Influence of plant growth regulator IBA on vegetative propagation of *Juniperus excelsa*. **Iranian Journal of Forest and Poplar Research** v. 14, p. 221–227, 2006.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos**. 89 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; NOGUEIRA, A. C. 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.

FETT-NETO, A. G.; FETT, J.; GOULART, L. W. V.; PASQUALI, G.; TERMIGNONI, R. R.; FERREIRA, A. G. Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v. 21, n. 7, p. 457-464. 2001.

GEHLOT, A.; GUPTA, R. K.; TRIPATHI, A.; ARYA I. D.; ARYA, S. Vegetative propagation of *Azadirachta indica*: effect of auxin and rooting media on adventitious root induction in mini-cuttings. **Advance in Forestry Science**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2014.

GOLDFARB, B.; HACKETT, W. P.; FURNIER, G. R.; MOHN, C. A.; PLIETZSCH, A. Adventitious root initiation in hypocotyl and epicotyl cuttings of eastern white pine (*Pinus strobus*) seedlings. **Physiologia Plant**, v. 102, n.4, p. 513–522. 1998.

GOULART, P. B.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Efeito de antioxidantes no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.6, p.961–972, 2010.

GRIFFIN, J. J.; BLAZICH, F. A.; RANNEY, T. G. Propagation of Thuja x ‘Green Giant’ by stem cuttings: effects of growth stage, type of cutting, and IBA treatment. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 16, n. 4, p. 212–214, 1998.

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

HUNT, M. A.; TRUEMAN, S. J.; RASMUSSEN, A. Indole-3-butyric acid accelerates adventitious root formation and impedes shoot growth of *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* cuttings. **New Forests**, v. 41, n. 3, p. 349-360, 2011.

HUSEN, A. Clonal propagation of *Dalbergia sissoo* Roxb. and associated metabolic changes during adventitious root primordium development. **New Forests**, v. 36, n. 1, p. 13-27, 2008.

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

IRITANI, C.; SOARES, R. V.; GOMES, A. V. Aspectos morfológicos da aplicação de reguladores do crescimento nas estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. **Acta Biológica Paranaense**, v.15, p. 21-46, 1986.

KAUL, K., Variation in rooting behaviour of stem cuttings in relation to their origin in *Taxus wallichiana* Zucc., **New Forests**, v. 36, p. 217-224, 2008.

KOMATSU, Y. H.; BATAGIN-PIOTTO, K. D.; BRONDANI, G. E.; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M. In vitro morphogenic response of leaf sheath of *Phyllostachys bambusoides*. **Journal of Forestry Research**, v. 22, n. 2, p. 209-215, 2011.

KORBAN, S. S.; SUL, I. - W. **Micropropagation of coast redwood (*Sequoia sempervirens*)** In: JAIN, S. M.; HÄGGMAN, H. Protocols for micropropagation of woody trees and fruits. Springer, Berlin; 2007.

LI, S. W.; XUE, L.; XU, S.; FENG, H.; AN, L. Mediators, genes and signaling in adventitious rooting. **The Botanical Review**, v. 75, n. 2, p. 230-247, 2009.

LINHART, Y. B.; LIBBY, W. J. **Vegetative propagation of coast redwood**. Berkeley (CA): University of California, Berkeley, 10 p, 1965.

LUNA, T. Vegetative Propagation of Coastal Redwood (*Sequoia sempervirens* (Lamb. ex D. Don) Endl.). **Native Plants Journal**, Washington, v. 9, n. 1, p. 25 - 28. 2008.

MARANGON, M. A.; BIASI, L. A. Estaquia de mirtilo nas estações do ano com ácido indolbutírico e aquecimento do substrato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 25-32, 2013.

MELO, L. A. **Armazenamento, aplicação de antioxidante e otimização do tempo em casa de vegetação de no enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus grandis***. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa SDA Nº 17: Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo**. Brasília, Diário Oficial da União - Seção 1, nº 99, 2007.

MORAES, D. G. **Enraizamento de miniestacas caulinares e foliares de cedro australiano e brotação de minicepas**. Trabalho Monográfico – Agronomia - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 20p. 2008.

NEGASH, L. Vegetative propagation of the threatened East African yellowwood (*Podocarpus falcatus*). **South African Journal of Botany**, v. 69, n. 2, p. 170–175, 2003.

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**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 313-320, 2016.

OLIVEIRA, T. P. F., BARROSO, D. G., LAMÔNICA, K. R., CARVALHO, V. S., OLIVEIRA, M. A. Efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 1043-1051, 2015.

OLIVEIRA, Y.; ALCANTARA, G. B.; GUEDES, I.; PINTO, F.; QUOIRIN, M.; BIASI, L. A. Substratos, concentrações de ácido indolbutírico e tipos de miniestacas no enraizamento de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 4, p. 611-616, 2012.

OLSON, D. F.; ROY, D. F.; WALTERS, G. A. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl, redwood. In BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. [eds.], **Silvics of North America**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook, v. 1, p. 541 – 551, 1990.

PESCADOR, R.; VOLTONI, A. C.; GIRARDI, C. G.; ROSA, F. A. F. Estaquia de Pariparobado-Rio Grande do Sul sob efeito do ácido indol-butírico em dois substratos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 391-398, 2007.

POP, T. I., PAMFIL, D., BELLINI, C. Auxin Control in the Formation of Adventitious Roots. *Notulae Botanicae*. **Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 39, n. 307-316, 2011.

RICCI, A.; ROLLI, E.; DRAMIS, L.; DIAZ-SALA, C. N. N'-bis-(2, 3-Methylenedioxyphenyl) urea and N, N'-bis (3, 4-Methylenedioxyphenyl) urea enhance adventitious rooting in *Pinus radiata* and affect expression of genes induced during adventitious rooting in the presence of exogenous auxin. **Plant Science**, v. 175, p. 356–363. 2008.

ROSIER, C. L.; FRAMPTON, J.; GOLDFARB, B.; WISE, F. C.; BLAZICH, F. A. Growth stage, auxin type, and concentration influence rooting of Virginia pine stem cuttings. **HortScience**, v. 39, n. 6, p. 1392–1396, 2004.

SILVA, R. L.; OLIVEIRA, M. L.; MONTE, M. A.; XAVIER, A. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia. **Agronomía Costarricense**, San José, v. 34, n. 1, p. 99-104, 2010.

SINGH, S.; ANSARI, S. A. Callus formation impedes adventitious rhizogenesis in air layers of broadleaved tree species. **Annals of Forest Research**, v. 57, n. 1, p. 47-54, 2014.

SOUSA, C. M.; BUSQUET, R. N.; VASCONCELLOS, M. A. S.; MIRANDA, R. M. Effects of auxin and misting on the rooting of herbaceous and hardwood cuttings from the fig tree. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 334-338, 2013.

STUEPP, C. A.; PEREIRA, G. P.; ZEM, L. M.; PEÑA, M. L.; BUENO, P. M. C.; SPADER, V.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; ROSA, G. M. Enraizamento de melaleuca: influência da altura de coleta das estacas e aplicação de AIB. **Colloquium Agrariae**, v.9, p.01-09, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed., Porto Alegre: Artmed, 954p, 2013.

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C.; REIS, G. G. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2003.

VALMORBIDA, J.; BOARO, C. S. F.; LESSA, A. O.; SALERNO, A. R. Enraizamento de estacas de *Trichilia catigua* A. Juss (catigua) em diferentes estações do ano. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 435-442, 2008.



WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F.; HANSEL, F. A. Mini-cuttings technique: a new ex vitro method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, v. 39, n. 3, p. 343-353. 2010.

WENDLING, I.; FERRARI, M.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Bentham) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis**. Colombo: Embrapa Florestas, 5 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 130), 2005.

WENDLING, I.; GATTO, A.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, v. 2. 145 p, 2002.

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

ZHU, X. Y.; CHAI, S. J.; CHEN, L. P.; ZHANG, M. F.; YU, J. Q. Induction and origin of adventitious roots from chimeras of *Brassica juncea* and *Brassica oleracea*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 101, n. 3, p. 287-294, 2010.



## 6 ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE *Sequoia sempervirens* (D. DON) ENDL. EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES E REAPLICAÇÕES DE AIB<sup>2</sup>

### 6.1 RESUMO

Objetivou-se analisar diferentes concentrações de AIB em sucessivas reaplicações em *Sequoia sempervirens*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial com 3 (concentrações de AIB) x 5 (reaplicações). Seis meses após o estaqueamento avaliou-se sobrevivência (%), enraizamento (%) e número de raízes. Após essa avaliação as estacas foram submetidas a um novo experimento, onde houve o corte dos calos e reaplicação de AIB. O uso de 6.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB promoveu a maior mortalidade de estacas (9,9%), entretanto, reaplicado quinzenalmente apresentou maior enraizamento (86,4%) e número de raízes (5,32). Para as estacas não enraizadas em seis meses, a lesão dos calos proporcionou bom enraizamento e sobrevivência.

Palavras-chave: Silvicultura clonal, coníferas, estaquia, auxina, calos.

### 6.2 ABSTRACT

The objective of this study was to analyze different concentrations of IBA in successive replications in *Sequoia sempervirens*. The experiment was conducted in a completely randomized design (DIC), in a factorial scheme with 3 (concentrations of IBA) x 5 (reapplications). Survival (%), rooting (%) and number of roots were evaluated six months after staking. After this evaluation the cuttings were submitted to a new experiment, where the callus was cut and IBA was reapplied. The use of 6,000 mg L<sup>-1</sup> of IBA promoted the highest mortality of cuttings (9.9%), however, reapplied biweekly with greater rooting (86.4%) and number of roots (5.32). For cuttings not rooted in six months, callus lesion provided good rooting and survival.

Keywords: Clonal forestry; conifers, cutting, auxin, callus.

### 6.3 INTRODUÇÃO

A sequoia (*Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl.) é uma espécie nativa da metade noroeste dos Estados Unidos, principalmente da costa central e norte da Califórnia. É uma das espécies mais altas e volumosas do mundo, podendo atingir alturas superiores a 100 metros e

---

<sup>2</sup> Artigo publicado na Revista Spacios (v.38, p.15-26, 2017)

diâmetro a altura do peito (DAP) superior a 4 metros. Nos locais onde a sequoia é nativa a altura média dos indivíduos é de aproximadamente 60 metros (ALDEN, 1997). É uma espécie que apresenta copa piramidal; fuste reto e levemente cônico; casca grossa, esponjosa, fibrosa e de cor marrom. Os ramos são perpendiculares ao tronco, com folhas perenes inseridas helicoidalmente, ficando mais espessas durante o inverno (KANNEGIESSER, 1990; ALDEN, 1997).

O clima em que a espécie se desenvolve é classificado como temperado superúmido ou úmido com influência oceânica. As temperaturas médias anuais variam entre 10 e 16 °C e a diferença entre a média mínima e máxima anual não supera 16,7 °C. A espécie suporta temperaturas extremas negativas, onde pode tolerar temperaturas inferiores a -10°C, bem como altas temperaturas, suportando até 38°C. A precipitação varia entre 635 a 3100 mm, distribuídos principalmente no inverno (OSLON; ROY, 1989). Plantios realizados no Chile mostram que a espécie apresenta maior adaptação e crescimento em regiões com inverno frio e úmido, podendo ocorrer geadas e verões quentes com elevada umidade (TORAL et al., 2003). Neste país é importante destacar que existem alguns plantios que mostram a espécie com potencial para plantio comercial, apresentando incrementos de até 30 m<sup>3</sup>/ha/ano em uma rotação de 30 a 40 anos (VILLANUEVA, 1995).

A demanda pelo cultivo de novas espécies florestais tem sido crescente e a madeira de espécies mais nobres vem sendo cada vez mais valorizada economicamente. A madeira de sequoia é uma das mais valiosas e desejadas em todo mercado internacional apresentando cerne marrom-avermelhado e alburno com tonalidade branca (TORAL et al., 2003).

A madeira de sequoia, apesar de possuir baixa densidade (0,42 g/cm<sup>3</sup>) (PÉREZ, 1983), possui boa estabilidade dimensional e resistência à deterioração, além de outras características favoráveis para fabricação de painéis e produção de celulose (DIEL; FRIZZO, 2002). Apresenta características como boa usinabilidade e aderência para tintas e vernizes, além de não apresentar resinas, típicas de madeira de coníferas. Essas qualidades tornam a madeira de sequoia atrativa para a produção de painéis e uso na indústria moveleira (SPICHINGER, 2004).

A sequoia é uma espécie que apresenta propagação principalmente por sementes, entretanto, a taxa de germinação das sementes (média de 10%) e a viabilidade das plântulas são muito baixas (BOE, 1974). Além disso, plantas jovens apresentam menor viabilidade das sementes, sendo que a maior viabilidade foi obtida em árvores com 250 anos de idade (OLSON et al., 1990).

Na produção de mudas, para reduzir os problemas com a baixa germinação e viabilidade das plântulas pode-se utilizar a propagação vegetativa por estaquia. Entretanto, a estaquia de

sequoia pode apresentar problemas no enraizamento e baixa produção de raízes finas na estaca, o que pode prejudicar a sobrevivência das mudas (LIU et al., 2006). É possível obter mais de 90% de enraizamento com o uso de matrizes jovens e irrigação por nebulização, além de reguladores de crescimento (OLSON et al., 1990).

Os fatores que incidem diretamente na formação de raízes em estacas de sequoia são principalmente os tratamentos com reguladores de crescimento (auxinas) e o grau de juvenilidade do material de onde se retiram as estacas (TEIXEIRA, 1981). A aplicação de auxinas é um procedimento que se utiliza frequentemente para a indução de raízes em estacas de sequoia (JARVIS; YASMIN, 1987). Devido à elevada estabilidade e capacidade de indução de raízes, o ácido indolbutírico (AIB) é preferível para a utilização em relação ao ácido indolacético (AIA), o qual é rapidamente metabolizado e inativado pela planta quando aplicado (PLUSS et al., 1989).

A propagação vegetativa de sequoia através de estacas segue os mesmos métodos que se aplicam na propagação de outras coníferas, onde materiais juvenis apresentam maior capacidade de enraizamento, diminuindo com o aumento da idade (VILCHES, 2004). O tempo para enraizamento de coníferas normalmente é longo, podendo variar de 5 meses (BLYTHE, 1985; LUNA, 2008) até um ano (GIL-ALBERT; BOIX, 1978). As porcentagens de enraizamento variam de acordo com a origem parental das estacas, os tratamentos aplicados (AIB) e de acordo com fatores ambientais, principalmente a umidade e temperatura (VILCHES, 2004).

Para espécies de enraizamento lento a reaplicação de auxinas pode ser uma alternativa para melhorar o enraizamento das estacas, visto que a aplicação única no momento do estaqueamento pode reduzir a efetividade durante o longo período de enraizamento das estacas. Essa demanda por auxinas pode ser maior em estacas mais lignificadas, em que o tempo de enraizamento é maior.

No Brasil há poucos estudos realizados com *Sequoia sempervirens*, principalmente no que se refere à propagação vegetativa da espécie. Cabe destacar que até o momento não existem antecedentes de outros trabalhos envolvendo a propagação vegetativa de forma massiva para fins produtivos. Na América do Sul é importante destacar o trabalho com propagação vegetativa de sequoia realizado por Vilches (2004) no Chile.

Desta forma, o trabalho teve como objetivo analisar diferentes concentrações de AIB em sucessivas reaplicações em estacas de *Sequoia sempervirens* e o efeito de lesões e aplicação de AIB nos calos das estacas.

#### 6.4 MATERIAIS E MÉTODOS

O local de coleta do material vegetal está situado em área pertencente à Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA), localizada no município de São Francisco de Paula, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, entre as coordenadas 29°24' e 29°27'S e 50°22' e 50°25'W e sua altitude máxima é de 923m. No município a precipitação média anual é estimada em 2.252 mm. Chove regularmente todos os meses do ano e as chuvas mais intensas ocorrem durante a primavera e o verão. O clima é do tipo Cfb, mesotérmico, superúmido, com verão brando e inverno frio. É frequente a formação de geada e, mais eventualmente, queda de neve. Toda a região está sujeita a frequentes e intensos nevoeiros e os ventos predominantes são E/SE/NE (FERNANDES; BACKES 1998; BACKES, 1999).

O material vegetal deriva de um plantio realizado entre os anos de 1974 e 1975 (sem definição da data correta). As mudas utilizadas no plantio foram originadas de sementes, sendo estas provenientes da Califórnia (Estados Unidos). Para a realização deste experimento foi utilizado material de somente um indivíduo. A árvore matriz utilizada no experimento foi decepada a aproximadamente 15 cm de altura e apresentava diâmetro na região da decepa de 78,0 cm. Aproximadamente um ano após a decepa as brotações, apresentando em torno de um a dois metros, foram coletadas e transportadas em caixa de isopor contendo gelo ao fundo e cobertas por folhas de jornal umedecido com água até o Viveiro Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Das brotações foram preparadas estacas com aproximadamente dez centímetros de comprimento. A porção basal foi cortada em bisel e a porção superior incisada transversalmente, mantendo-se um par de folhas cortadas pela metade. Para tratamento fitossanitário as estacas foram mergulhadas durante 5 minutos em 2 litros de solução de hipoclorito de sódio a 1,5% de cloro ativo, seguida de imersão em água corrente durante 5 minutos e, por fim, imersão em fungicida com princípio ativo Benomyl (5 %) por 5 minutos.

As estacas foram imersas em solução hidroalcoólica de AIB, com sua base permanecendo em contato com a solução por um período de 15 segundos. O tratamento controle foi veiculado com solução hidroalcoólica isenta de regulador vegetal durante o mesmo período. Após o estaqueamento, a cada determinado período, as estacas receberam novas reaplicações de AIB seguindo as mesmas concentrações da primeira aplicação, sendo adicionado 0,5 ml da solução em cada tubete contendo a estaca. As reaplicações foram efetuadas com uma seringa com capacidade máxima de 2 ml, sendo realizadas até 120 dias após estaqueamento.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 5. O fator A foi constituído por três concentrações de AIB (0, 3000 e 6000 mg L<sup>-1</sup>), e o fator B pelas reaplicações da auxina (15, 30, 45, 60 dias e sem reaplicação). Foram utilizadas 10 repetições de 5 estacas por unidade experimental.

As estacas foram colocadas em tubetes de polipropileno de 180 cm<sup>3</sup>, contendo vermiculita de granulometria média e substrato comercial (1:1 v/v). Segundo informações do fabricante, o substrato comercial para plantas misto é composto por turfa, vermiculita expandida, casca de pinus e carvão vegetal. As características descritas na embalagem do produto são: pH = 6,0 (± 0,5); condutividade elétrica = 0,7 (± 0,3) mS cm<sup>-1</sup>; densidade = 500 kg m<sup>-3</sup>; capacidade de retenção de água – CRA (p/p) = 150% e umidade máxima (p/p) = 50%. A vermiculita expandida de granulometria média possui pH = 7,0 (± 0,5); condutividade elétrica = 0,7 (± 0,5) mS cm<sup>-1</sup>; densidade = 80 kg m<sup>-3</sup>; capacidade de retenção de água – CRA = 60% e umidade máxima = 10%.

As bandejas contendo os tubetes com as estacas foram acondicionadas em casa de vegetação, com temperatura entre 20 a 30°C e irrigação por microaspersão, permanecendo até a avaliação do enraizamento (180 dias). Aos 30, 90 e 150 dias após estaqueamento foram retiradas duas estacas por tratamento para efetuar o acompanhamento da formação calogênica e eventualmente o início da formação radicial (observação visual).

Após a avaliação do enraizamento as estacas sobreviventes e não enraizadas foram submetidas a um novo experimento de corte dos calos e aplicação de AIB. Os tratamentos consistiram de um tratamento testemunha (calo intacto e sem aplicação de AIB); calos cortados pela metade com imersão da base em AIB (6.000 g L<sup>-1</sup>) e calos cortados pela metade sem aplicação de AIB. As estacas do tratamento com aplicação de AIB (6.000 g L<sup>-1</sup>) tiveram a parte basal (calos) em contato com a solução hidroalcoólica por um período de 15 segundos. O substrato utilizado e as condições de cultivo foram as mesmas descritas anteriormente. A nova avaliação do enraizamento das estacas foi realizada 120 dias após estaqueamento. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições de 6 estacas por unidade experimental.

Em ambos os experimentos avaliou-se a sobrevivência (%), estacas que apresentavam calos (%); estacas enraizadas (%) e número de raízes emitidas por estaca enraizada. Foram consideradas sobreviventes as estacas que apresentavam lenho vivo, folhas velhas ou brotações jovens, enraizadas ou não. Para a avaliação de estacas com formação calos foram consideradas as estacas que estavam vivas, com formação de massa celular indiferenciada na base, enraizadas ou não. A porcentagem de estacas enraizadas foi considerada sobre o total, não somente sobre

as estacas sobreviventes. Considerou-se como enraizada a estaca com indução de primórdios radiculares de no mínimo 1 mm de comprimento.

Após a verificação da normalidade dos dados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e da homogeneidade pelo teste de Bartlett realizou-se a análise de variância (ANOVA). Quando necessário, os dados foram transformados pela função  $(x + 0,5)^{0,5}$ , e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

## 6.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sobrevivência das estacas de sequoia apresentou influência das concentrações de AIB (Tabela 10), não apresentando relação com as reaplicações da auxina nos intervalos estudados. Quanto maior a concentração de AIB, maior foi a mortalidade, atingindo quase 10% de estacas mortas com o uso de 6000 mg L<sup>-1</sup> do produto. O AIB pode provocar sintomas de fitotoxicidade, como amarelecimento ou queda das folhas e podridão na base da estaca, causando muitas vezes a morte das estacas (ROCHA et al., 2004).

TABELA 10 - SOBREVIVÊNCIA (%) DE ESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE AIB APÓS 6 MESES DE ESTAQUEAMENTO.

AIB (mg L <sup>-1</sup> )	Sobrevivência (%)
0	97,7a*
3000	95,5 <sup>a</sup>
6000	90,1b

\*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. FONTE: O autor (2018).

Um dos motivos que pode auxiliar na sobrevivência das estacas, mesmo sem a ocorrência do enraizamento, é o desenvolvimento dos calos na base da estaca, os quais podem, durante algum tempo, realizar a função das raízes, ou seja, absorção de água e sais minerais (HARTMANN et al., 2011). A totalidade das estacas que sobreviveram apresentaram formação de calos no final do experimento (180 dias) (foi realizada avaliação somente no final do experimento para não atrapalhar ou influenciar o processo de enraizamento das estacas), independente da concentração ou reaplicação do AIB.

Os calos apresentaram um rápido desenvolvimento, sendo possível a sua visualização na base das estacas após 30 dias do estaqueamento. Nesse período os calos apresentavam-se com formato friável, possuindo coloração clara, com células facilmente separáveis umas das outras, de formato arredondado e tamanho pequeno (NAVROSKI et al., 2013) (Figura 6A). A proliferação de células calogênicas que ocorre na base da estaca tem origem principalmente do

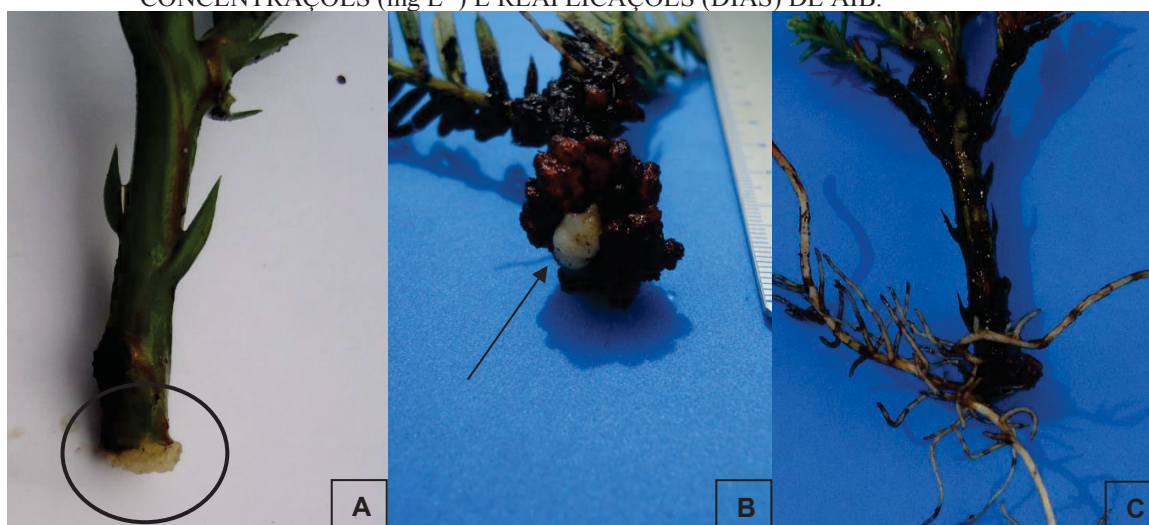


cambio vascular, embora o córtex e a medula também possam contribuir para a formação (HARTMANN et al., 2011).

Aos 120 dias após o estaqueamento os calos apresentavam um formato compacto, caracterizados pelo escurecimento das células e paredes mais compactas e coesas (Figura 6B), entretanto, em alguns calos foi possível visualizar o desenvolvimento de estruturas mais jovens (área destacada na Figura 6B). O calo é uma massa irregular de células parenquimáticas em diversos estados de lignificação que geralmente se desenvolvem na base das estacas quando colocadas em condições ambientais favoráveis ao enraizamento, havendo relatos de que as primeiras raízes aparecem com frequência através do calo, conduzindo à suposição de que a formação do calo é essencial para o enraizamento em algumas espécies (THOMAS et al., 2003). Esse fato foi verificado na avaliação final do experimento, na qual, as raízes geradas originaram-se dos calos (Figura 6C).

As raízes de estacas de sequoia normalmente surgem de tecidos calogênicos externos, a exemplo de outros gêneros de coníferas como *Cryptomeria*, *Larix*, *Podocarpus* e *Taxodium* (HARTMANN et al., 2011). Segundos os mesmos autores, em algumas espécies a formação de calos é um precursor da formação de raízes adventícias. Além disso, a formação de calos pode ser benéfica em plantas que enraízam lentamente, como a sequoia, pois proporcionam uma capa protetora que retarda o aparecimento da podridão. O aparecimento de calos na base das estacas e posterior enraizamento, pode sinalizar que a espécie é classificada como de difícil enraizamento.

FIGURA 6 - DESENVOLVIMENTO DAS ESTRUTURAS CALOGÊNICAS AOS 30 (A), 120 (B) E 180 (C) DIAS APÓS ESTAQUEAMENTO DE ESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES ( $\text{mg L}^{-1}$ ) E REAPLICAÇÕES (DIAS) DE AIB.



FONTE: O autor (2018).



Em relação à porcentagem de enraizamento, houve interação significativa ( $p=0,0008$ ) entre as concentrações e reaplicações do AIB (Tabela 11). Na ausência do AIB ( $0 \text{ mg L}^{-1}$ ) não houve diferença com as reaplicações, resultado aguardado, visto que realizou-se somente a aplicação da solução hidroalcoólica. É importante ressaltar que mesmo sem a aplicação do AIB houve considerável enraizamento das estacas (média de 33,4%), mostrando que o rejuvenescimento através da decepa dos indivíduos é importante para o revigoramento das estacas, interessante para se obter maior enraizamento (XAVIER et al., 2013).

TABELA 11 - ENRAIZAMENTO (%) DE ESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES ( $\text{mg L}^{-1}$ ) E REAPLICAÇÕES (DIAS) DE AIB APÓS 6 MESES DE ESTAQUEAMENTO.

Reaplicação de AIB (dias)	Enraizamento (%)		
	$0 \text{ mg L}^{-1}$	$3000 \text{ mg L}^{-1}$	$6000 \text{ mg L}^{-1}$
15	30,8aC <sup>(1)</sup>	62,6aB	86,4aA
30	33,7aB	38,5bB	62,5bA
45	37,8aB	26,9bB	60,8bA
60	28,9aA	36,0bA	32,0cA
Sem reaplicação	36,0aA	28,5bA	33,3cA

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

FONTE: O autor (2018).

Quando se utilizou a concentração de  $3000 \text{ mg L}^{-1}$  de AIB, a maior taxa de enraizamento foi obtida com a reaplicação da auxina quinzenalmente (Tabela 11). Utilizando-se reaplicações de  $3000 \text{ mg L}^{-1}$  de AIB a cada 15 dias elevou-se em praticamente 30% o enraizamento das estacas em relação aos outros períodos de reaplicação.

A auxina na concentração de  $3000 \text{ mg L}^{-1}$  aplicada somente no momento do estaqueamento não apresenta efeito no enraizamento, visto que a porcentagem de enraizamento foi similar aos tratamentos sem o uso do AIB. Esse mesmo comportamento também foi observado quando se fez uso de  $6000 \text{ mg L}^{-1}$  de AIB aplicado somente no estaqueamento ou a cada 60 dias entre cada reaplicação. A maior porcentagem de enraizamento foi obtida com o uso de  $6000 \text{ mg L}^{-1}$  de AIB reaplicado a cada 15 dias. Bons índices de enraizamento (~60%) utilizando essa concentração de AIB também foram obtidos com reaplicações de 30 e 45 dias.

Esse resultado demonstra que a aplicação de auxina exógena é fundamental para elevar a porcentagem de enraizamento de estacas de sequoia. Os ganhos advindos da aplicação dos reguladores de crescimento têm sido mais frequentes em materiais com maior dificuldade de enraizamento, seja por questões genéticas ou em função do estágio de maturação dos propágulos (XAVIER et al., 2013).

Tão importante quanto à concentração dos reguladores de crescimento na indução da rizogênese adventícia é a existência de um adequado balanço hormonal endógeno, especialmente entre auxinas, giberelinas e citocininas, ou seja, um equilíbrio entre promotores e inibidores do processo de iniciação radicular (OSTERC; STAMPAR, 2009; COSTA et al., 2013). A maneira mais comum de promover esse equilíbrio é pela aplicação exógena de reguladores de crescimento sintéticos, como o AIA e principalmente o AIB, que podem elevar o teor de auxinas nos tecidos (GONTIJO et al., 2003).

Além disso, o sucesso de enraizamento é influenciado por uma série de outros fatores, como os minerais, hidratos de carbono, sazonalidade, estado de maturação das árvores matrizes e outros componentes bioquímicos, tais como compostos fenólicos (COSTA et al., 2013). A resposta dos tecidos a auxina pode ser regulada por fatores como a sensibilidade de uma célula ao sinal da auxina (STEWART; NEMHAUSER, 2010) e a concentração de fatores inibitórios ao enraizamento na base das estacas (FORD et al., 2002). Além disso, o ferimento na base da estaca, e após, o aparecimento de calos, serve como um estímulo a receptividade para responder a auxina e outros compostos internos essenciais para o enraizamento (HARTMANN et al., 2011).

Os índices de enraizamento obtidos nesse estudo são superiores aos encontrados por Denlay (2007), onde tratando estacas de sequoia com 1000 mg L<sup>-1</sup> de AIB atingiu 25 a 30% de enraizamento. Segundo os autores, as estacas permanecem por aproximadamente oito meses em casa de vegetação para ocorrer o enraizamento. O tempo de cinco meses para enraizar obtido neste estudo é igual ao registrado por Luna (2008), onde o enraizamento de estacas de sequoia atingiu entre 30 a 35% utilizando-se enraizador comercial (Hormex<sup>®</sup>).

Em relação ao número de raízes também houve interação ( $p=0,018$ ) entre as concentrações e reaplicações de AIB. Sem o uso de AIB, obteve-se em média 1,48 raízes por estaca, não havendo diferença entre os intervalos de reaplicações (Tabela 12). Com o uso de 3000 mg L<sup>-1</sup> de AIB o maior número de raízes foi observado com reaplicações quinzenais (2,86), diferenciando-se dos demais intervalos de reaplicações, que apresentaram entre 1,20 e 2,05 raízes por estaca. Aplicações quinzenais do AIB também apresentaram melhoria no enraizamento com a aplicação de 6000 mg L<sup>-1</sup>, praticamente dobrando a quantidade de raízes em relação aos outros períodos de enraizamento. A reaplicação do AIB a cada 30 dias também apresentou boa formação radicular, superando períodos mais longos de reaplicação.

TABELA 12 - NÚMERO DE RAÍZES EM ESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES ( $\text{mg L}^{-1}$ ) E REAPLICAÇÕES (DIAS) DE AIB APÓS 6 MESES DE ESTAQUEAMENTO.

Reaplicação de AIB (dias)	Número de raízes		
	0 $\text{mg L}^{-1}$	3000 $\text{mg L}^{-1}$	6000 $\text{mg L}^{-1}$
15	1,37aC <sup>(1)</sup>	2,86aB	5,32aA
30	1,10aB	1,20bB	2,97bA
45	1,08aA	1,25bA	2,25cA
60	2,02aA	2,05bA	1,53cA
Sem reaplicação	1,84aA	2,00bA	2,10cA

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

FONTE: O autor (2018).

Em relação à concentração de AIB nos diferentes períodos de reaplicação, não foi observada diferença significativa entre as concentrações de AIB na aplicação única (só no estaqueamento) e nas reaplicações de 60 e 45 dias (Tabela 12). O AIB apresentou maior influência nas maiores frequências de reaplicações (30 e 15 dias). Com o AIB reaplicado mensalmente ou quinzenalmente a concentração 6000  $\text{mg L}^{-1}$  apresentou a maior formação de raízes, diferenciando da ausência de AIB e da concentração 3.000  $\text{mg L}^{-1}$ .

Resultados semelhantes quanto ao número de raízes foram encontrados por Blythe (1985) em *Sequoia sempervirens*, onde o número de raízes ficou entre 2 a 4 raízes por estaca, utilizando uma combinação de 3000  $\text{mg L}^{-1}$  de AIB e 3.000  $\text{mg L}^{-1}$  de ANA após 5 meses de estaqueamento.

O AIB aplicado a cada 15 dias na concentração de 6000  $\text{mg L}^{-1}$ , além de aumentar a porcentagem de estacas enraizadas, promoveu melhoria do sistema radicial formado. Concordando com estes resultados, Bastos et al. (2005) mencionam que o uso de reguladores de crescimento tem por finalidade acelerar a iniciação radicular, aumentar o número e a qualidade das raízes formadas e uniformizar o enraizamento.

Na propagação vegetativa, além da porcentagem de enraizamento, o número de raízes formadas nas estacas é uma das variáveis mais relevantes na produção de mudas (ANTUNES et al., 1996). Uma melhor resposta para estas variáveis indica que as mudas posteriormente formadas possuirão um melhor desenvolvimento, uma vez que o melhor sistema radicial resultará em maiores chances de sobrevivência quando transplantadas para o campo (REIS et al., 2000). Essas variáveis são bastante importantes no processo de estaquia da sequoia, pois segundo Luna (2008) mesmo apresentando enraizamento, estacas de sequoia podem apresentar alta mortalidade no processo de aclimação, devendo-se tomar cuidado com condições ambientais, principalmente em relação a altas temperaturas.

Com as estacas não enraizadas na avaliação aos cinco meses realizou-se o experimento com corte dos calos da base da estaca e nova aplicação de AIB. Em relação à sobrevivência, na avaliação após quatro meses da instalação deste experimento, o tratamento testemunha (sem corte dos calos e sem AIB) apresentou a maior taxa de estacas sobreviventes (Tabela 13). O corte dos calos ocasionou maior mortalidade, elevando-se ainda mais com o corte do calo e aplicação de AIB (6000 g L<sup>-1</sup>).

TABELA 13 - SOBREVIVÊNCIA (%), ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM ESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS DE CORTE DOS CALOS E APLICAÇÃO DE AIB (6000 g L<sup>-1</sup>) APÓS 4 MESES DE ESTAQUEAMENTO.

Tratamento	Sobrevivência (%)	Enraizamento (%)	Nº de raízes
Testemunha	92,6a	16,0b	2,16
Calos cortados/sem AIB	72,3b	42,3a	2,01
Calos cortado/com AIB	58,0c	46,8a	2,32

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

FONTE: O autor (2018).

O enraizamento também foi influenciado pelos diferentes tratamentos utilizados, sendo que os tratamentos com calos cortados (ferimento no calo) apresentaram maior enraizamento, não diferindo entre a aplicação ou não do AIB. O número médio de raízes por estaca foi de 2,16, não apresentando diferença entre os tratamentos.

O ferimento da base da estaca é benéfico para o enraizamento de diversas espécies lenhosas por estimular a divisão celular (BIASI et al., 2000). Segundo o autor, o ferimento posterior em calos também pode ser benéfico por estimular novas divisões celulares, as quais estavam enfraquecidas pelo envelhecimento dos calos. Além do estímulo à divisão celular, supõe-se que o ferimento na base da estaca ou em calos pode promover a liberação de fenóis, que são considerados elementos-chave na indução da formação de raízes adventícias (DE KLERK et al., 1999; ROUT, 2006).

## 6.6 CONCLUSÕES

O uso de 6000 mg L<sup>-1</sup> de AIB reaplicado quinzenalmente aumenta a porcentagem de enraizamento e qualidade das mudas formadas através do aumento do número de raízes. Para as estacas não enraizadas em seis meses, o corte dos calos (ferimentos) proporciona bons índices de enraizamento e sobrevivência em estacas de *Sequoia sempervirens*.

## 6.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, J. A. S.; HOFFMANN, A.; RAMOS, J. D.; CHALFUN, N. N. J.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. F. Efeito do método de aplicação e de concentrações do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas semilenhosas de *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 18, n. 3, p. 371 - 376, 1996.
- BACKES, A. **Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Brasil** — II. Botânica, n. 19, p. 31-51. 1999.
- BASTOS, D. C.; PIO, R., SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P.; ENTELMANN, F. A. Enraizamento de estacas lenhosas e herbáceas de cultivares de caquizeiro com diferentes concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 27, p. 182 - 184. 2005.
- BIASI, L. A.; STOLTE, R. E.; SILVA, M. F. Estaquia de ramos semilenhosos de pessegueiro e nectarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, n. 22, p. 421-425. 2000.
- BLYTHE, G. Cutting propagation of *Sequoia sempervirens* cultivars. Combined Proceedings **International Plant Propagators Society**. n. 34, p. 204 – 211. 1985.
- COSTA, C. T.; ALMEIDA, M. R.; RUEDELL, C. M.; SCHWAMBACH, J.; MARASCHIN, F. S.; FETT-NETO, A. G. When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. **Frontiers in Plant Science**, California, n. 4, p. 1 – 19. 2013.
- DE KLERK, G. J.; KRIEKEN, W. V. D.; JONG, J. C. The formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. **In Vitro Cell Development Biology-Plant**, n. 35, 189-199. 1999.
- DENLAY, T. Personal communication. Azusa (CA): Monrovia Nursery. **Plant Propagation Coach**. 2007.
- DIEL, J.; FIZZO, S. Estudos de caracterização da *Sequoia sempervirens* para produção de celulose Kraft. In: 35º CONGRESSO E EXPOSIÇÃO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL. 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2002, p. 55 - 74.
- FERNANDES, A. V.; BACKES, A. Produtividade primária em floresta com *Araucaria angustifolia* no Rio Grande do Sul. Iheringia, **Série Botânica**, v. 51, n. 1, 63-78, 1998.
- FORD, Y. Y.; BONHAM, E. C.; CAMERON, R. W. F.; BLAKE, P. S.; JUDD, H. L.; HARRISON-MURRAY, R. S. Adventitious rooting: examining the role of auxin in an easy-and a difficult-to-root plant. **Plant Growth Regulation**, n. 36, p. 149 - 159. 2002.
- GONTIJO, T. C. A.; RAMOS, J. D.; MENDONÇA, V.; PIO, R.; NETO, S. E. A.; CORRÊA, F. L. O. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de aceroleira utilizando ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 25, p. 290 - 292. 2003.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915 p.

LUNA, T. Vegetative Propagation Of Coastal Redwood (*Sequoia sempervirens* (Lamb. ex D. Don) Endl.). **Native Plants Journal**, Washington, v. 9, n. 1, p. 25 - 28. 2008.

NAVROSKI, M. C.; REINIGER, L. R. S. R.; PEREIRA, M. O.; CURTI, A. R.; PAIM, A. F. Alongamento *in vitro* de genótipos de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 545-550. 2013.

OSTERC, G.; STAMPAR, F. Juvenile stockplant material enhances root development through higher endogenous auxin level. **Acta Physiologiae Plantarum**, Poznan, n. 31, p. 899 - 903. 2009.

PEREZ, V. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de las Maderas que crecen en Chile. INFOR. **Documento de trabajo** N° 47. 451 p. 1983.

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**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 931 - 938, 2000.

ROCHA, S.; QUISEN, R. C.; QUEIROZ, J. A. L.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Propagação vegetativa de espiroleira pela técnica da estaquia. **Scientia Agraria**, v.5, p.73-77, 2004.

ROUT, G. R. Effect of auxins on adventitious root development from single node cuttings of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze and associated biochemical changes. **Plant Growth Regulation**, n. 48, p. 111-117. 2006.

STEWART, J. L.; NEMHAUSER, J. L. Do trees grow on money? Auxin as the currency of the cellular economy. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, Bethesda, n. 2, p. 2 - 14. 2010.

SPICHINGER, O. A. **Aprovechamiento en el aserrado de sequoia (*Sequoia sempervirens* (D. DON) Endl.) y clasificación de la madeira obtenida**. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ingeniería de La Madeira) – Universidad de Chile, Santiago, 2004.

THOMAS, P.; LEE, M. M.; SCHIEFELBEIN, J. Molecular identification of proline-rich protein genes induced during root formation in grape (*Vitis vinifera* L.) stem cuttings. **Plant Cell and Environment**, Malden, n. 26, p. 1497 - 1504. 2003.

VILLANUEVA, J. **Durabilidad natural de la madera de *Sequoia sempervirens* ((D. Don) Endl.), frente al ataque de hongos xilófagos**. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 1-7 p. 1995.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2013. 279 p.

## 7 ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens* SOB A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES AMBIENTES<sup>3</sup>

### 7.1 RESUMO

*Sequoia sempervirens* se distingue de outras espécies não só pelo seu excelente vigor e longevidade, mas também pela produtividade de madeira de qualidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de diferentes ambientes no enraizamento de miniestacas de *Sequoia sempervirens*, além de comparar o enraizamento em casa de vegetação com nebulização intermitente e estufim. Em ambos os experimentos avaliou-se o enraizamento no tempo, buscando-se determinar o desenvolvimento radicial em cada ambiente. Foram utilizadas miniestacas do clone A228, oriundas de minijardim clonal. No primeiro experimento o material foi colocado para enraizar em três diferentes ambientes: casa de vegetação com cobertura plástica (CV), casa de sombra com cobertura de sombrite (CS) e estufim, com avaliação realizada a cada 30 dias (dos 30 aos 150 dias). No segundo experimento, comparou-se o desenvolvimento e enraizamento em ambiente de estufim e casa de vegetação com nebulização intermitente (CVNI), com avaliações realizadas semanalmente (dos 30 aos 93 dias). Ambos experimentos foram instalados em delineamento inteiramente casualizado, com posterior avaliação da porcentagem de sobrevivência, porcentagem de estacas enraizadas e número de raízes emitidas por estaca enraizada. Também foram coletados dados de umidade e temperatura em todos os ambientes observados. O estufim foi o local mais eficiente para a miniestaquia de sequoia, apresentando maior sobrevivência, enraizamento e número de raízes quando comparado com a casa de sombra e a casa de vegetação convencional. Além disso, proporcionou enraizamento semelhante à casa de vegetação com nebulização intermitente (próximo a 90%). Recomenda-se manter as miniestacas em estufim ou casa de vegetação com nebulização intermitente por um período de 90 dias para que ocorra adequado enraizamento. Nesta estrutura também observou-se bom controle de temperatura, além de excelente controle de umidade. O ambiente de estufim, pode ser utilizado na propagação de sequoia por miniestacas pois demonstrou ótimos resultados no enraizamento.

Palavras-chave: propagação vegetativa, silvicultura clonal, estufim, redwood

---

<sup>3</sup> Artigo submetido na Revista de Ciências Agroveterinárias.



## 7.2 ABSTRACT

*Sequoia sempervirens* is distinguished from other species not only by its excellent vigor and longevity, but also by the quality of the wood. The objective of this work was to evaluate the performance of different environments in the rooting of mini-cuttings of *Sequoia sempervirens*, in addition to comparing the rooting in a greenhouse with intermittent nebulization and mini-tunnels. In both experiments, time rooting was evaluated to determine root development in each environment. Mini-cuttings of clone A228, derived from clonal mini-stumps, were used. In the first experiment, the material was placed to be rooted in three different environments: greenhouse with plastic cover (CV), shade house with knitted polyethylene fabric (CS) and mini-tunnels, evaluated every 30 days (from 30 to 150 days). In the second experiment, development and rooting were compared in a greenhouse and greenhouse with intermittent nebulization (GIN), with weekly evaluations (from 30 to 93 days). Both experiments were installed in a completely randomized design, with subsequent evaluation of the percentage of survival, percentage of rooted mini-cuttings and number of roots emitted by rooted mini-cuttings. The humidity and temperature data were also collected in all environments. Mini-tunnels it was the most efficient site for sequoia mini-cutting, showing higher survival, rooting and number of roots compared to shade house and greenhouse. In addition, it provided rooting like the greenhouse with intermittent nebulization (close to 90%). It is recommended to keep mini-cuttings in a mini-tunnels or greenhouse with intermittent nebulization for a period of 90 days for proper rooting to occur. In this structure was also observed a good temperature control, as well as excellent humidity control. The mini-tunnels environment can be used for propagation of the sequoia by mini-cuttings, since it has demonstrated excellent results in rooting.

Keywords: vegetative propagation, clonal forestry, mini-tunnels, redwood

## 7.3 INTRODUÇÃO

A intensificação da produção de florestas plantadas, em conjunto com o manejo sustentável das florestas naturais, tem um papel relevante na proteção e na conservação dos ecossistemas naturais. Neste sentido, testes com novas espécies se fazem necessários para que tenhamos protocolos confiáveis de produção. Em meio às espécies potenciais está *Sequoia sempervirens* (Lamb. Ex D. Don) Endl.), conhecida popularmente como sequoia.

A sequoia é a espécie arbórea mais alta do mundo (LUNA 2008), com suas árvores podendo atingir alturas maiores do que 110m (KOCH et al. 2004). É uma espécie capaz de

armazenar grandes quantidades de biomassa, mais do que qualquer outro ecossistema (BUSING & FUJIMORI 2002; VAN PELT et al. 2016). O incremento médio anual e o incremento periódico anual correspondem a valores de 33,2 e 75,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente, em plantação de sequoias jovens. Da mesma forma, o incremento periódico de carbono pode exceder 16 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (JONES & O'HARA 2012).

É uma espécie notável em função de seu rápido crescimento, grandes tamanhos alcançados por árvores individuais, longevidade e durabilidade de sua madeira. Além disso, é a única conífera com alto potencial de brotação (O'HARA & BERRILL 2009). Sua madeira é uma das mais produtivas dos Estados Unidos (OLIVER et al. 1994) e fornece um importante suprimento de alta qualidade no país (DOUHOVNIKOFF et al. 2004). No entanto, apesar da sequoia ter excepcional capacidade de resistir e crescer após distúrbios como incêndios, inundações, deslizamentos de terras e colheita (RYDELIUS & LIBBY 1993; ROGERS 1994, 2000), muito pouco se conhece sobre as variáveis que influenciam a disseminação clonal (DOUHOVNIKOFF et al. 2004).

A propagação vegetativa é uma alternativa que pode ser utilizada para trabalhar com sequoias, sendo as técnicas variáveis entre os propagadores (LUNA 2008). Comumente utiliza-se a estaquia e miniestaquia como métodos de multiplicação vegetativa mais empregados para a clonagem de plantas lenhosas (XAVIER et al. 2013). Vários são os fatores que podem influenciar o enraizamento das miniestacas, tanto intrínsecos, relacionados à própria planta, quanto extrínsecos, ligados às condições ambientais (RAMOS et al. 2003).

O ambiente para o enraizamento na fase inicial deve permitir a sobrevivência dos propágulos vegetativos, principalmente, pelo controle da umidade relativa do ar e da temperatura (HARTMANN et al. 2011). A infraestrutura de um viveiro é variável conforme a necessidade da escala de produção, tamanho do viveiro, nível tecnológico e disponibilidade de recursos. O avanço da tecnologia permitiu o desenvolvimento de instalações usadas na propagação de plantas, como câmaras de nebulização, telados e casas de vegetação, dotados de sistemas automatizados. Os sistemas de nebulização mantêm a umidade do ar elevada, permitindo a multiplicação de plantas por estacas com folhas (FACHINELLO et al. 2005).

Estes sistemas de irrigação intermitente são instalações de custo elevado, o que inviabiliza o uso da tecnologia para pequenos produtores (OLIVEIRA et al. 2008). Além disso, o manejo incorreto da nebulização pode propiciar excesso de umidade em dias chuvosos ou nublados, o que dificulta as trocas gasosas, impede o enraizamento, provoca morte dos tecidos e facilita o surgimento de doenças fúngicas nas estacas (WENDLING 2004; XAVIER & WENDLING 2013).

Para a clonagem de algumas espécies, *Eucalyptus* por exemplo, a técnica de miniestaquia já é aplicada em escala comercial (ALFENAS et al. 2004; ASSIS & MAFIA 2007), no entanto, requer instalações especiais com sistemas de automatização, fator que eleva os custos de produção. Como alternativa para o enraizamento de propágulos vegetativos é possível testar outros sistemas mais simples de controle ambiental, os quais também podem proporcionar enraizamento satisfatório, além de serem mais baratos.

A partir da implementação da técnica de miniestaquia, surgiram diversas alternativas para melhorar as estruturas disponíveis para propagação, crescimento e desenvolvimento das plantas. Uma opção que vem sendo utilizada na propagação clonal é o estufim, estufa que abrange uma área menor, em forma de túnel e revestida por plástico. Resultados preliminares mostram que o uso desse tipo de estrutura mantém o ambiente úmido e quente, aumenta o enraizamento, além de reduzir a formação de calos durante este processo (ASSIS 2011).

O presente trabalho objetivou avaliar o enraizamento de miniestacas de *Sequoia sempervirens* em diferentes ambientes (casa de vegetação, estufim e casa de sombra), além de comparar a rizogênese em casa de vegetação com nebulização intermitente e estufim.

## 7.4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 7.4.1 Fonte de material reprodutivo

Como fonte de propágulos para a miniestaquia foram utilizadas minicepas de matrizes selecionadas de sequoia com aproximadamente 40 anos de idade, identificadas como A228, propagadas pelo processo de estaquia convencional após anelamento da árvore matriz. Este material foi coletado de árvores matrizes situadas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS) e transportado até o Viveiro Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, em Lages (SC). Após, confeccionaram-se estacas com tamanho de 10 cm, contendo um par de folhas aciculares reduzidas a 50 % da área foliar e tratadas com 6.000 mg L<sup>-1</sup> de ácido indolbutírico (AIB). Em seguida, foram inseridas em tubetes (180 cm<sup>-3</sup>) contendo vermiculita de granulometria média e substrato comercial (1:1 v/v) e dispostas em casa de vegetação para o enraizamento.

Após a estaquia, mudas enraizadas de cinco meses de idade foram aclimatadas em casa de sombra por 30 dias, sendo em seguida transferidas para casa de vegetação para completar a aclimação por mais 30 dias. Posteriormente, mudas com aproximadamente 20 cm de altura foram transferidas para vasos com capacidade de 5L, preenchidos com substrato comercial

(50%) e vermiculita de granulometria média (50%). Quinze dias após a instalação, tempo necessário para adaptação das mudas ao sistema, efetuou-se a poda do ápice da brotação principal das mudas a uma altura de 10 cm ( $\pm 2$  cm), formando-se assim as minicepas para o estabelecimento do minijardim clonal. Mensalmente, durante quatro meses, realizou-se poda de formação das minicepas.

A solução nutritiva utilizada no minijardim clonal foi à base do fertilizante comercial, composto por 10% N (solúvel em água); 42 %  $P_2O_5$  (solúvel em água); 10%  $K_2O$  (solúvel em água); 0,6% Mg; 0,1% Fe e 0,02 Br. A fertirrigação era efetuada duas vezes por semana, tendo cada minicepa recebido 50 ml de solução composta pela diluição de 1,5 gramas do fertilizante por litro de água. Após o período de formação das minicepas efetivou-se a coleta das brotações para a realização dos experimentos.

#### 7.4.2 Enraizamento de miniestacas em estufim, casa de sombra e casa de vegetação

Brotações obtidas pelo sistema de minijardim clonal foram coletadas para o preparo de miniestacas de 8 a 10 centímetros de comprimento. A porção basal foi cortada em bisel e a porção superior incisada transversalmente, mantendo-se um par de folhas aciculares cortadas pela metade. Para tratamento fitossanitário, as miniestacas foram mergulhadas durante 5 min em 2 litros de solução de hipoclorito de sódio a 1,5% de cloro ativo, seguida de imersão em água corrente durante 5 min e, por fim, imersão em fungicida com princípio ativo Benomyl (5%), por 5 min.

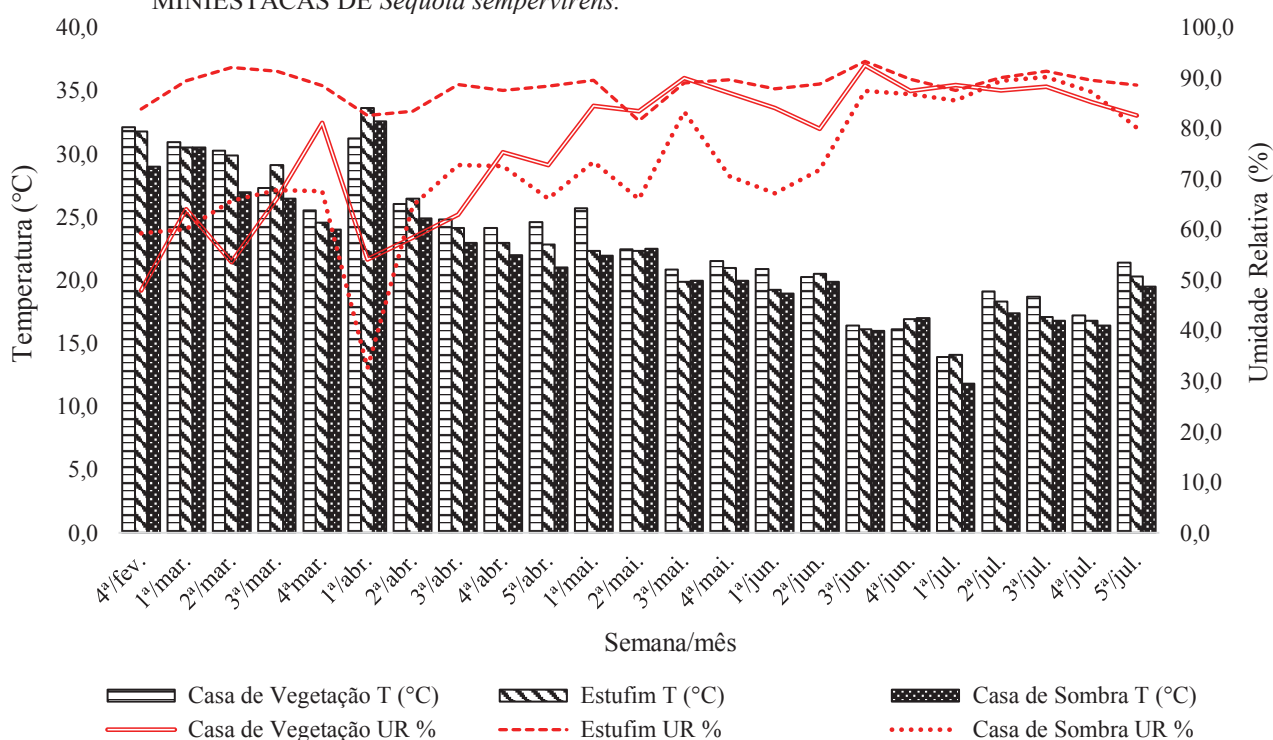
As miniestacas foram colocadas em tubetes de polipropileno de 180cm<sup>3</sup>, contendo vermiculita de granulometria média e substrato comercial (1:1 v/v), onde efetuou-se a inserção de aproximadamente 2 cm da miniestaca no substrato. O substrato comercial utilizado, de acordo com a descrição do fabricante, é composto por turfa, vermiculita expandida, casca de pinus e carvão vegetal. As características descritas na embalagem do produto são: pH = 6,0 ( $\pm 0,5$ ); condutividade elétrica = 0,7 ( $\pm 0,3$ ) mScm<sup>-1</sup>; densidade = 500 kgm<sup>-3</sup>; capacidade de retenção de água – CRA (p/p) = 150% e umidade máxima (p/p) = 50%. A vermiculita expandida de granulometria média, de acordo com a descrição do fabricante, possui pH = 7,0 ( $\pm 0,5$ ); condutividade elétrica = 0,7 ( $\pm 0,5$ ) mScm<sup>-1</sup>; densidade = 80 kgm<sup>-3</sup>; capacidade de retenção de água – CRA = 60% e umidade máxima = 10%. Não foi administrado nenhum regulador de crescimento.

As bandejas contendo os tubetes com as miniestacas foram acondicionadas em três ambientes diferentes de enraizamento (tratamentos). Os ambientes iniciais de enraizamento

diferiram principalmente quanto ao manejo da temperatura e da umidade, sendo utilizadas casa de vegetação com cobertura plástica (CV), estufim e casa de sombra com cobertura de sombrite (CS, com 33% de sombreamento). O estufim é uma estrutura com cobertura plástica, localizado sob a casa de sombra e com as seguintes dimensões: 8,0 x 1,20 x 0,9 m (comprimento x largura x altura).

Todos os locais receberam a mesma intensidade e frequência de irrigação, sendo realizadas quatro irrigações diárias (09h00min; 12h00min; 15h00min; 18h00min) de 10 minutos cada, utilizando-se o sistema de microaspersão. Diariamente, as 13h00min, eram aferidas temperatura (°C) e umidade relativa do ar (UR%) utilizando-se *datalogger* Politem, modelo Pol-49. Os valores médios semanais de temperatura e umidade, nos três ambientes de enraizamento podem ser observados na Figura 7.

FIGURA 7 – MÉDIAS SEMANAIS (4ª SEMANA DE FEVEREIRO ATÉ 5ª SEMANA DE JULHO) DE TEMPERATURA (°C) E UMIDADE RELATIVA DO AR (%) NOS TRÊS AMBIENTES DE ENRAIZAMENTO (CASA DE VEGETAÇÃO, ESTUFIM E CASA DE SOMBRA) DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens*.



FONTE: O autor (2018).

O experimento foi realizado durante os meses de fevereiro a julho de 2016, sendo conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4 (três ambientes de enraizamento e quatro períodos de avaliação), utilizando-se 5 repetições de 5

estacas por unidade experimental. Foram realizadas avaliações a cada 30 dias, iniciando-se a partir do 30º dia após o estaqueamento até o 150º dia.

#### 7.4.3 Enraizamento de miniestacas em estufim e casa de vegetação com nebulização intermitente

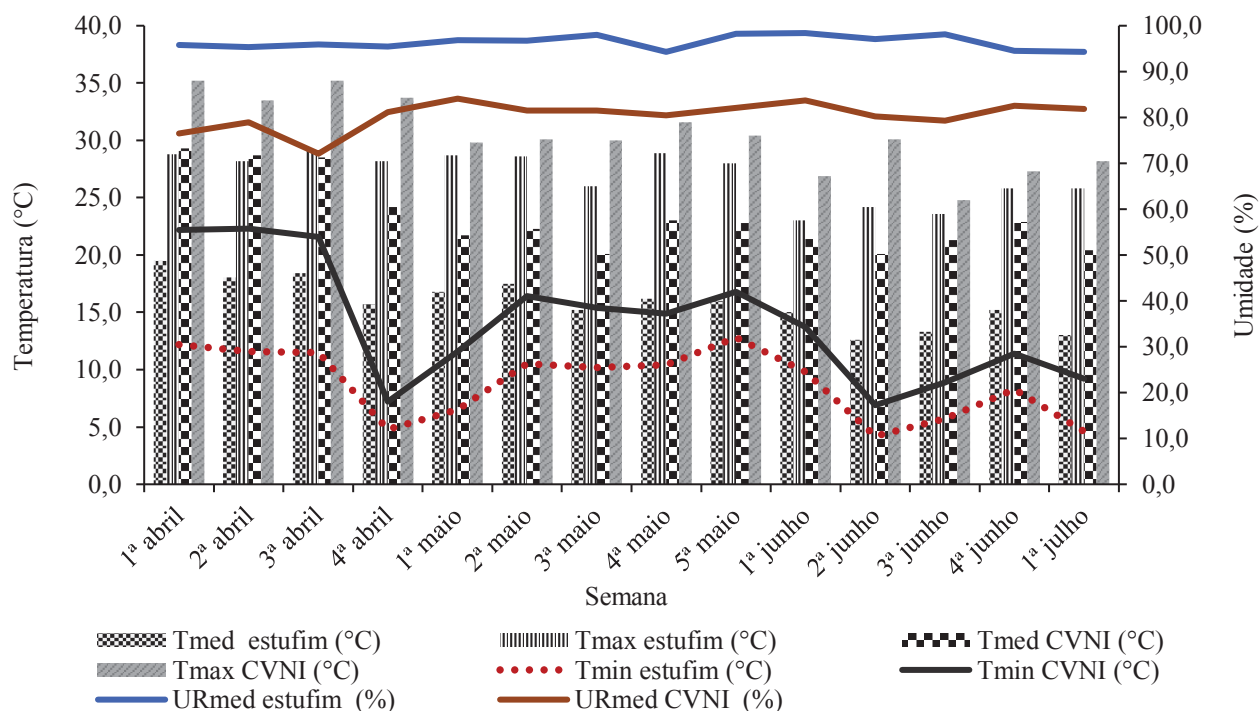
Neste experimento utilizaram-se miniestacas do clone A228, coletadas do minijardim clonal, sendo os procedimentos de coleta, padrão de miniestacas, substrato e recipientes utilizados iguais aos descritos anteriormente.

Após o estaqueamento, as bandejas contendo os tubetes foram acondicionadas em dois ambientes diferentes de enraizamento: estufim, localizado no Viveiro Florestal do CAV- UDESC (descrito anteriormente), e CVNI, pertencente a uma empresa florestal, situada no município de Otacílio Costa (SC). A casa de vegetação é automatizada, ideal para o enraizamento de miniestacas, com controle de temperatura ( $T \leq 30^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa do ar ( $UR > 80\%$ ), sendo ambas as variáveis controladas automaticamente por termostato e umidostato. A confecção e estaqueamento do material nos recipientes foi realizada no Viveiro Florestal da UDESC, com as bandejas sendo transportadas logo após o procedimento até o viveiro de Otacílio Costa. As bandejas foram mantidas em ambiente climatizado durante o deslocamento, não excedendo uma hora de percurso entre os dois viveiros.

O manejo hídrico no estufim, consistiu de cinco irrigações diárias (09h00min; 11h30min; 13h30min; 15h30min, 18h00min) de 7 minutos cada, utilizando-se o sistema de microaspersão. Na CVNI a irrigação acontecia por nebulização, com períodos variáveis conforme a umidade e temperatura. Em ambos os locais, a coleta de dados de umidade e temperatura foi realizada por meio de *datalogger*, com as leituras sendo efetuadas a cada 10 minutos. Os valores médios semanais de temperatura e umidade nos dois ambientes de enraizamento podem ser observados na Figura 8.

O experimento foi realizado durante os meses de abril a julho de 2017, sendo conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 10 (dois ambientes de enraizamento e dez períodos de avaliação), utilizando-se 5 repetições de 50 miniestacas por unidade experimental (sendo avaliadas 5 miniestacas por repetição em cada avaliação). Foram realizadas avaliações semanais (10 semanas), iniciando-se a partir do 30º dia após o estaqueamento, até o 93º dia, momento em que houve a estabilização do enraizamento.

FIGURA 8 – MÉDIAS SEMANAIS (1ª SEMANA DE ABRIL ATÉ 1ª SEMANA DE JULHO) DE TEMPERATURA MÉDIA – TME (°C), TEMPERATURA MÁXIMA – TMAX (°C), TEMPERATURA MÍNIMA – TMIN (°C) E MÉDIA DE UMIDADE RELATIVA DO AR – URMED (%) NOS DOIS AMBIENTES DE ENRAIZAMENTO (ESTUFIM E CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE - CVNI) DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens*.



FONTE: O autor (2018).

#### 7.4.4 Avaliações e análise estatística

Avaliou-se a porcentagem de sobrevivência; porcentagem de miniestacas enraizadas e número de raízes emitidas por miniestaca enraizada. Foram consideradas sobreviventes as miniestacas que apresentavam lenho vivo, folhas velhas ou brotações jovens, enraizadas ou não. A porcentagem de miniestacas enraizadas foi analisada sobre o total, não somente em função das miniestacas sobreviventes. Foram consideradas miniestacas enraizadas aquelas que apresentavam primórdios radiculares maiores do que 2 mm. A avaliação de número de raízes foi realizada somente na última avaliação, 150 dias após o estaqueamento. Em ambos os experimentos as miniestacas avaliadas em um período não foram mais utilizadas nas próximas avaliações para evitar interferência com a retirada e recolocação das mesmas.

Após a verificação da normalidade dos dados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e da homogeneidade pelo teste de Bartlett, realizou-se a análise de variância (ANOVA). Quando necessário, os dados foram transformados pela função  $(x + 0,5)^{0,5}$  e as



médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ou regressão polinomial a 5% de probabilidade.

## 7.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 7.5.1 Enraizamento de miniestacas em estufim, casa de sombra e casa de vegetação

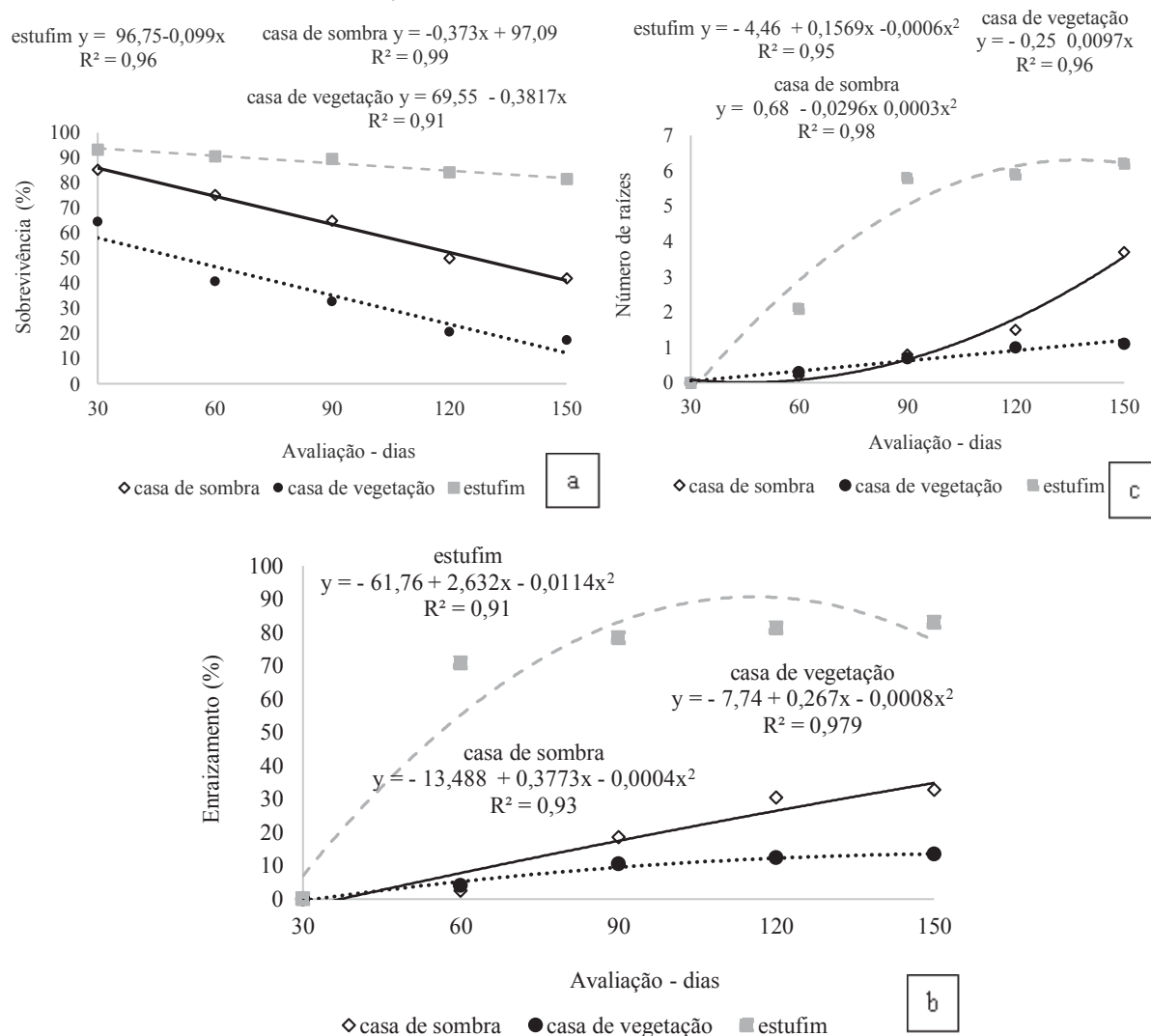
Em relação aos ambientes de propagação, o material colocado em estufim alcançou resultados superiores quanto à porcentagem de miniestacas sobreviventes (Figura 9a). Houve uma taxa relativamente pequena de mortalidade nas miniestacas acondicionadas em estufim (18%), elevada na casa de sombra (58%) e um aumento gradual significativo na casa de vegetação (83%).

É importante destacar a elevada mortalidade das estacas após o 60º dia no ambiente de casa de sombra. Este aumento possivelmente se deu em função da ausência de enraizamento das miniestacas, com posterior esgotamento das mesmas, em razão do fim das reservas internas utilizadas para a manutenção do material após a preparação das estacas. No ambiente de casa de vegetação, em função dos fatores ambientais como alta temperatura e baixa umidade (Figura 7) houve elevada mortalidade (60%) já nos primeiros 60 dias de cultivo.

Esses resultados estão relacionados principalmente a um melhor controle de temperatura e umidade relativa do ar no estufim, uma vez que nesse ambiente a umidade relativa conservou-se próxima a 90% durante toda a fase experimental. Na casa de sombra e de vegetação houve grande variação de umidade, por várias vezes apresentando-se muito baixa, fator que é limitante à sobrevivência das estacas. Neste sentido, XAVIER et al. (2013) recomendam a manutenção da umidade do ar acima de 80%, conservando-se assim a turgescência dos propágulos, visto que os mesmos não possuem meios para absorver água e nutrientes. O uso de casas de vegetação e estufins na agricultura, horticultura e silvicultura mudou consideravelmente os ambientes disponíveis para o crescimento e a propagação de plantas, oferecendo controle parcial dos efeitos advindos do clima (BATISTA et al. 2015).

Para o enraizamento, respostas mais contrastantes foram observadas entre os diferentes ambientes. Na primeira avaliação (30 dias) não houve enraizamento em nenhum ambiente. No entanto, 60 dias após estaqueamento observou-se elevada porcentagem (>70%) nas miniestacas acondicionadas em estufim, enquanto na casa de sombra e casa de vegetação o enraizamento foi inferior a 5% (Figura 9b).

FIGURA 9 – (A) SOBREVIVÊNCIA - %; (B) ENRAIZAMENTO - %; (C) NÚMERO DE RAÍZES DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM DIFERENTES AMBIENTES DE ENRAIZAMENTO, AVALIADO MENSALMENTE DOS 30 ATÉ OS 150 DIAS. (INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA: P=0,012 – SOBREVIVÊNCIA; P<0,001 ENRAIZAMENTO E P=0,002 – NÚMERO DE RAÍZES).



FONTE: O autor (2018).

O rápido enraizamento obtido no estufim foi possível graças às condições climáticas encontradas neste local. Conforme dados coletados do período (Figura 7), a temperatura ficou próxima aos 25°C e a umidade relativa foi superior a 80%. Nos demais ambientes a temperatura média foi semelhante ao estufim, contudo a umidade apresentou níveis abaixo de 50%, principalmente na casa de sombra, a qual possui menor controle climático. A necessidade de água para as estacas enraizarem baseia-se no fato de que logo após colocá-las no substrato ainda não possuem raízes e, portanto, não têm como absorver água suficiente para compensar a transpiração e o crescimento de novas brotações (JANICK 1966). De acordo com

FACHINELLO et al. (2005), o enraizamento só ocorre em tecidos com células túrgidas, sendo primordial a manutenção de um teor adequado de água no substrato e na parte aérea das estacas.

As miniestacas mantidas em estufim, 60 dias após o estaqueamento, obtiveram um ligeiro aumento no enraizamento (aproximadamente 10%), chegando a atingir 83% na avaliação feita aos 150 dias. Apesar disso, não é recomendado manter as miniestacas por mais de 90 dias em ambiente de enraizamento, em função da ocorrência de uma maior mortalidade (Figura 9), elevada chance de aparecimento de doenças, acréscimo de atividades como manutenção e limpeza e, principalmente, devido ao elevado tempo de permanência nas instalações do viveiro, o que aumenta os custos de trabalho.

Para as miniestacas mantidas em casa de sombra recomenda-se um tempo de permanência de 120 dias, sendo possível observar uma taxa de enraizamento próxima a 30%. O aumento no tempo de enraizamento neste tipo de local está relacionado a um menor controle climático, principalmente em relação à variação térmica, com baixas temperaturas durante a noite e menores valores durante o dia, quando comparadas ao estufim e casa de vegetação. Variações abruptas de temperaturas são prejudiciais ao enraizamento de estacas, alterando o metabolismo e absorção de nutrientes (CUNHA et al. 2009).

Miniestacas cultivadas em casa de vegetação apresentaram menores taxas de enraizamento, com valores pouco superiores a 10%. Da mesma forma que em estufim, não é recomendado manter as miniestacas neste ambiente por um período superior a 90 dias, em razão de não haver um aumento substancial no enraizamento. Sendo assim, esse tipo de ambiente não é recomendado para enraizamento de miniestacas de sequoia em função do alto índice de mortalidade, resultando em baixo número de miniestacas enraizadas.

Apesar das miniestacas de sequoia apresentarem menor sensibilidade em comparação a outras espécies, principalmente em relação às do gênero *Eucalyptus*, condições de temperatura adequada (próximo a 25 °C) e principalmente umidade (superior a 80%) são importantes para obtenção de bons índices de enraizamento em menor tempo.

A temperatura é um dos fatores mais determinantes no enraizamento, atuando, sobretudo na absorção de nutrientes e no metabolismo, especialmente em regiões de clima subtropical. Temperaturas mais altas no aumento da divisão celular auxiliam na formação de raízes (HARTMANN et al. 2011). No entanto, temperaturas muito altas (>35 °C) durante a fase de enraizamento devem ser evitadas pela maior mortalidade de estacas e por estimularem o desenvolvimento de gemas laterais antes do aparecimento de raízes. Ocorre também um aumento da transpiração e perda de água pelas folhas, provocando a necrose dos tecidos. Já temperaturas baixas (<15 °C) diminuem o metabolismo das estacas, fazendo com que estas

demorem mais tempo para enraizar ou, até mesmo, não proporcionam condições adequadas para que ocorram indução, desenvolvimento e crescimento radicial (GOULART & XAVIER 2008).

Neste estudo, a grande variação obtida no enraizamento entre os diferentes ambientes é causada principalmente pela manutenção da alta umidade no estufim. Segundo PASQUAL et al. (2001), a umidade é um dos fatores externos que mais contribui para que ocorra enraizamento das estacas. Para espécies em que são utilizadas estacas ou miniestacas mantendo-se folhas a manutenção constante da umidade é imprescindível. A presença de folhas nas estacas é um forte estímulo ao enraizamento por permitirem que ocorra a fotossíntese. Entretanto, deve-se manter a umidade do ar elevada no ambiente de enraizamento, favorecendo as estacas e reduzindo a transpiração pelas folhas. Quando ocorre murcha pronunciada das estacas, devido à redução de umidade, danos irreversíveis podem ocorrer; mesmo sob condições normais de umidade, as estacas não voltam a enraizar (HARTMANN et al. 2011).

Para a formação de raízes os resultados foram semelhantes aos do enraizamento, com maiores valores para miniestacas mantidas em estufim (Figura 9c), tendendo a uma estabilização após 90 dias de instalação, reforçando assim a ausência da necessidade de manutenção do material no ambiente de enraizamento por períodos superiores a 90 dias. No ambiente de casa de vegetação houve formação de baixo número de raízes, mesmo mantendo-se as miniestacas por períodos mais longos. Na casa de sombra foi possível observar um maior número de raízes somente aos 150 dias, mostrando a necessidade de um maior período para o enraizamento das miniestacas nesse ambiente.

Os bons resultados obtidos neste trabalho utilizando-se o estufim são corroborados por ASSIS (2011), o qual destaca que o uso de estufins acelera e eleva o enraizamento de miniestacas de espécies de *Eucalyptus*. Desta mesma forma, BATISTA et al. (2015) citam o uso de estufins para a melhoria na qualidade do sistema de enraizamento de propágulos em clones de algumas espécies do mesmo gênero.

Bons resultados no enraizamento de estacas com o emprego de estufins também foram encontrados para a espécie mini-ixora (*Ixora coccínea*), sendo o estufim chamado de câmara úmida (ALMEIDA et al. 2008). Conforme os autores, a câmara úmida foi o ambiente que proporcionou melhores condições para a propagação da espécie, com maior porcentagem de enraizamento (98%) em relação à nebulização intermitente (66%) e ao enraizador tradicional – estufa (10%).

### 7.5.2 Enraizamento de miniestacas em estufim e em casa de vegetação com nebulização intermitente

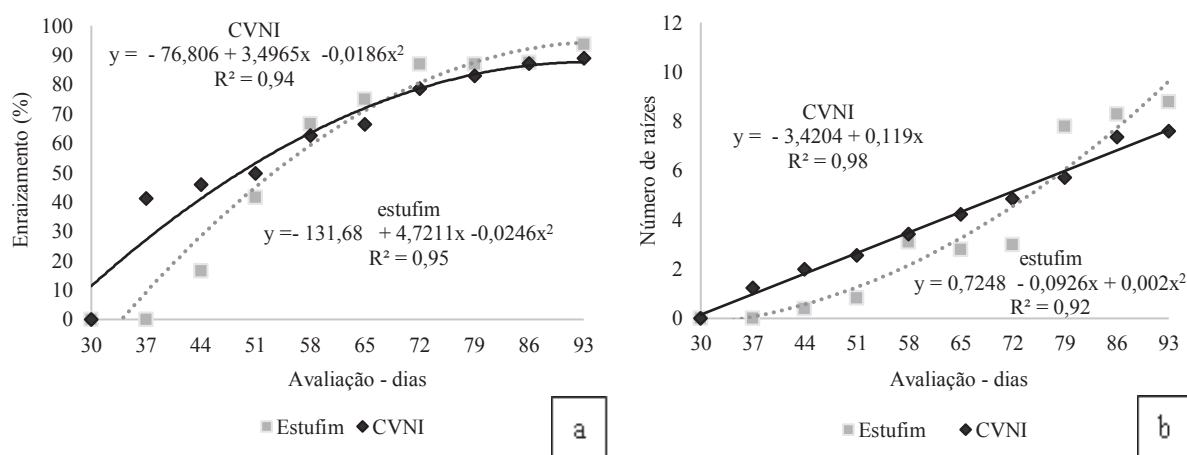
A partir dos resultados obtidos com a miniestaquia de sequoia utilizando-se a estrutura do estufim realizou-se uma nova pesquisa para verificar a eficácia deste local de enraizamento em comparação a uma casa de vegetação com nebulização intermitente (CVNI), a qual possui eficácia comprovada na miniestaquia de *Eucalyptus*.

Em relação à sobrevivência das miniestacas não foi possível observar diferença entre os dois ambientes ( $p=0,924$ ) e entre as avaliações ( $p=0,530$ ). A média de sobrevivência foi de 97,8% após 93 dias de estaqueamento. Esses resultados demonstram o alto controle ambiental em ambas as estruturas.

Em relação ao enraizamento, não foi possível observar miniestacas com raízes em nenhum dos ambientes na avaliação realizada aos 30 dias (Figura 10a). Já aos 37 dias observou-se um expressivo enraizamento (41%) no ambiente da casa de vegetação com nebulização intermitente, porém nulo no estufim. Neste local, o início da formação de raízes foi observado aos 44 dias sendo esta diferença no enraizamento inicial, principalmente até o 51º dia, atribuída a menor temperatura média no estufim (Figura 8) e principalmente, às temperaturas mínimas registradas, com valores menores do que 5 °C na quarta semana após estaqueamento. O período compreendido entre 30 a 40 dias é a fase em que ocorre alta diferenciação dos tecidos, com formação de raízes a partir de calos ou por via direta. Assim, temperaturas baixas tendem a retardar o início do enraizamento, como pôde ser observado em miniestacas mantidas em ambiente de estufim.

A partir dos 51 dias até o final da avaliação (93 dias) não foi possível observar grande variação no enraizamento entre os dois ambientes. Nota-se uma maior progressão na formação de raízes no ambiente de estufim, chegando a 87% na avaliação realizada aos 72 dias. O enraizamento máximo neste ambiente foi obtido na última avaliação, atingindo quase 95%. Em casa de vegetação com nebulização intermitente o enraizamento máximo não superou os 90%. Em ambas as estruturas é recomendada a manutenção das miniestacas até o 90º dia, buscando assim atingir bons índices de enraizamento.

FIGURA 10 – ENRAIZAMENTO - % (A) E NÚMERO DE RAÍZES (B) EM MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM AMBIENTES DE CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE (CVNI) E ESTUFIM, COM AVALIAÇÃO SEMANAL ENTRE 30 E 93 DIAS. (INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA. ENRAIZAMENTO:  $P=0,013$  E NÚMERO DE RAÍZES:  $P=0,0237$ ).



FONTE: O autor (2018).

A formação de raízes foi crescente com o passar das avaliações, tendendo a estabilização a partir da avaliação realizada aos 86 dias (Figura 10b). No estufim, foi possível observar uma maior formação de raízes a partir de 79 dias, resultando em aproximadamente 8 raízes por estaca. Na propagação vegetativa, além da porcentagem de enraizamento, o número de raízes formadas é importante no reflexo da qualidade da muda, uma vez que um melhor sistema radicial resultará em maiores chances de sobrevivência quando as mudas forem transplantadas para o campo (REIS et al. 2000). LUNA (2008) destaca que mesmo aptas ao enraizamento, estacas de sequoia podem apresentar alta mortalidade no processo de aclimação, devendo-se tomar cuidado com condições ambientais, principalmente em relação à altas temperaturas.

É importante destacar o bom índice de enraizamento e formação de raízes em ambiente de estufim, local de baixo custo para instalação, fácil manutenção, com bom controle de temperatura e principalmente umidade. Este tipo de estrutura pode baratear o processo de produção de mudas por estaquia e miniestaquia, devendo ser testado também para outras espécies.

Em experimento semelhante, realizado por BRONDANI et al. (2007), avaliando o efeito do ambiente de enraizamento em miniestacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*), os autores verificaram que na casa de vegetação automatizada (nebulização intermitente) foram observados os melhores percentuais de enraizamento. Contudo, verificaram que a casa de vegetação simples também pode ser utilizada para o enraizamento da espécie, desde que as

miniestacas permaneçam por mais tempo neste ambiente, para que forme um sistema radicial mais vigoroso.

Dependendo das condições ambientais do local onde se pretende realizar o enraizamento de miniestacas de diferentes espécies deve-se observar qual ambiente de propagação proporcionará as condições mais adequadas para o sucesso da atividade, considerando-se um custo compatível com a necessidade.

## 7.6 CONCLUSÕES

O estufim é o local mais indicado para o enraizamento na miniestaquia de sequoia, apresentando maior sobrevivência, enraizamento e número de raízes, comparando-se com a casa de sombra e a casa de vegetação. Este local proporciona um enraizamento semelhante à casa de vegetação com nebulização intermitente, sendo indicado para a manutenção das miniestacas.

Recomenda-se manter as miniestacas em estufim ou casa de vegetação com nebulização intermitente por um período de 90 dias, a fim de ocorrer adequado enraizamento (próximo a 90%) e maior formação de raízes.

## 7.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS AC et al. 2004. Clonagem e doenças do eucalipto. Viçosa: UFV.

ALMEIDA AEF. et al. 2008. Diferentes substratos e ambiente para enraizamento de mini-ixora (*Ixora coccinea* Compacta). Ciência e Agrotecnologia, 32: 1449-1453.

ASSIS TF. 2011. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the Eucalyptus clonal forestry. In: IUFRO Tree Biotechnology Conference 2011: From Genomes to Integration and Delivery. BMC Proceedings, n. 5 (Suppl 7): I18.

ASSIS TF & MAFIA RG. 2007. Hibridação e clonagem. In: BORÉM A. (Ed.) Biotecnologia florestal. Viçosa: s.n. pp.93-121.

BATISTA AF et al. 2015. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. Australian Forestry, 78: 65-72.

BRONDANI GE et al. 2007. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. Scientia Agraria, 8: 257-267.

BUSING RT & FUJIMORI T. 2002. Dynamics of composition and structure in an old *Sequoia sempervirens* forest. Journal of Vegetation Science, 13: 785–792.



- CUNHA ACMCM et al. 2009. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. *Revista Árvore*, 33: 195-203.
- DOUHOVNIKOFF V et al. 2004. Incidence, size and spatial structure of clones in second-growth stands of coast redwood, *Sequoia sempervirens* (Cupressaceae). *American Journal of Botany*, 91: 1140–1146.
- FACHINELLO JC et al. 2005. Propagação vegetativa por estaquia. In: FACHINELLO JC et al. Propagação de plantas frutíferas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, pp. 69-109
- GOULART PB & XAVIER A. 2008. Efeito do tempo de armazenamento de miniestacas no enraizamento de clones de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla*. *Revista Árvore*, 32: 671-677.
- HARTMANN HT et al. 2011. Plant propagation: principles and practices. 8. ed, New Jersey: Prentice Hall International.
- JANICK JA. 1966. A ciência da horticultura. Rio de Janeiro: F. Bastos.
- JONES DA & O'HARA KL. 2012. Carbon density in managed coast redwood stands: Implications for forest carbon estimation. *Forestry*, 85: 99–110.
- KOCH GW et al. 2004. The limits to tree height. *Nature*, 428: 851–854.
- LUNA T. 2008. Vegetative propagation of coastal redwood (*Sequoia sempervirens* (Lamb. ex D. Don) Endl.). *Native Plants Journal*, SPRING: Washington, 9: 25 - 28.
- NORBERTO PM et al. 2001. Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, 25: 533-541.
- O'HARA KL & BERRILL JP. 2009. Epicormic sprout development in pruned coast redwood: pruning severity, genotype, and sprouting characteristics. *Annals of Forest Science*, 66: 409–409.
- OLIVEIRA AF et al. 2008. Propagação da oliveira por enraizamento de estacas semilenhosas. Belo Horizonte: EPAMIG.
- OLIVER WW et al. 1994. Young growth redwood stands respond well to various thinning intensities. *Western Journal of Applied Forestry*, 9: 106–112.
- PASQUAL M et al. 2001. Fruticultura Comercial: propagação de plantas frutíferas. Lavras: UFLA/FAEPE.
- RAMOS JD et al. 2003. Enraizamento de estacas apicais de figueira tratadas com sacarose e ácido indolbutírico por imersão rápida. *Revista Brasileira Agrociência*, 9: 35-38.
- REIS JMR et al. 2000. Efeito do estiolamento e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas do porta-enxerto *Pyrus calleryana* Dcne. *Ciência e Agrotecnologia*, 24: 931 - 938.

ROGERS DL. 1994. Spatial patterns of allozyme variation and clonal structure in coast redwoods (*Sequoia sempervirens*). Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley, California, USA,

ROGERS DL. 2000. Genotypic diversity and clone size in old-growth populations of coast redwood (*Sequoia sempervirens*). *Canadian Journal of Botany*, 78: 1408–1419.

RYDELIUS JA & LIBBY WL. 1993. Arguments for redwood clonal forestry. In AHUJA MR & LIBBY WJ. *Clonal forestry II: conservation and application*. Berlin: Springer, pp. 158–168.

VAN PELT R et al. 2016. Emergent crowns and light-use complementarity lead to global maximum biomass and leaf area in *Sequoia sempervirens* forests. *Forest Ecology Management*, 375: 279–308.

WENDLING I. 2004. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): Estado da arte e tendências futuras. Colombo: Embrapa Florestas. 46p. (Documentos 91).

XAVIER A et al. 2013. *Silvicultura clonal - princípios e técnicas*. Viçosa: Editora UFV.

## 8 ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens* UTILIZANDO DIFERENTES CLONES EM DOIS AMBIENTES DE CULTIVO

### 8.1 RESUMO

Sequoia é uma árvore de rápido crescimento, longeva e com madeira resistente a pragas, além de tolerar más condições climáticas. O objetivo deste estudo foi verificar o enraizamento de clones de sequoia em dois ambientes, além de determinar o comportamento do enraizamento ao longo do período de avaliação. Miniestacas de cinco clones (A113, A116, A140, A227 e A228) cultivados em minijardim clonal foram colocadas para enraizar em dois diferentes ambientes: estufim e casa de vegetação com nebulização intermitente (CVNI). Foram realizadas avaliações semanais (dos 30 aos 93 dias) das variáveis: sobrevivência (%), estacas enraizadas (%) e número de raízes emitidas por estaca enraizada. Estes dados foram utilizados para ajuste da função logística original. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco clones e dois ambientes), utilizando-se 5 repetições de 50 estacas por unidade experimental. A velocidade de enraizamento variou em relação aos clones, ocorrendo principalmente entre os 50 e 60 dias após a miniestaquia, com maior aparecimento de novas raízes entre os 70 e 80 dias. O ambiente de cultivo ocasionou respostas diferentes no processo de enraizamento, sendo mais precoce na CVNI, mas com índice maior no estufim ao final da avaliação. O processo de diferenciação das miniestacas ocorre inicialmente com a formação de calos, por volta dos 15 dias, seguido pelo enraizamento (entre 30 e 60 dias) e posterior aparecimento de novas raízes. O enraizamento de miniestacas de sequoia pode ser realizado em estufim, com bons índices para todos os clones, recomendando-se manter as miniestacas neste ambiente por 90 dias para boa formação radicular.

Palavras-chave: propagação vegetativa, casa de vegetação, estufim, velocidade de enraizamento, modelo logístico.

### 8.2 ABSTRACT

Sequoia is a fast-growing tree, long-lived and resistant to pests, and tolerates bad weather conditions. The objective of this study was to verify the rooting of sequoia clones in two rooting environments, in addition to determining the rooting behavior during the evaluation period. Minicuttings of five clones (A113, A116, A140, A227 and A228) grown in clonal mini-stumps were planted to rooting in two different environments: minitunnels and greenhouse with intermittent nebulization (GIN). Evaluations were performed weekly (30 to 93 days) of the variables: survival (%), rooted (%) and number of roots emitted by rooted cuttings. These data

were used to adjust the original logistic function. The design was completely randomized, in a 5 x 2 factorial scheme (five clones and two environments), using 5 replicates of 50 cuttings per experimental unit. The rooting speed varied in relation to the clones, occurring mainly between 50 and 60 days after making the minicutting, with a higher appearance of new roots between 70 and 80 days. The cultivation environment caused different responses in the rooting process, being earlier in the GIN, but with a higher index in the stems at the end of the evaluation. The process of differentiation of minicuttings occurs initially with the formation of callus, around 15 days, followed by rooting (between 30 and 60 days) and subsequent appearance of new roots. The rooting of sequoia minicuttings can be done in minitunnels, with good indexes for all clones, and it is recommended to keep minicuttings in this environment for 90 days for good root formation.

Keywords: vegetative propagation, greenhouse, minitunnels, rooting speed, logistic model.

### 8.3 INTRODUÇÃO

*Sequoia sempervirens* (sequoia) é uma espécie de ocorrência natural restrita ao litoral da Califórnia e sudoeste do Oregon (EUA), geralmente em uma zona costeira irregular de 725 km de comprimento e 8-56 km de largura (AHUJA, 2009). Embora a sequoia se desenvolva em locais úmidos e em altitudes variando de 30 a 760 m, sua dispersão pode se estender até 915 m acima do nível do mar (OLSON et al., 1990). É uma árvore de crescimento rápido, atingindo uma taxa de crescimento de 1-1,5 metros por ano, com as maiores árvores alcançando alturas superiores a 110 metros. É também uma árvore longeva, com registro de árvores com idades entre 600 e 1500 anos (BARBOUR; WHITWORTH, 2001). É a única conífera hexaplóide, apresentando 66 cromossomos ( $2n = 6x - 66$ ), com elevada variabilidade genética (ROGERS, 2000).

A madeira da sequoia possui coloração avermelhada, sendo chamada geralmente de “*redwood*”. Apresenta baixa densidade (0,40 a 0,45 g/cm<sup>3</sup>), sendo fácil de trabalhar, resistente a pragas que atacam a madeira e tolerando muito bem más condições climáticas. Os seus produtos fenólicos conferem excepcional estabilidade química, podendo ser utilizada para madeira bruta, desdobramento e produção de papel (GALE, 1962).

Apresenta reprodução principalmente por sementes e, muitas vezes, por brotações basais (AHUJA, 2009). A reprodução por sementes é um entrave na reprodução em larga escala, em função da taxa de germinação das sementes ser muito baixa (média de 10%) (BOE, 1974). Quanto à reprodução assexuada, literaturas antigas já reportavam que a espécie tem potencial

de propagação por estacas (METCALF, 1924), mas nenhuma tentativa em grande escala para este tipo de reprodução foi relatada até os anos 1960 (ROY, 1966). Os primeiros trabalhos de propagação vegetativa por estacas tiveram início por volta de 1970 (BECKING; BELLETO, 1968; LIBBY; Mc CUTCHAN, 1978; LIBBY, 1982). Já nos primeiros estudos evidenciou-se a necessidade de utilizar brotações basais, obtidas por meio do corte do tronco ou do estímulo por água quente nas raízes. O uso de material vegetativo adulto torna o enraizamento mais difícil e resulta na produção de mudas plagiotrópicas (POISSONNIER et al., 1981).

O uso da propagação vegetativa pode superar os problemas relatados com o emprego de sementes, além de tornar possível o aumento da produção em um menor período (STUEPP et al., 2013), selecionar genótipos de interesse e produzir populações uniformes com maior controle das fases de desenvolvimento (HARTMANN et al., 2011). Também é muito útil quando se tem uma coleção de poucos genótipos com características desejáveis (GOLDFARB, 2007). Entre os métodos de propagação vegetativa, a técnica de miniestaquia apresenta resultados efetivos e relativamente rápidos para a obtenção de clones (MCMAHON et al., 2014). Esta técnica apresenta algumas vantagens, como a redução do tamanho dos propágulos, aumento da produtividade dos brotos por área e melhor enraizamento, muitas vezes sem a necessidade de se utilizar reguladores de crescimento (WENDLING et al., 2010; STUEPP et al., 2015).

Vários fatores influenciam o desempenho de miniestacas, especialmente as condições ambientais às quais os propágulos estão expostos durante o estágio de enraizamento adventício, interferindo diretamente na sobrevivência e porcentagem de enraizamento (BRONDANI et al., 2017). A temperatura e umidade relativa do ar no ambiente de enraizamento merece destaque entre os fatores e tem implicações diretas nos processos fisiológicos (HARTMANN et al., 2011). Cada espécie requer uma faixa de temperatura específica, na qual o enraizamento adventício ótimo pode ser alcançado. As temperaturas médias, máximas e mínimas do dia, em intervalos de tempo determinados, são parâmetros que podem ser considerados no estabelecimento de um protocolo de miniestaquia (BRONDANI et al., 2017).

Para manter a temperatura e umidade adequadas para que ocorra enraizamento, são necessárias estruturas apropriadas. O avanço da tecnologia permitiu o desenvolvimento de instalações utilizadas na propagação de plantas, como câmaras de nebulização, telados e casas de vegetação, dotados muitas vezes de sistemas automatizados. Os sistemas de nebulização mantêm a umidade do ar elevada, permitindo a multiplicação de plantas por estacas na presença de folhas (FACHINELLO et al., 2005). Contudo, os sistemas de nebulização intermitente são

geralmente instalações de custo elevado, o que inviabiliza o uso da tecnologia para produtores menores (OLIVEIRA et al., 2008).

Assim, para a produção de mudas em pequenas quantidades e de maneira simples, a construção de pequenas estufas (estufins) utilizando materiais de baixo custo (VIEIRA NETO et al., 2010) pode ser viável, dependendo da espécie e da cultivar a ser propagada. Estudos com o uso de sistemas alternativos para o enraizamento de estacas ainda são escassos na literatura, porém alguns trabalhos foram desenvolvidos com essa proposta, apresentando bons resultados, podendo-se destacar os trabalhos com *Passiflora edulis* (REZENDE et al. (2005), *Ilex paraguariensis* (BRONDANI et al., 2007), *Ixora coccínea* (ALMEIDA et al., 2008) e *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus benthamii* (BRONDANI et al., 2017).

Outro fator que representa um importante ponto para pesquisa, tendo reflexos diretos nos ganhos de melhoramento, é o efeito clonal no enraizamento. A capacidade de formar raízes adventícias nos propágulos vegetativos é muito restrita e a seleção de genótipos específicos poderá viabilizar a propagação da espécie com ganhos futuros.

Durante o processo rizogênico ocorre a formação de grupos de células meristemáticas, sendo a diferenciação desses grupos de células em primórdios radiciais e o desenvolvimento e emergência das novas raízes, incluindo a ruptura de outros tecidos do caule e a formação de conexões vasculares com os tecidos condutores da estaca (HARTMANN et al., 2011). Somente a partir da formação de primórdios radiciais é possível observar o surgimento de raízes. A determinação destas fases é importante para a criação de um padrão do tempo de enraizamento, período em que cada clone necessita permanecer no ambiente de enraizamento. Este tipo de estudo é importante, principalmente para sequoia, uma vez que não há relatos de estudos neste sentido.

Espera-se com este estudo que os diferentes clones possuam respostas distintas em relação ao potencial de enraizamento e que possam servir de base para a indicação em futuros trabalhos, principalmente para o seguimento deste grande estudo com sequoia. Além do efeito clonal, espera-se verificar a viabilidade do estufim no enraizamento, comparado a um local com maior tecnologia, muito utilizado na miniestaquia de eucalipto. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar o enraizamento de clones se sequoia em dois ambientes, além de determinar o comportamento na formação de raízes ao longo do período de avaliação.

#### 8.4 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 8.4.1 Fonte de material reprodutivo

Como fontes de propágulos para a miniestaquia foram utilizadas minicepas de matrizes selecionadas de sequoia de aproximadamente 40 anos de idade, propagadas pelo processo de estaquia convencional, 120 dias após o anelamento parcial ou completo da árvore matriz. O material foi coletado de árvores matrizes situadas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS) e transportado até o Viveiro Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, em Lages (SC). Após, confeccionaram-se estacas com tamanho de 10 cm, contendo um par de folhas aciculares reduzidas a 50 % da área foliar e tratadas com 6.000 mg L<sup>-1</sup> de solução hidroalcoólica de ácido indolbutírico (AIB). Em seguida, foram inseridas em tubetes (180 cm<sup>-3</sup>) contendo vermiculita de granulometria média e substrato comercial (1:1 v/v) e dispostas em casa de vegetação para o enraizamento.

Após a estaquia, mudas enraizadas de cinco meses de idade foram aclimatadas em casa de sombra por 30 dias, sendo em seguida transferidas para casa de vegetação para completar a aclimação por mais 30 dias. Posteriormente, mudas com aproximadamente 20 cm de altura foram transferidas para vasos com capacidade de 5L, preenchidos com substrato comercial Tecnomax<sup>®</sup> (50%) e vermiculita de granulometria média (50%). Quinze dias após a instalação, tempo necessário para adaptação das mudas ao sistema, efetuou-se a poda do ápice da brotação principal das mudas a uma altura de 10 cm ( $\pm$  2 cm), formando-se assim as minicepas para o estabelecimento do minijardim clonal. Mensalmente, durante quatro meses, realizou-se poda de formação das minicepas.

A solução nutritiva utilizada no minijardim clonal foi à base do fertilizante comercial, composto por 10% N (solúvel em água); 42 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (solúvel em água); 10% K<sub>2</sub>O (solúvel em água); 0,6% Mg; 0,1% Fe e 0,02 Br. A fertirrigação era efetuada duas vezes por semana, tendo cada minicepa recebido 50 ml de solução composta pela diluição de 1,5 gramas do fertilizante por litro de água. Após o período de formação das minicepas efetivou-se a coleta das brotações para a realização dos experimentos.

#### 8.4.2 Enraizamento de diferentes clones e ambientes de cultivo

Foram utilizados cinco clones oriundos do minijardim clonal, denominados de A113, A116, A140, A227 e A228, constituindo o fator A do experimento. Das brotações obtidas destes clones pelo sistema de minijardim clonal foram preparadas miniestacas de 8 a 10 centímetros



de comprimento. A porção basal foi cortada em bisel e a porção superior incisada transversalmente, mantendo-se um par de folhas aciculares cortadas pela metade. Para tratamento fitossanitário, as miniestacas foram mergulhadas durante 5 min em 2 litros de solução de hipoclorito de sódio a 1,5% de cloro ativo, seguida de imersão em água corrente durante 5 min e, por fim, imersão em fungicida com princípio ativo Benomyl (5 %), por 5 min.

As miniestacas foram colocadas em tubetes de polipropileno de 180 cm<sup>3</sup>, contendo vermiculita de granulometria média e substrato comercial (1:1 v/v), onde efetuou-se a inserção de aproximadamente 2 cm da base da estaca no substrato, sem utilização de regulador de crescimento.

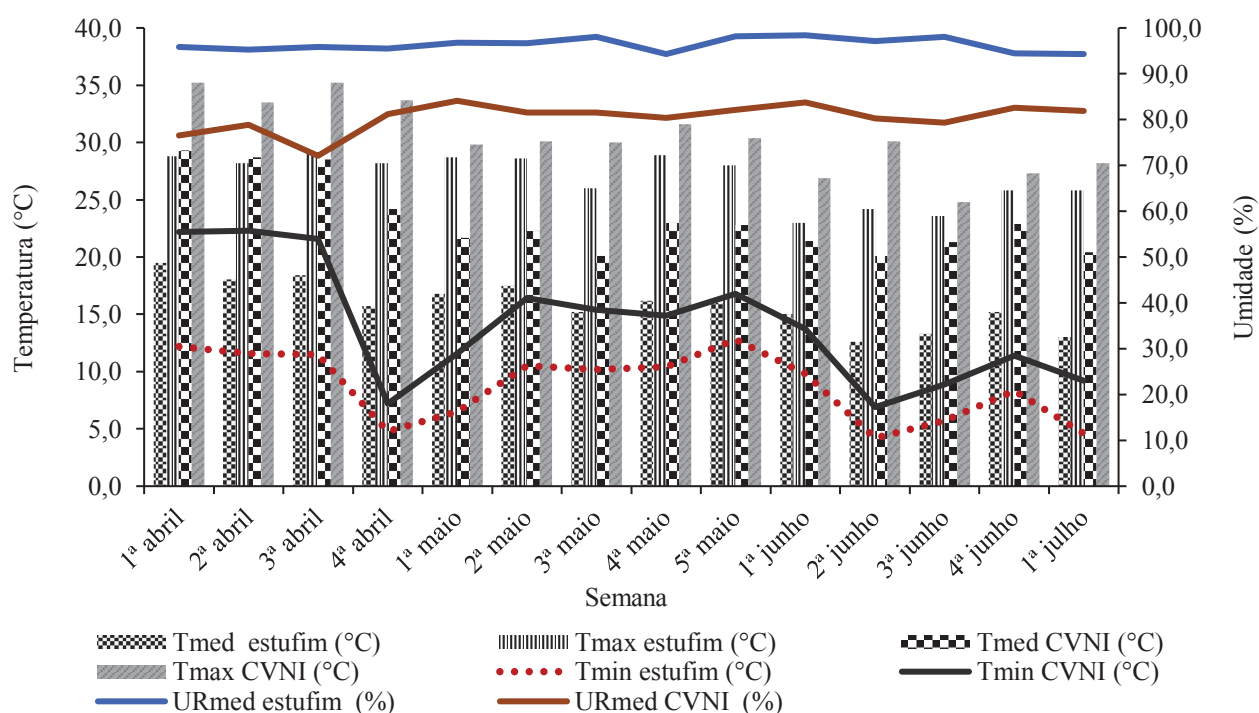
O substrato comercial utilizado (Tecnomax<sup>®</sup>), de acordo com a descrição do fabricante, é composto por turfa, vermiculita expandida, casca de pinus e carvão vegetal. As características químicas e físicas conforme análise de substrato são: pH = 6,6; condutividade elétrica = 0,13 mS cm<sup>-1</sup>; densidade úmida = 450,8 kg m<sup>-3</sup>; densidade seca = 302,7 kg m<sup>-3</sup>; umidade atual = 32,8 (%); porosidade total = 72,2 (%); espaço de aeração = 17,0 (%); água facilmente disponível = 12,2 (%); água tamponante = 2,4 (%); água remanescente = 40,5 (%); CRA10 – capacidade de retenção de água a 10 cm = 55,1; CRA50 = 42,9 e CRA100 = 40,5. A caracterização física e química do substrato foi realizada no Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, conforme a Instrução Normativa nº 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007) e Fermino (2003).

Após o estaqueamento, as bandejas contendo os tubetes foram acondicionadas em dois ambientes diferentes de enraizamento (tratamentos - fator B): estufim, localizado no Viveiro Florestal do CAV-UDESC, e casa de vegetação com nebulização intermitente (CVNI), de uma empresa florestal, localizada em Otacílio Costa (SC). O estufim é uma estrutura simples com cobertura plástica, apresentando 8,0 x 1,20 x 0,9 m (comprimento x largura x altura), localizado sob a casa de sombra. Já a CVNI é automatizada, com controle da temperatura (geralmente temperatura entre 20- 30 °C) e da umidade relativa do ar (UR > 80%), sendo ambas as variáveis controladas automaticamente por termostato e umidostato. A confecção e o estaqueamento do material nos recipientes foi realizada no Viveiro Florestal da UDESC, com as bandejas sendo transportadas logo após o procedimento até o viveiro de Otacílio Costa. As bandejas foram mantidas em ambiente climatizado durante o deslocamento, não excedendo uma hora de percurso entre os dois viveiros.

O manejo hídrico no estufim incluiu cinco irrigações diárias (09h00min; 11h30min; 13h30min; 15h30min, 18h00min) de 7 minutos cada, utilizando-se o sistema de microaspersão.

Na CVNI a irrigação foi realizada por nebulização, com períodos variáveis conforme a umidade e temperatura. Em ambos os locais, a coleta de dados de umidade e temperatura foi realizada por meio de *datalogger*, com as leituras sendo efetuadas a cada 10 minutos. Os valores médios semanais de temperatura e umidade nos dois ambientes de enraizamento podem ser observados na Figura 11.

FIGURA 11 – MÉDIAS SEMANAIS (1ª SEMANA DE ABRIL ATÉ 1ª SEMANA DE JULHO) DE TEMPERATURA MÉDIA – TMed (°C), TEMPERATURA MÁXIMA – TMax (°C), TEMPERATURA MÍNIMA – TMin (°C) E MÉDIA DE UMIDADE RELATIVA DO AR - URMed (%) NOS DOIS AMBIENTES (ESTUFIM E CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE - CVNI) NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens*.



FONTE: O autor (2018).

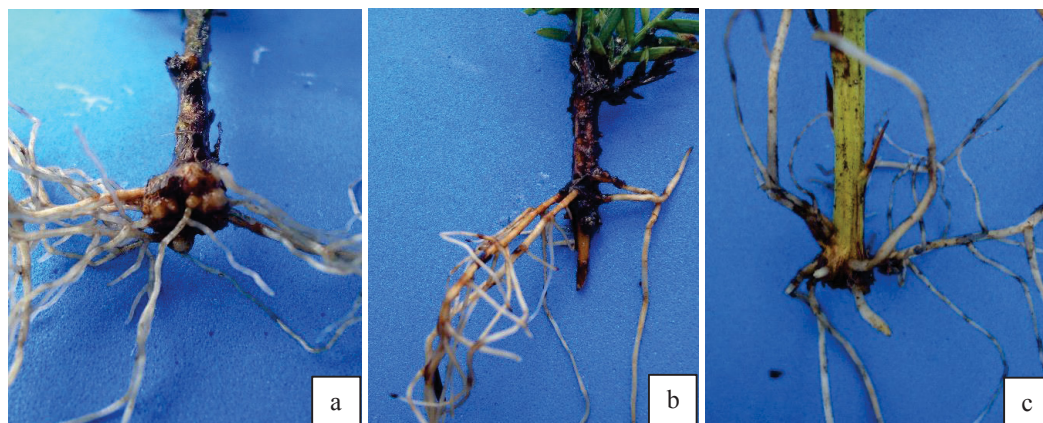
O experimento foi realizado durante a primeira semana de abril até a primeira semana de julho de 2017, sendo conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco clones e dois ambientes), utilizando-se 5 repetições de 50 miniestacas por unidade experimental (sendo avaliadas 5 miniestacas por repetição em cada avaliação). Foram realizadas avaliações semanais (10 semanas), iniciando-se a partir do 30º dia após o estaqueamento, até o 93º dia, momento que houve estabilização do enraizamento. As

miniestacas avaliadas em um período não foram mais utilizadas nas próximas avaliações para evitar interferência com a retirada e recolocação das mesmas.

#### 8.4.3 Avaliações e análise estatística

Avaliou-se a sobrevivência das miniestacas (%), formação de calos (%), enraizamento (%), número de raízes emitidas por miniestaca enraizada e origem da raiz. Foram consideradas sobreviventes as miniestacas que apresentavam lenho vivo, folhas velhas ou brotações jovens, enraizadas ou não. A porcentagem de miniestacas enraizadas foi considerada sobre o total, não somente sobre as miniestacas sobreviventes. Foram consideradas miniestacas enraizadas aquelas que apresentavam primórdios radiculares maiores do que 2 mm. Para determinar a origem das raízes, classificou-se o local em: raízes com origem de calo (Figura 12a), raízes com origem no tecido lenhoso (podendo ser do córtex, câmbio, raio vascular ou parênquima do floema) (Figura 12b) e em ambos os locais (Figura 12c).

FIGURA 12 – ORIGEM DAS RAÍZES EM MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens*; A) RAÍZES COM ORIGEM DE CALO; B) RAÍZES COM ORIGEM NO TECIDO LENHOSO E C) RAÍZES SURGINDO DE CALOS E DE TECIDO LENHOSO.



FONTE: O autor (2018).

Após a verificação da normalidade dos dados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e da homogeneidade pelo teste de Bartlett, realizou-se a análise estatística. Quando necessário, os dados foram transformados pela função  $(x + 0,5)^{0,5}$ . Os dados da avaliação final (93 dias) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando houve diferença significativa pelo teste F as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (fator clone) ou teste t (fator local) a 5% de probabilidade.

Os dados obtidos nas avaliações semanais foram utilizados para o ajuste da função logística original (CALEGARIO, 2002). A função logística é utilizada para descrever alterações da variável dependente (no caso deste estudo sobrevivência (%), formação de calos (%), enraizamento (%) e número de raízes) em função do tempo. A função logística é calculada pela seguinte equação:

$$Vi = \varphi_1 + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{1 + \exp[(\varphi_3 - Ti)/\varphi_4]} + \varepsilon_i$$

Onde:  $V_i$  = Variável observada na  $i$ -ésima miniestaca;  $T_i$  = tempo da  $i$ -ésima miniestaca em função dos dias após estaqueamento;  $\varphi_i$  = coeficientes da regressão e  $\varepsilon_i$  = erro aleatório.

De posse da equação obtida para cada clone e local, foi determinado o potencial máximo de enraizamento expresso pelo coeficiente  $\varphi_2$ . As funções foram ajustadas para cada local de enraizamento, para cada clone e para a variação dos clones em cada local. Semanalmente, a partir dos 15 dias, foi registrado o desenvolvimento dos calos e das raízes por meio de fotografias, buscando criar um padrão de desenvolvimento radicial.

## 8.5 RESULTADOS

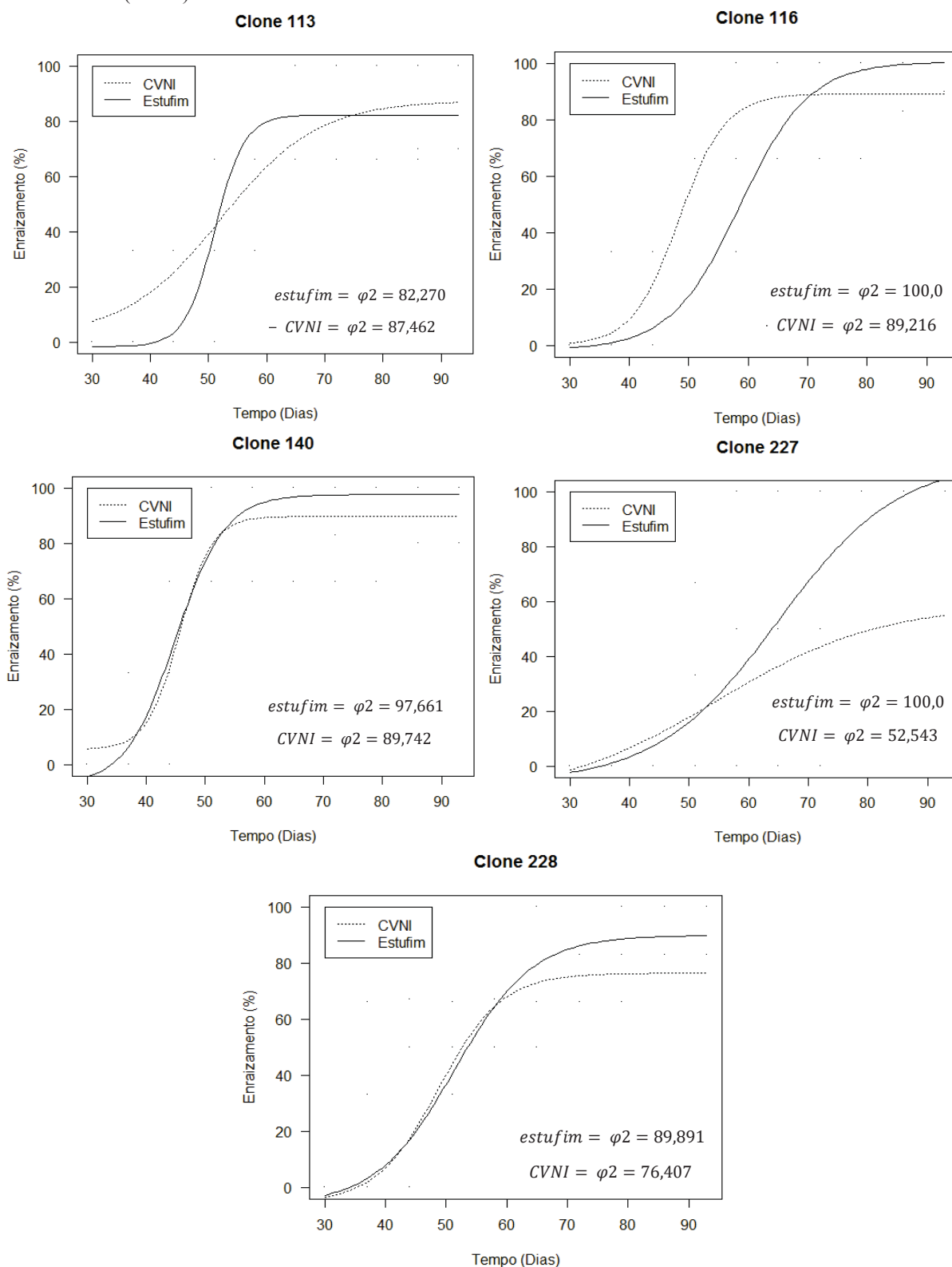
Para a sobrevivência (%) e formação de calos (%) nas miniestacas de sequoia nos diferentes períodos de avaliação, em função dos clones e locais para enraizamento, não houve significância e ajuste da função logística original. A média de sobrevivência foi de 98% e a média de calos de 35,5%, considerando-se avaliações semanais dos 30 aos 93 dias, nos dois locais e para os 5 clones testados.

Em relação ao enraizamento, com base no formato da curva e pelas estimativas dos parâmetros  $\varphi$  (Tabela 14), foi possível constatar que existem diferenças na porcentagem de enraizamento nos locais avaliados (estufim e CVNI) e nos cinco clones testados (Figura 13).

Nos clones A113, A116 e A140 o enraizamento iniciou antes na CVNI do que no estufim. Aos 30 dias, não houve enraizamento de miniestacas no estufim enquanto na CVNI foi observado enraizamento dos clones A113 e A140. No clone A113 o enraizamento foi progressivo na CVNI até aproximadamente 80 dias após o estaqueamento, momento em que houve estabilização da curva. Nas miniestacas mantidas em estufim o enraizamento só ocorreu a partir do 50º dia. Entretanto, o enraizamento atingiu a estabilização ( $\varphi_2$ ) aos 60 dias. O clone

A113 apresentou enraizamento final próximo a 80% em ambos os locais ( $\varphi_2$  estufim= 82,27 e  $\varphi_2$  CVNI= 87,46).

FIGURA 13 - ENRAIZAMENTO DOS CLONES DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE (CVNI) E ESTUFIM.



FONTE: O autor (2018).

O enraizamento na CVNI também iniciou anteriormente (avaliação aos 37 dias) para o clone A116, atingindo a estabilização próximo aos 60 dias. Neste ambiente, o enraizamento máximo final foi inferior a 90%, sendo menor em relação às miniestacas mantidas em estufim, que apresentaram 100% a partir dos 80 dias de estaqueamento. O clone A140 exibiu uma velocidade de enraizamento semelhante nos dois ambientes, sendo superior no estufim ao final da avaliação. É importante destacar a precocidade no enraizamento deste clone em relação aos demais, pois antes dos 60 dias mais de 80% das miniestacas já apresentavam raízes.

TABELA 14 – COEFICIENTES DA REGRESSÃO E ERRO ALEATÓRIO ( $\epsilon_i$ ) DO AJUSTE DA FUNÇÃO LOGÍSTICA ORIGINAL PARA O ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE (CVNI) E ESTUFIM.

Clone e local	Coeficientes da regressão				Erro aleatório - $\epsilon_i$	
	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$	$\varphi_4$		
Enraizamento (%)	A113 – estufim	-1,562	82,270	51,011	2,553	20,2
	A113 – CVNI	2,221	87,462	52,163	8,281	18,8
	A116 – estufim	-1,487	100,00	58,573	5,839	13,4
	A116 – CVNI	-0,004	89,216	48,331	3,901	16,4
	A140 – estufim	-7,423	97,661	44,875	4,211	13,8
	A140 – CVNI	5,498	89,742	45,609	2,764	16,7
	A227 – estufim	-5,982	100,00	64,872	10,177	25,5
	A227 – CVNI	-11,22	59,030	54,65	13,71	15,6
	A228 – estufim	-6,098	89,891	51,365	6,451	26,2
	A228 – CVNI	-5,487	76,407	48,796	5,151	19,4
Número de raízes	A113 – estufim	-0,149	5,515	67,065	8,512	1,98
	A113 – CVNI	0,769	5,086	60,932	5,761	1,70
	A116 – estufim	-0,1087	5,625	68,34	7,202	1,19
	A116 – CVNI	1,639	10,329	74,467	1,772	1,70
	A140 – estufim	0,483	10,060	63,833	6,509	2,01
	A140 – CVNI	-0,894	35,453	85,659	39,926	2,21
	A227 – estufim	0,264	6,574	74,216	1,445	1,33
	A227 – CVNI	0,197	4,601	70,505	0,867	1,94
	A228 – estufim	-0,002	10,156	73,033	9,556	2,23
	A228 – CVNI	-0,002	10,156	73,033	9,556	2,23

FONTE: O autor (2018).

A maior disparidade no enraizamento entre os dois locais foi observada para o clone A227, que apresentou enraizamento final pouco superior a 50% na CVNI ( $\varphi_2=52,543$ ) e de 100% em estufim. Provavelmente esse resultado seja em função da interação de características genéticas do clone *versus* efeito ambiental. Ao contrário do clone A227, o clone A228 apresentou similaridade na velocidade de enraizamento. Somente a partir dos 70 dias observou-

se melhores resultados para o estufim, no qual também houve maior enraizamento final para este clone.

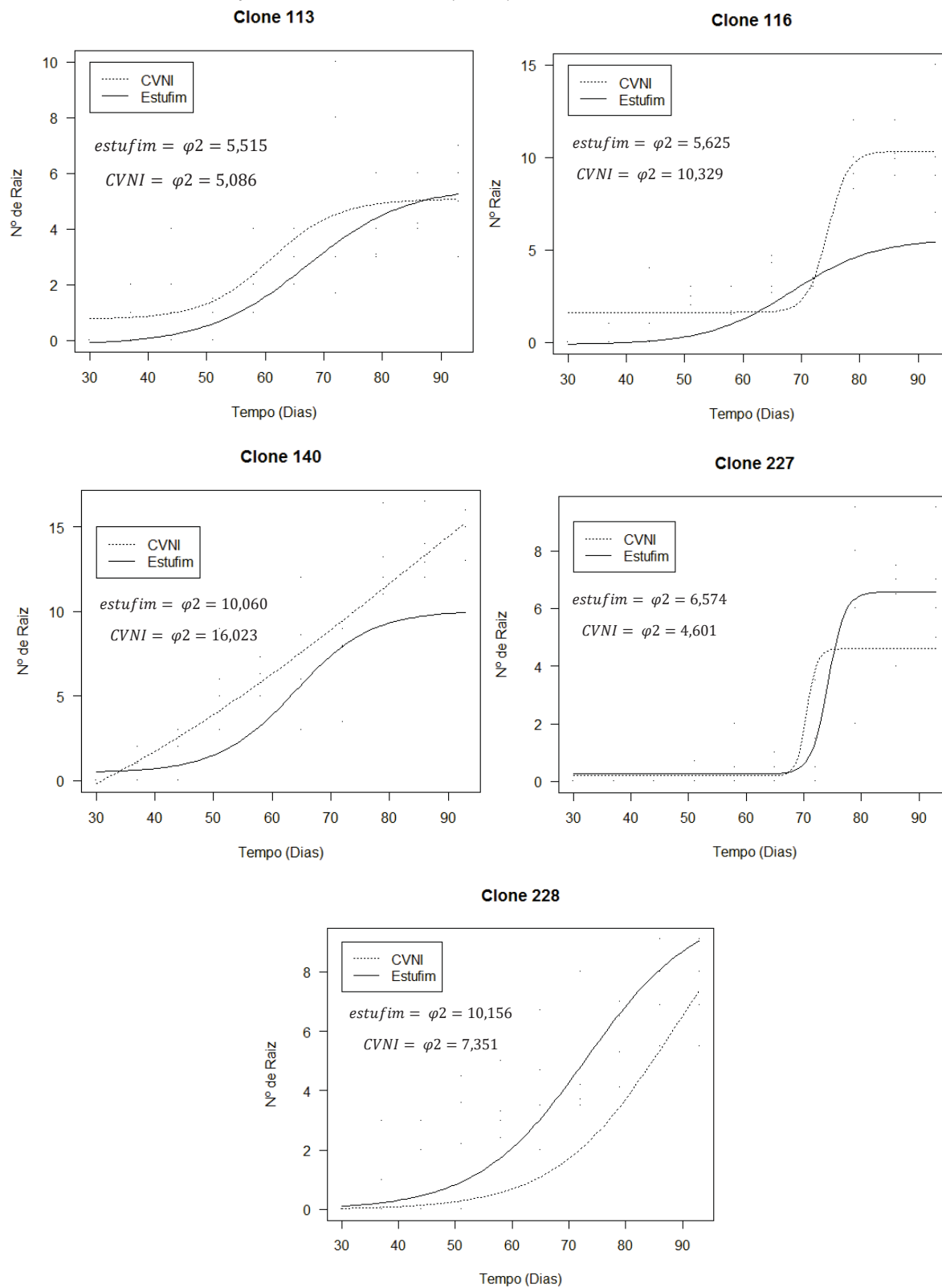
Em relação ao número de raízes por miniestaca houve variação em cada clone (Figura 14). Para os clones A116 e A140 a CVNI apresentou os melhores resultados, superando 10 raízes por miniestaca. Já para os clones A227 e A228 o ambiente de estufim proporcionou melhorias no enraizamento, com variação entre 6 a 10 raízes na última avaliação (93 dias). O clone A113 apresentou formação similar aos 93 dias de avaliação em ambos os ambientes.

Gráficos contemplando todos os materiais foram elaborados para melhorar a comparação do enraizamento entre os clones em cada um dos ambientes (Figura 15). O enraizamento (%) em CVNI (Figura 15a) iniciou entre 30 e 40 dias para a maioria dos clones (a exceção do clone A227). A maior velocidade de enraizamento neste ambiente ocorreu entre 40 e 60 dias, onde a maioria dos clones já apresentava aproximadamente 80% de miniestacas com raízes. Após 60 dias de estaqueamento não houve avanço considerável na porcentagem de enraizamento, porém observou-se grande evolução na produção de raízes (Figura 15c). Entre os clones foi possível visualizar diferenças na velocidade de enraizamento e principalmente na qualidade deste, parâmetro expresso pelo número de raízes.

Para as miniestacas mantidas em estufim observou-se um enraizamento mais demorado em relação a CVNI, iniciando-se próximo ao 40º dia (Figura 15b). A estabilidade no enraizamento também foi mais longa, ficando entre 60 a 80 dias para a maioria dos clones. Entre o 70º e o 93º dia também foi verificada a maior formação de raízes na miniestacas (Figura 15d).

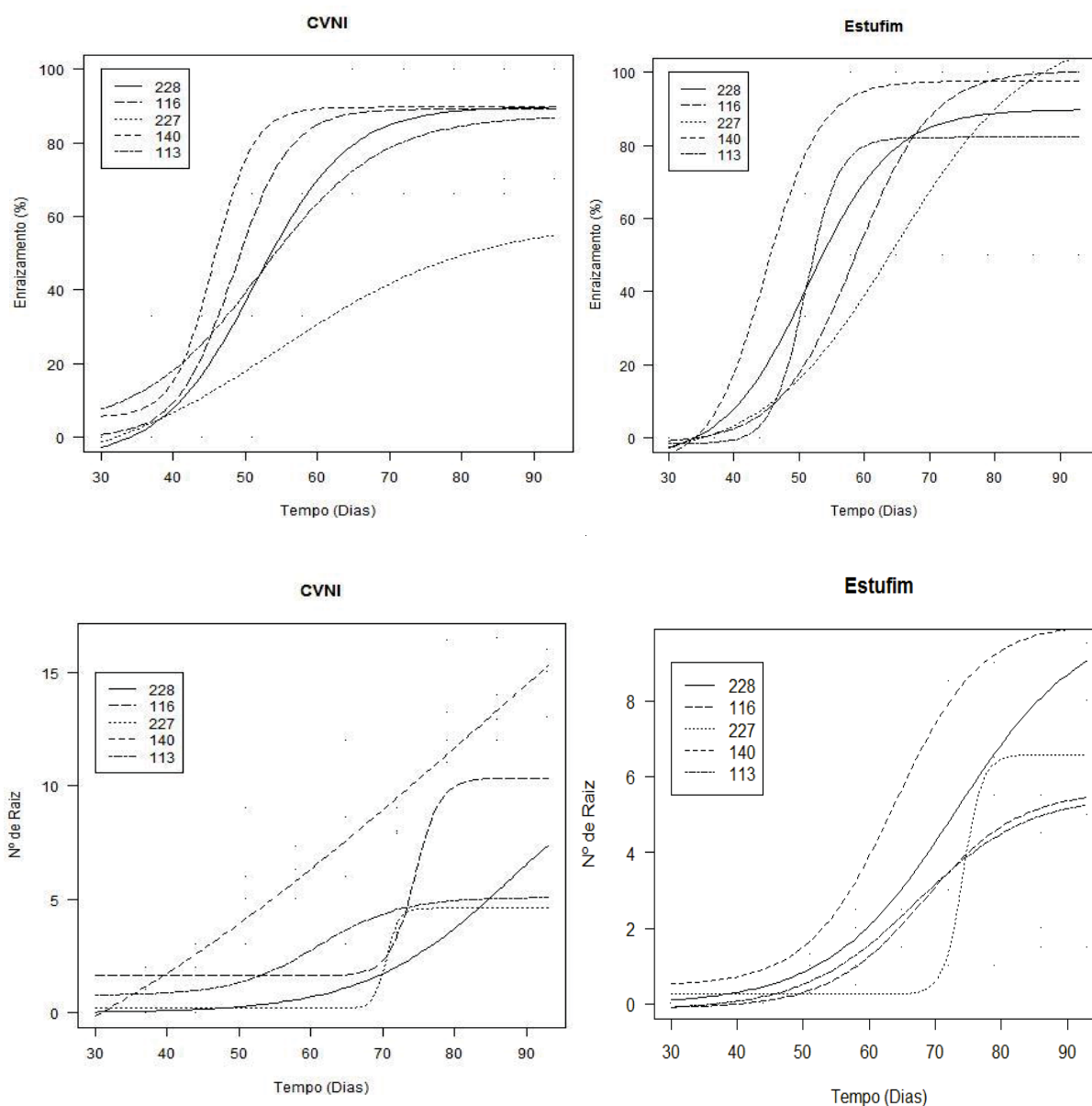


FIGURA 14 – NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE CLONES DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE (CVNI) E ESTUFIM.



FONTE: O autor (2018).

FIGURA 15 – ENRAIZAMENTO (A/B) E NÚMERO DE RAÍZES (C/D) EM MINIESTACAS DE CLONES DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CASA DE VEGETAÇÃO COM NEBULIZAÇÃO INTERMITENTE (CVNI) E ESTUFIM.



FONTE: O autor (2018).

Na análise de variância, utilizando-se os dados somente da última avaliação (93 dias), não houve diferença estatística para a sobrevivência, sendo a média geral de 98% de estacas vivas. Já para formação de calos ( $p = 0,045$ ), enraizamento ( $p = 0,0049$ ), e número de raízes ( $p = 0,0023$ ) houve interação entre os locais (estufim e CVNI) e clones utilizados.

Em relação à formação de calos, as miniestacas mantidas em estufim apresentaram maior formação calogênica (Tabela 15), destacando-se o clone A228 como o de maior formação e o clone A140 com a menor porcentagem. O enraizamento não apresentou diferença entre os clones mantidos em estufim, com resultados superiores a 85%. Na CVNI o clone A227

apresentou enraizamento inferior ao demais (também em relação em estufim), sendo o único com valor menor que 85%. Em relação ao número de raízes, no estufim também não houve diferença entre os clones, com cada estaca ficando com aproximadamente 5 a 9 raízes. Na CVNI houve diferença considerável entre os clones, variando entre 4,1 (A227) até 14,7 (140). Entre os ambientes, as miniestacas mantidas em CVNI apresentaram valores maiores para os clones A116 e A140.

TABELA 15 – FORMAÇÃO DE CALOS (%), ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens* EM RELAÇÃO AO USO DE DIFERENTES CLONES EM DOIS LOCAIS PARA O ENRAIZAMENTO, 93 DIAS APÓS ESTAQUEAMENTO.

Clone	Estufim	CVNI
	Formação de calos (%)	
A113	62,5 Ab*	49,5 Ab
A116	87,5 Aa	31,0 Bb
A140	50,0 Ab	18,7 Bc
A227	50,0 Ab	72,5 Aa
A228	87,5 Aa	89,0 Aa
Enraizamento (%)		
A113	87,5 Aa	85,0 Aa
A116	100,0 Aa	95,0 Aa
A140	100,0 Aa	95,0 Aa
A227	100,0 Aa	58,0 Bb
A228	93,7 Aa	95,7 Aa
Número de raízes		
A113	6,0 Aa	5,2 Ac
A116	5,3 Ba	10,5 Ab
A140	8,9 Ba	14,7 Aa
A227	6,8 Aa	4,1 Ac
A228	8,7 Aa	7,4 Ac

\* Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Scott-Knott (fator clone) e teste t (fator local), a 5% de probabilidade.

FONTE: O autor (2018).

A origem das raízes apresenta elevada variação entre os clones avaliados. A maioria dos clones apresenta o calo como origem das raízes, a exceção dos clones A116 e A228 em que predomina o tecido lenhoso ou ambos os locais (calo e tecido lenhoso) como origem das raízes (Tabela 16).

TABELA 16– ORIGEM DAS RAÍZES (CALO, TECIDO LENHOSO OU CALO E TECIDO LENHOSO - %) NOS DIFERENTES CLONES DE *Sequoia sempervirens* DURANTE O PROCESSO DE ENRAIZAMENTO.

Clone	Origem das raízes (%)		
	Calo	Tecido lenhoso	Calo e tecido lenhoso
A113	54,5 b*	38,6 a	6,9 a
A116	29,5 a	34,1 a	36,4 b
A140	50,0 b	31,2 a	18,8 a
A227	48,7 b	25,6 a	25,7 b
A228	33,3 a	31,3 a	35,4 b

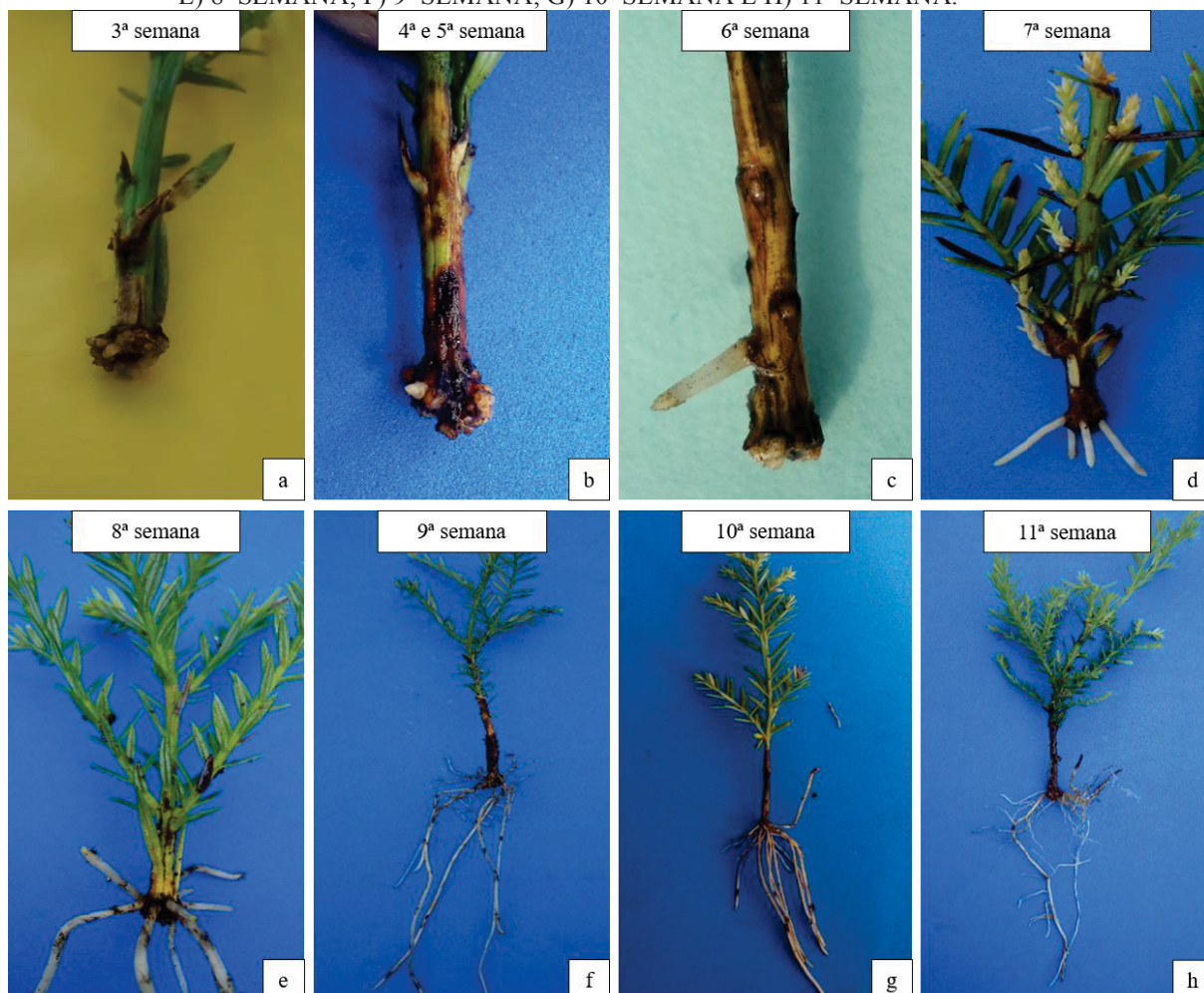
\* Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

FONTE: O autor (2018).

### 8.5.1 Estágios de enraizamento

O processo de diferenciação das miniestacas objetivando o desenvolvimento radicial em sequoia tem início, na maior parte dos experimentos, com a formação de calos. Por volta dos 15 dias (3ª semana após estaqueamento) inicia-se o aparecimento (observação) visual deste tipo de estrutura na base das estacas, geralmente de tamanho pequeno e com aspecto claro (Figura 16a). O enraizamento para a maioria dos clones testados inicia-se a partir da 4ª e 5ª semana (Figura 16b), sendo este originário do calo ou tecido lenhoso, apresentando inicialmente poucas raízes com maior espessura (Figura 16c e 16d). A partir da 6ª e 7ª semana (entre os 40 – 50 dias) ocorre um aumento progressivo no enraizamento (Figura 16e) e surgimento de raízes mais finais. Após a 8ª semana (e observado até a 13ª), ocorre um grande aumento na quantidade de raízes, e percebe-se que a miniestaca apresenta crescimento da parte aérea (Figura 16f, 16g e 16h).

FIGURA 16 – EVOLUÇÃO NO PROCESSO DE ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens* APÓS: A) 3ª SEMANA; B) 4ª E 5ª SEMANA; C) 6ª SEMANA; D) 7ª SEMANA; E) 8ª SEMANA; F) 9ª SEMANA; G) 10ª SEMANA E H) 11ª SEMANA.



FONTE: O autor (2018).

## 8.6 DISCUSSÃO

A sobrevivência foi elevada na miniestaquia de sequoia, mostrando bom controle das condições de manutenção do material durante o processo de enraizamento, independente do local (estufim ou CVNI). Além disso, pode-se notar que a espécie apresenta potencialidade para a propagação pela técnica de miniestaquia, equiparando-se a espécies clássicas na propagação por clonagem no Brasil, destacando-se as do gênero *Eucalyptus* (BRONDANI et al., 2010; BORGES et al., 2011). Segundo Wendling e Xavier (2005) os índices de sobrevivência em miniestacas de *Eucalyptus* em casa de vegetação geralmente são elevados devido às condições ambientais (como luz, umidade e temperatura) serem controladas adequadamente para garantir a sobrevivência dos propágulos até a indução do enraizamento.

Relativo ao enraizamento, a diferença entre os locais de manutenção das miniestacas mostra a importância das condições climáticas para maximização dos índices de enraizamento. Na CVNI o processo rizogênico iniciou antes para a maioria dos clones, sendo possível observar miniestacas enraizadas já aos 30 dias. Esse rápido enraizamento é surpreendente quando se trata de uma espécie de conífera que, em geral, apresentam baixos índices e possuem processos mais lentos, principalmente em gêneros importantes como *Picea*, *Tsuga*, *Abies* e *Pinus* (HARTMANN et al., 2011). Esse resultado, além das condições climáticas, que serão tratadas a seguir, é atribuído ao processo de revigoramento no resgate vegetativo, momento em que foi empregado o anelamento completo ou parcial, e ao rejuvenescimento com a utilização de sucessivas podas no minijardim clonal (WENDLING et al., 2014, AIMERS-HALLIDAY et al., 2003).

A temperatura mais elevada obtida na CVNI (Figura 11) pode ter sido responsável pelo enraizamento precoce em relação ao estufim na maioria dos clones. A média de temperatura obtida na CVNI nos 30 primeiros dias ficou em torno de 25 a 28 °C. Em contrapartida, no estufim a média foi inferior a 20 °C. Com isso, a espécie demonstra certa preferência por maiores temperaturas na fase inicial de diferenciação celular e surgimento de raízes. Temperaturas mais baixas podem inibir a atividade de auxinas endógenas (CORRÊA; FETT-NETO, 2004). Estudos mostram que ocorre redução do transporte basípeto de AIA (ácido indol acético) quando a temperatura é reduzida de 25°C para 4°C (GARRIDO et al., 2002), o que pode influenciar a diminuição da indução de raízes nas miniestacas durante as estações mais frias ou retardar o processo de diferenciação. Neste estudo foram registradas temperaturas mínimas no estufim próximas a 5 °C (4ª semana de abril), o que provavelmente reduziu a velocidade na iniciação radicial.

Forte influência da temperatura durante a organogênese de raízes adventícias foi observada em estacas de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, onde baixas temperaturas favoreceram a sobrevivência das estacas, porém reduziram a porcentagem de enraizamento (RASMUSSEN et al., 2009). Em contrapartida, temperaturas elevadas podem induzir um déficit hídrico, uma condição que desencadeia numerosos processos celulares que afetam o ciclo e a divisão celular (COSTA et al., 2013). Temperaturas elevadas alteram o metabolismo dos propágulos e podem levar à desnaturação de enzimas com redução da absorção de nutrientes que, em última instância, reduzem a capacidade rizogênica dos tecidos e promovem a indução dos calos na base dos propágulos (TRUEMAN et al. 2013). O menor enraizamento ao final das avaliações para a maioria dos clones em CVNI pode estar relacionado a maior temperatura máxima neste ambiente (Figura 11), a qual superou 35 °C em alguns



momentos. A sensibilidade aos efeitos deletérios em condições de elevadas temperaturas também pode estar relacionada às características adaptativas de cada genótipo (HARTMANN et al., 2011), o que explica a variação obtida em cada clone.

De maneira geral, a CVNI apresentou médias de temperatura (Figura 11) mais próximas às indicadas para o enraizamento de miniestacas de espécies subtropicais ou tropicais (20-25°C), principalmente *Eucalyptus* (BRONDANI et al., 2017). Contudo, pelo fato da sequoia ser originária de áreas mais frias e com grande variação térmica (OLSON et al., 1990), temperaturas mais baixas ou com maior variação térmica entre o dia e a noite podem representar um benefício ao enraizamento da espécie, como visto para algumas espécies de coníferas (HARTAMANN et al., 2011).

Cada espécie requer uma faixa de temperatura distinta, em que o enraizamento adventício ótimo pode ser alcançado. As temperaturas médias, máximas e mínimas do dia, em intervalos de tempo determinados, são parâmetros que devem ser considerados no ambiente de propagação, sendo adaptados para cada espécie, híbrido ou clone. Espécies distintas apresentam diferentes preferências no processo de enraizamento. Corrêa e Fett-Neto (2004) observaram em *Eucalyptus saligna* a faixa de 25 a 30°C, enquanto para *Eucalyptus globulus* a temperatura média ideal está em torno de 20 °C.

Com exceção do clone A113, os demais apresentaram maior enraizamento ao final do experimento (93 dias) para as miniestacas mantidas em estufim. Esse fato pode ser explicado pela manutenção de maior umidade no ambiente de estufim, além de prejuízo ao processo em função das elevadas temperaturas em casa de vegetação, como mencionado anteriormente. Apesar da CVNI apresentar média de umidade próxima ou superior a 80%, parece haver maior adaptação da espécie a níveis mais elevados deste fator. A umidade é um dos fatores externos que mais contribui para que ocorra enraizamento nas estacas (PASQUAL et al., 2001), sendo recomendada sua manutenção acima de 80%, conservando-se assim a turgescência dos propágulos (XAVIER et al., 2013). Conforme Hartmann et al. (2011), coberturas plásticas no ambiente de enraizamento são recomendadas para manter a umidade alta, formando uma película de vapor de água sobre as folhas. Caso ocorra a murcha ou desidratação das miniestacas, mesmo por curto período, a chance de enraizamento é reduzida drasticamente, podendo levar somente à formação de calos.

O uso de estufins na propagação vegetativa vem aumentando nos últimos anos, principalmente na miniestaquia de espécies do gênero *Eucalyptus*, ocasionando a aceleração e elevação de índices de enraizamento. Apesar disso, o uso mais comum destas estruturas é na cobertura das minicepas no minijardim clonal (ASSIS, 2011; BATISTA et al.; 2015). O uso de



estufins simples, como os utilizados neste estudo, para manutenção de estacas/miniestacas durante o processo de enraizamento pode ser uma alternativa barata e de fácil instalação. Pelos resultados obtidos no enraizamento de sequoia e pelos dados de umidade e temperatura observados é possível recomendar o uso desta estrutura para as mais variadas espécies, devendo-se ajustar o tipo e intervalo da irrigação.

Corroborando com os resultados do presente estudo, em que o estufim sob casa de sombra resultou em altos índices de enraizamento, Brondani et al. (2017) trabalhando com *Corymbia citriodora*, *E. urophylla* e *E. benthamii*, também obtiveram melhor enraizamento de microestacas mantidas em mini estufins mantidos em casa de sombra. Estudando o efeito dos estufins (chamados no trabalho de pavilhões de plástico) na propagação de estacas de *Ficus carica*, Pipattanawong et al. (2008) encontraram aumento da temperatura e umidade com o uso da estrutura, fato que promoveu a formação precoce de calos, brotos e raízes. Em *Hamelia patens* (NOUR; ELGIMABI, 2009) e *Citrus limettioides* (HUSSAIN et al., 2016) também foram encontrados melhores resultados de enraizamento de estacas quando estas foram mantidas em estufim com cobertura plástica. Todos os trabalhos relacionam a melhoria no enraizamento a maior umidade obtida com o uso das estruturas plásticas.

O processo de enraizamento (% de miniestacas enraizadas e número de raízes) não teve comportamento idêntico para todos os clones. Desde a iniciação radicial até o final das avaliações (93 dias) foi possível observar diferenças claras, mais pronunciadas no clone A227, pela variação entre os locais, e no clone A140 pela precocidade na iniciação radicial e estabilização do enraizamento, o qual também foi elevado. Constata-se assim que o genótipo afeta diretamente a capacidade e a velocidade de enraizamento das miniestacas, semelhante ao encontrado por Mankessi et al. (2009) e Oliveira et al (2012) em espécies do gênero *Eucalyptus*.

A velocidade de enraizamento das miniestacas indica diferenças entre os clones quanto ao processo rizogênico, refletindo em distinção no tempo ideal de permanência das miniestacas na casa de enraizamento. Resultados demonstrando diferenças genotípicas também foram obtidos em trabalho com diferentes progênies de *Anadenanthera macrocarpa* (DIAS et al., 2012); para clones de *Eucalyptus* (FERREIRA et al, 2004) e clones de *Eucalyptus grandis* (MELO et al., 2011).

Sabe-se que o processo de enraizamento em espécies lenhosas é genótipo dependente. Diferentes espécies, híbridos e clones do mesmo estoque parental podem requerer condições distintas de cultivo e, conseqüentemente, variados índices e processos de enraizamento (MOKOTEDI et al., 2000). A formação de raízes adventícias em miniestacas pode ser direta e indiretamente controlada por genes (SILVA et al., 2012), resultando em um baixo nível de

auxinas ou falta de co-fatores de enraizamento (WANG; ANDERSEN, 1989). A determinação genética no enraizamento é conhecida para várias coníferas, como *Pinus taeda*, *Larix sp*, *Tsuga heterophylla* e *Pinus elliottii* × *P. caribaea* (SHEPHERD et al., 2005). Esse conhecimento da aptidão genética (clonal) está diretamente relacionado ao sucesso ou fracasso da produção de mudas via miniestquia, já que pode haver o descarte prematuro de alguns clones por apresentarem maior lentidão na emissão de raízes.

Um fato marcante na propagação vegetativa de sequoia é a formação de calos nas miniestacas. No trabalho, a presença de calos foi maior no estufim em comparação à CVNI. Este fato pode ser atribuído à maior oscilação de temperatura neste ambiente. No entanto, a formação de calos é comum na propagação vegetativa de coníferas ((HARTMANN et al., 2011) principalmente em sequoia (NAVROSKI et al., 2015). Além disso, parece haver uma implicação genética aliada ao efeito ambiental no enraizamento, comprovado pelo baixo aparecimento de calos no clone A140, principalmente no ambiente de CVNI. Já outros clones (principalmente A228) apresentam uma formação quase que obrigatória, para posterior processo de enraizamento.

É importante considerar que a formação de calos e raízes são processos independentes, sendo a ocorrência simultânea derivada da dependência de condições internas e ambientais semelhantes (GOULART et al., 2014). Entretanto, em algumas plantas a formação de calos pode ser precursora da formação de raízes adventícias (BALTIERRA et al., 2004), como ocorre comumente em sequoia.

Além do efeito das condições climáticas durante o processo de enraizamento, a elevada formação de calos em miniestacas de sequoia pode estar relacionada ao balanço hormonal endógeno entre auxinas/citocininas na espécie, favorecendo o desenvolvimento de calos na região basal das miniestacas (HARTMANN et al., 2011), considerando-se que não foram utilizadas fontes exógenas de reguladores de crescimento. Outro fator que também pode contribuir para a formação de calos é a degradação de auxinas na região basal do propágulo devido à temperatura mais elevada, principalmente em função da sequoia ser originária de regiões de clima mais temperado.

Trabalhando com estacas de *Sequoia sempervirens* obtidas de resgate vegetativo de árvores com 22 anos de idade, Navroski et al. (2015) obteve 100% de formação de calos. A diminuição da formação de calos verificada neste trabalho (Tabela 14) e principalmente o enraizamento advindo de tecido lenhoso em aproximadamente 30% das miniestacas possivelmente ocorre pelo processo de rejuvenescimento e/ou revigoramento do material em minijardim clonal, em função das sucessivas podas realizadas nas minicepas. A redução na

formação de calos, associada ao aumento do enraizamento em função de maior juvenilidade do material, foi encontrada em *Paulownia fortunei* var. *mikado* (STUEPP et al., 2015).

De acordo com Li et al. (2009), a presença de calos nos tecidos externos dos propágulos prejudica a funcionalidade da raiz e compromete a qualidade da muda, caracterizando-se como um efeito indesejável no sistema de clonagem. Assim, um melhor rejuvenescimento do material, aliado à seleção de clones com qualidade no enraizamento pode facilitar a implantação da espécie e, conseqüentemente, promover maior crescimento a campo.

#### 8.6.1 Estágios de enraizamento

O desenvolvimento do enraizamento, obtido por meio de observações visuais de frequência semanal, demonstra que o processo de diferenciação celular é rápido para a espécie. Decorridos 15 dias do estaqueamento já é possível observar o aparecimento de estruturas calogênicas na base das miniestacas. Como colocado por Salvador (2011), com o preparo da miniestaca, a partir do corte longitudinal ou bisel feito na sua base, ocorre uma lesão tanto nos tecidos do xilema quanto nos do floema, resultando num traumatismo seguido por um processo de cicatrização, formando então uma capa de suberina que reduz a desidratação na área lesada. Nesta região frequentemente se forma uma massa de células parenquimáticas desorganizadas, pouco diferenciadas e em diferentes estágios de lignificação, denominadas de calo.

Quanto maior o grau de modificação na base da miniestaca e mais acelerado for esse processo, maior será a possibilidade do enraizamento adventício das espécies (DIAS et al., 2012). Esse fato foi observado em sequoia, visto que, a partir da 4ª semana, foi percebido um aumento no crescimento das estruturas calogênicas, envolvendo praticamente todo o raio da base da miniestaca (Figura 16b), no entanto sem haver enraizamento.

O enraizamento em sequoia inicia-se geralmente com o aparecimento de uma raiz, sendo acompanhado pelo surgimento de outras após alguns dias. No início surgem poucas e espessas raízes, originadas com frequência de estruturas calogênicas (Tabela 15), mas podendo surgir também de tecidos lenhosos (Figura 16c). O processo evolui com o aparecimento de novas raízes e, principalmente, ramificações das principais (raízes secundárias). Esse tipo de raiz, mais fina, é desejável por apresentar uma maior absorção de água e nutrientes (SILVA et al., 1999) e melhorar a estruturação do substrato.

Por fim, como observado pela velocidade de enraizamento, é possível manter as miniestacas de alguns clones por menos tempo no estufim ou na CVNI. Contudo, como visualizado no processo de enraizamento, é recomendável mantê-las por até 90 dias, para

melhorar a qualidade do enraizamento e, sobretudo, para a formação de raízes mais finas. Segundo Luna (2008) mesmo apresentando enraizamento, estacas de sequoia podem demonstrar alta mortalidade no processo de aclimação.

## 8.7 CONCLUSÕES

Os variados clones avaliados no trabalho apresentam distintas velocidades de enraizamento, com este fato ocorrendo principalmente entre os 50 e 60 dias após a miniestaquia. O ambiente de enraizamento apresenta diferença no processo rizogênico, sendo mais precoce na CVNI, mas com maior índice no estufim ao final da avaliação. O número de raízes é influenciado pelos clones e pelos dois ambientes avaliados, apresentando maior formação de raízes novas entre os 70 e 80 dias após estaqueamento.

O processo de diferenciação das miniestacas ocorre inicialmente com a formação de calos, aproximadamente aos 15 dias, passa pelo enraizamento depois dos 30 dias até aproximadamente 60 dias e após ocorre o surgimento e ramificação de novas raízes.

## 8.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUJA, M. R. Genetic constitution and diversity in four narrow endemic redwoods from the family Cupressaceae. **Euphytica**, v. 165, n. 1, p. 5–19. 2009.

AIMERS, J. H.; MENZIES, M. I.; FAULDS, T.; HOLDEN, D. G.; LOW, C. B.; DIBLEY, M. J. Nursery systems to control maturation in *Pinus radiata* cuttings, comparing hedging and serial propagation. **New Zealand Journal of Forestry Science**, n. 33, p. 135 - 155. 2003.

ALMEIDA, E. F. A.; LUZ, P. B.; LESSA, M. A.; PAIVA, P. D. O.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; OLIVEIRA, M. V. C. Diferentes substratos e ambientes para enraizamento de mini-ixora (*Ixora coccinea* “compacta”). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1449-1453, 2008.

ASSIS T, F. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the *Eucalyptus* clonal forestry. In: IUFRO Tree Biotechnology Conference 2011: From Genomes to Integration and Delivery. **BMC Proceedings**, n. 5 (Suppl 7): I18. 2011.

BALTIERRA, X. C.; MONTENEGRO, G.; GARCÍA, E. Ontogeny of *in vitro* rooting processes in *Eucalyptus globulus*. **Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant**, v. 40, p. 499-503, 2004.

BARBOUR, M., WHITWORTH, V. Origins and distribution of coast redwood. In: EVARTS, J.; POPPER, M. (eds) **Coast redwood a natural and cultural history**. Cachuma, Los Olivos, pp 1–17. 2001.

BATISTA A. F.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. D.; QUEVEDO, F. F.; ASSIS, T. F. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. **Australian Forestry**, v. 78, p. 65-72. 2015.

BECKING, R. W.; BELLETO, L. O. Vegetative propagation of coastal redwood: rooting of redwood cuttings. In: **The Ecology of the Coastal Redwood Forest and the Impact of the 1964 Floods Upon Redwood Vegetation**. Suppl Fin Rep NSF Grant 4690. 23 p. 1968.

BOE, K. N. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. In: SCHOPMEYER, C. S. (ed) **Seeds of woody plants in the United States**. Agriculture handbook 450. USDA Forest Service, Washington, DC, USA, 1974.p. 764 -766.

BORGES, S. R.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; MELO, L. A.; ROSADO, M. A. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.

BRONDANI, G. E.; OLIVEIRA, L. S.; KONZEN, E. R.; DA SILVA, A. L. L.; COSTA, J. L. Mini-incubators improve the adventitious rooting performance of *Corymbia* and *Eucalyptus* microcuttings according to the environment in which they are conditioned. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. In press. p. 1-17. 2017.

BRONDANI, G. E., WENDLING, I., SANTIN, D., BENEDETTI, E. L., ROVEDA, L. F., ORRUTÉA, A. G. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 3, p. 257-267, 2007.

BRONDANI, G. E.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. 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, 2010.

CALEGARIO, N. **Modeling *Eucalyptus* stand growth based on linear and nonlinear mixed-effects models**. 2002. 123p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade da Georgia, Athens, 2002.

CORRÊA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v.29, p.315-324, 2004.

COSTA, C. T.; ALMEIDA, M. R.; RUEDELL, C. M.; SCHWAMBACH, J.; MARASCHIN, F. S.; FETT-NETO, A. G. When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. **Frontiers in Plant Science**, n. 4, p. 1 – 19. 2013.

DIAS, P. C., XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; PAIVA, H. N.; CORREIA, A. C. G. 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.

FACHINELLO, J. C., HOFFMANN, A., NATCHIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005, 221p.

- FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos**. 89 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FERREIRA, E. M.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; LEITE, H. G.; SARTORIO, R. C.; PENCHEL FILHO, R. M. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 28. p. 183-187. 2004.
- GALE, A. W. *Sequoia sempervirens*; its establishment and uses in Great Britain. **Quarterly Journal of Forestry**, v. 56, n. 2, p. 126-137, 1962.
- GARRIDO, G.; GUERRERO J. R.; CANO, E. A.; ACOSTA, M.; SÁNCHEZ-BRAVO, J. Origin and basipetal transport of the IAA responsible for rooting of carnation cuttings. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 114, n. 2, p. 303–312, 2002.
- GOLDFARD, B. **Propagación de pinos por enraizamiento de estacas**. **Boletín de noticias camcore para México y Centroamérica**. Universidad Estatal de Carolina del Norte. Raleigh, Carolina del Norte, EUA. v. 1, n. 3, p. 6. 2007.
- GOULART, P. B.; XAVIER, A.; IAREMA, L.; OTONI, W. C. Morfoanatomia da rizogênese adventícia em miniestacas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 521-532, 2014.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. **Plant Propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 915 p, 2011.
- HUSSAIN, I.; NABI, G.; REHMAN, H.; SHAH, K.; ALI, S. Effect of different environmental condition on different types of Sweet lime cuttings. **Pure and Applied Biology**, v. 5, n. 2, p. 298-302, 2016.
- LI, S. W., XUE, L.; XU, S.; FENG, H.; NA, L. Mediators, genes and signaling in adventitious rooting. **The Botanical Review**, n. 75, p. 230-247, 2009.
- LIBBY, W. J. Cloning coast redwoods. **California Agriculture**, v. 36, p. 34-35, 1982.
- LIBBY, W. J.; McCUTCHAN, B. G. 'Taming' the Redwood. **American forests**, p. 19-39. 1978.
- LUNA, T. Vegetative Propagation Of Coastal Redwood (*Sequoia sempervirens* (Lamb. ex D. Don) Endl.). **Native Plants Journal**, v. 9, n. 1, p. 25 - 28. 2008.
- MANKESSI, F.; SAYA, A.; BAPTISTE, C.; NOURISSIERMOUNTOU, S.; MONTEUUIS, O. *In vitro* rooting of genetically related *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* clones in relation to the time spent in culture. **Trees**, v.23, n.5, p.931-940. 2009.
- McMAHON, T. V.; HUNG, C. D.; TRUEMAN, S. J. Clonal maturation of *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* is delayed by minimal-growth storage. **Australian Forestry**, v. 77, p. 9-14, 2014.



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

METCALF, W. Artificial reproduction of redwood (*Sequoia sempervirens*). **Journal of Forestry**, v. 22, n. 8, p. 873-893. 1924.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa SDA N° 17**: Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Diário Oficial da União - Seção 1, n° 99, 2007.

MOKOTEDI, M. E. O.; WATT, P.; PAMMENTER, N. W.; BLAKEWAY, F. C. *In vitro* rooting and subsequent survival of two clones of cold-tolerant *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus nitens* Hybrid. **Hortscience**, v.35, n.6, p.1163-1165, 2000.

NAVROSKI, M. C.; PEREIRA, M. O.; HESS, A. F.; SILVESTRE, R.; ÂNGELO, A. C.; FAZZINI, A. J.; ALVARENGA, A. A. Resgate e propagação vegetativa de *Sequoia sempervirens*. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 383 – 392, 2015.

NOUR, M. E.; ELGIMABI, E. Improvement of propagation by hardwood cuttings with or without using plastic tunnel in (*Hamelia patens*). **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 5, p. 522-524, 2009.

OLIVEIRA, A. F.; NETO, J. V.; ALVARENGA, A. A.; MESQUITA, H. A.; GONÇALVES, E. D. **Propagação da oliveira por enraizamento de estacas semilenhosas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2008. 48p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 90).

OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; DIAS, P. C.; CORREIA, A. C. G.; BORGES, S. R.; TAKAHASHI, E. K. ; PAIVA, H. N. Enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus*. **Scientia Forestalis**, v.40, n.46, p.507-516, 2012.

OLSON, D. F.; ROY, D. F.; WALTERS, G. A. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. redwoods. In BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. [eds.], **Silvics of North America**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook. p. 541 – 551, 1990.

PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D.; VALE, M. R.; SILVA, C. R. **Fruticultura Comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE. 2001.

PIPATTANAWONG, N., TIWONG, S.; THONGYEAN, B.; DARAK, R.; THAMIN P.; TECHA, W. Improvement of propagation by hardwood cuttings with and without using plastic pavilions in fig (*Ficus carica* L). **Natural Science**, v. 42, p. 207-214. 2008.

POISSONNIER, M.; FRANCKET, A.; DUMANT, M. J.; GAUTRY, Y. Enracinement de tigelles *in vitro* de *Sequoia sempervirens*. **Annals of Silvicultural Research**, p. 231-254, 1981.

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



REZENDE, O. P., PIMENTEL, L. D., ALVES, T. L., MORGADO, M. A. D.; NEVES L. G.; BRUCKNER, C. H. Estaquia de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) em miniestufas constituídas de garrafas de poliestireno, avaliando-se cinco substratos. **Revista Ceres**, v. 52, n. 300, p. 267-273, 2005.

ROGERS, D. L. Genotypic diversity and clones size in oldgrowth populations of coast redwood (*Sequoia sempervirens*). **Canadian Journal of Botany**, v. 78, n. 11, p. 1408–1419, 2000.

ROY, D, F. **Silvical characteristics of redwood (*Sequoia sempervirens* [D. Don] Endl.)**. USDA Forest Service, Research Paper PSW-28. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Berkeley, CA. 20 p. 1966.

SALVADOR, T. L. **Caracterização morfológica de genótipos e formação de raízes em estacas caulinares de pinheira (*Annona squamosa* L.)**. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo – Alagoas, 2011.

SHEPHERD, M.; MELLICK, R.; TOON, P.; DALE, G.; DIETERS, M. Genetic control of adventitious rooting on stem cuttings in two *Pinus elliottii* × *P. caribaea* hybrid families. **Annals of Forest Science**, n.62, p. 403–412, 2005.

SILVA, H. N.; HALL, A. J.; TUSTIN, D. S.; GANDAR, P. W. Analysis of distribution of root length density of apple trees on different dwarfing rootstocks. **Annals of Botany**, v. 83, n. 4, p. 335-345, 1999.

SILVA; L. F. O.; OLIVEIRA, A. F.; PIO, R.; ZAMBON, C. R.; OLIVEIRA, D. L. Enraizamento de estacas semilenhosas de cultivares de oliveira. **Bragantia**, v.71, n. 4, p. 488-492, 2012.

STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; WENDLING, I. Rooting mini-cuttings of *Paulownia fortunei* var. *mikado* derived from clonal mini-garden. **Revista Árvore**, v. 39, n. 3, p. 497-504, 2015.

STUEPP, C. A., PEREIRA, G. P., ZEM, L. M., PEÑA, M. L. P., BUENO, P. M. C., SPADER, V., ZUFFELLATO-RIBAS, K. C., ROSA, G. M. Enraizamento de melaleuca: influência da altura de coleta das estacas e aplicação de IBA. **Colloquium Agrariae**, v. 9, n. 1, p. 01-09, 2013.

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

VIEIRA NETO, J., OLIVEIRA, A. F., GONÇALVES, E. D., MESQUITA, H. A., SILVA, L. F. O., OLIVEIRA, N. C., PIO, R., SILVA, D. F. **Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira em estufa baixa: alternativa para o pequeno produtor**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010 (Circular Técnica 78).

WANG, Q.; ANDERSEN, A. S. Propagation of *Hibiscus rosasinensis*: relations between stock plant cultivar age, environment and growth regulator treatments. **Acta Horticulturae**, n. 251, p. 289-309, 1989.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F.; HANSEL, F. A. Mini-cuttings technique: a new ex vitro method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, v. 39, p. 343-353, 2010.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry, part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v.1, p.1-14, 2014.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência da miniestaquia seriada no vigor radicular de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 681–689, 2005.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - princípios e técnicas**. Viçosa: Editora UFV. 2013.

## 9 ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CLONES DE *Sequoia sempervirens* EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO

### 9.1 RESUMO

*Sequoia (Sequoia sempervirens)* é uma espécie que apresenta potencial madeireiro para o Brasil, necessitando de estudos que envolvam propagação vegetativa e testes clonais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o enraizamento de miniestacas de sequoia provenientes de diferentes clones nas quatro estações do ano e estimar o momento de maximização do enraizamento em cada fator de análise. Miniestacas de cinco clones (A127, A133, A140, A227 e A228) cultivadas em minijardim clonal foram colocadas para enraizar em estufim nas quatro estações do ano. Foram realizadas avaliações semanais (dos 30 aos 93 dias) das variáveis: sobrevivência (%), estacas enraizadas (%) e número de raízes emitidas por estaca enraizada. Estes dados foram utilizados para ajuste da função logística original. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 4 (cinco clones e quatro estações), utilizando-se 5 repetições de 50 miniestacas por unidade experimental. Durante o inverno foi obtido o menor enraizamento de miniestacas (85%), com índices superiores a 90% na demais estações. No inverno também ocorreu o enraizamento mais lento, observado por volta dos 60-70 dias, enquanto nas demais estações ficou entre 50-60 dias após a miniestaquia. O processo de enraizamento é dependente dos clones, sendo que quatro clones apresentam enraizamento superior a 90% e um (A133) menor que 70%. No geral, a miniestaquia pode ser realizada em qualquer época do ano, recomendando-se o período de 90 dias de permanência no estufim para que ocorra adequada formação radicial.

Palavras-chave: propagação vegetativa, periodicidade no enraizamento, velocidade de enraizamento, modelo logístico.

### 9.2 ABSTRACT

*Sequoia (Sequoia sempervirens)* is a species that presents potential wood for Brazil, needing studies involving vegetative propagation and clonal tests. The objective of this work was to evaluate the rooting of minicuttings in different clones in the four seasons of the year and to estimate the time of rooting maximization in each analysis factor. Minicuttings of five clones (A127, A133, A140, A227 and A228) grown in clonal mini-stumps were placed to rooting in four seasons of the year. Evaluations were performed weekly (30 to 93 days) of the variables: percentage of survival, percentage of rooted and number of roots emitted by rooted cuttings. These data were used to adjust the original logistic function. The design was completely

randomized, in a 5 x 4 factorial scheme (five clones and four seasons), using 5 replicates of 50 minicuttings per experimental unit. During the winter, the lowest rooting of minicuttings (85%) was obtained, with rates higher than 90% in other seasons. In winter, slower rooting also occurred, occurring around 60-70 days, while in the other 50-60 days after making the minicutting. The rooting process is dependent on the clones, with four clones having roots greater than 90% and one (A133) less than 70%. In general, minicutting can be carried out at any time of the year, recommending the 90-day period of stay in the minitunnels for adequate root formation.

Keywords: vegetative propagation, periodicity in rooting, rooting speed, logistic model.

### 9.3 INTRODUÇÃO

*Sequoia sempervirens* (sequoia) é originária de uma extensa área que se estende do sudoeste de Oregon até a Califórnia (EUA) (DONNET, 1984). É uma espécie perene, com casca espessa, fibrosa e enrugada. O cerne da madeira é marrom avermelhado (daí o nome “*redwood*” dado a esta espécie na Califórnia) e o alburno é branco e homogêneo (ARNAUD et al., 1993). No ambiente natural cresce em solos podzólicos ou argilosos. Encontra-se geralmente entre 30 e 750 m acima do nível do mar, podendo chegar até 950 metros, exigindo alta umidade e chuvas abundantes. Tem crescimento juvenil muito rápido (DONNET, 1984).

À exceção da Nova Zelândia (PALMER et al., 2012) e Chile (VILLANUEVA, 1995) em que ocorrem plantios em pequena escala, em outros países a espécie é utilizada somente para fins paisagísticos (ARNAUD et al., 1993), inclusive no Brasil. Essa restrição se dá principalmente em função da dificuldade da germinação de sementes, que é considerada baixa (<10%), devido à grande produção de sementes vazias e atacadas por parasitas (BOURGKARD; FAVRE, 1989).

Em áreas de ocorrência natural a sequoia se reproduz espontaneamente por brotações da base, contudo apresenta potencial para ser propagada vegetativamente através de estacas por técnicas mais desenvolvidas (OLSON, ROY, 1989). É uma das poucas coníferas que possui capacidade de reprodução vegetativa, principalmente de material obtido de rebrota da árvore, após perturbações como incêndios ou danos mecânicos. Como visto, a espécie pode ser propagada vegetativamente, apesar disso não há relatos desta atividade em grande escala. Semelhante a muitas outras espécies lenhosas, de certa maneira a multiplicação de sequoia apresenta problemas devido à capacidade reduzida no enraizamento de material obtido de árvores adultas (RAMOS-VILCHES, 2004).

Em espécies de difícil propagação por via seminal a propagação vegetativa apresenta-se como um importante instrumento em um programa de melhoramento genético, atuando no aumento da produção e na manutenção da uniformidade do material já melhorado. Além disso, propicia a obtenção de plantas idênticas à planta matriz, reduz a juvenilidade e aumenta a uniformidade e vigor na produção, podendo ser uma ferramenta importante para propagar espécies arbóreas (TOSTA et al., 2012).

Entre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia é amplamente utilizada em espécies tipicamente cultivadas como o eucalipto. Contudo, acredita-se que a miniestaquia pode ser potencialmente empregada para outras espécies lenhosas, pois além dos incrementos em enraizamento, as miniestacas desenvolvem um sistema radicial de melhor qualidade em termos de vigor, uniformidade e volume, o que reflete positivamente na sobrevivência e no desempenho do clone no campo (WENDLING; XAVIER, 2005).

Fatores diversos podem afetar o sucesso da propagação vegetativa por miniestaquia, como: juvenilidade, tempo de coleta de miniestacas, uso de reguladores de crescimento, carboidratos, nutrição, relações hídricas, temperatura, umidade do ar e fatores relacionados à genética, como procedências ou clones (BRONDANI et al., 2017). Outro fator que tem importante influência e pode limitar os processos de enraizamento é a sazonalidade (época de coleta) (TRUEMAN et al., 2013), principalmente em ambientes subtropicais como no sul do Brasil.

A estação do ano pode influenciar o enraizamento das miniestacas por afetar as condições fisiológicas, o estágio de crescimento, balanço hormonal e grau de lignificação da planta matriz, fonte de coleta de brotações para confecção das miniestacas. Estações que apresentam temperaturas mais elevadas muitas vezes coincidem com o aumento da atividade das brotações, florescimento e maiores taxas de crescimento (HOWARD, 1996). As influências ambientais podem atuar através da sensibilidade ou variação no nível de auxinas endógenas. Essas variações sazonais nos níveis de auxina são correlacionadas à capacidade de enraizamento, porém o efeito é específico para cada espécie (KIBBLER et al., 2004). O nível de carboidratos, essencial ao enraizamento, varia em função da estação do ano, onde na maioria das coníferas a redução dos carboidratos solúveis geralmente é alta durante o inverno e baixa no verão, enquanto o amido é alto na primavera e no outono e baixo durante todo o resto do ano (ROWE et al., 2002).

Portanto, conhecendo-se as épocas mais favoráveis ao enraizamento nos diferentes períodos do ano, pode-se adotar estratégias de manejo visando a otimização da produção de mudas de genótipos previamente selecionados (BRONDANI et al., 2010). Neste sentido,

modelos matemáticos, como o modelo logístico, podem auxiliar na determinação do momento de máximo enraizamento e no período adequado para a realização da retirada das miniestacas do ambiente de propagação. Alguns estudos com eucalipto foram realizados com sucesso utilizando-se modelos matemáticos (FERREIRA et al., 2004; MELO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2012).

Assim, espera-se verificar se a sequoia apresenta melhor enraizamento nas estações com maior temperatura, como ocorre para a maioria das espécies arbóreas, e que os clones demonstrem diferenças no comportamento para emissão de raízes. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o enraizamento de miniestacas de sequoia de diferentes clones nas quatro estações do ano e estimar o momento de maximização do enraizamento em cada fator de análise.

## 9.4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 9.4.1 Fonte de material reprodutivo

Como fontes de propágulos para a miniestaquia foram utilizadas minicepas de matrizes selecionadas de sequoia de aproximadamente 40 anos de idade, propagadas pelo processo de estaquia convencional, 120 dias após o anelamento parcial ou completo da árvore matriz. O material foi coletado de árvores matrizes situadas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS) e transportado até o Viveiro Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, em Lages (SC). Após, confeccionaram-se estacas com tamanho de 10 cm, contendo um par de folhas aciculares reduzidas a 50 % da área foliar e tratadas com 6.000 mg L<sup>-1</sup> de solução hidroalcoólica de ácido indolbutírico (AIB). Em seguida, foram inseridas em tubetes (180 cm<sup>3</sup>) contendo vermiculita de granulometria média e substrato comercial (1:1 v/v) e dispostas em casa de vegetação para o enraizamento.

Após a estaquia, mudas enraizadas de cinco meses de idade foram aclimatadas em casa de sombra por 30 dias, sendo em seguida transferidas para casa de vegetação para completar a aclimação por mais 30 dias. Posteriormente, mudas com aproximadamente 20 cm de altura foram transferidas para vasos com capacidade de 5L, preenchidos com substrato comercial (50%) e vermiculita de granulometria média (50%). Quinze dias após a instalação, tempo necessário para adaptação das mudas ao sistema, efetuou-se a poda do ápice da brotação principal das mudas a uma altura de 10 cm ( $\pm 2$  cm), formando-se assim as minicepas para o

estabelecimento do minijardim clonal. Mensalmente, durante quatro meses, realizou-se poda de formação das minicepas.

A solução nutritiva utilizada no minijardim clonal foi à base do fertilizante comercial, composto por 10% N (solúvel em água); 42 %  $P_2O_5$  (solúvel em água); 10%  $K_2O$  (solúvel em água); 0,6% Mg; 0,1% Fe e 0,02 Br. A fertirrigação era efetuada duas vezes por semana, tendo cada minicepa recebido 50 ml de solução composta pela diluição de 1,5 gramas do fertilizante por litro de água. Após o período de formação das minicepas efetivou-se a coleta das brotações para a realização dos experimentos.

#### 9.4.2 Enraizamento de diferentes clones e ambientes de cultivo

Foram utilizados cinco clones oriundos do minijardim clonal, denominados de A127, A133, A140, A227 e A228, constituindo o fator A do experimento. Das brotações obtidas destes clones foram preparadas miniestacas com 8 a 10 centímetros de comprimento. A porção basal foi cortada em bisel e a porção superior incisada transversalmente, mantendo-se um par de folhas aciculares cortadas pela metade. Para tratamento fitossanitário, as miniestacas foram mergulhadas durante 5 min em 2 litros de solução de hipoclorito de sódio a 1,5% de cloro ativo, seguida de imersão em água corrente durante 5 min e, por fim, imersão em fungicida com princípio ativo Benomyl (5 %), por 5 min.

As miniestacas foram colocadas em tubetes de polipropileno de 180 cm<sup>3</sup>, contendo a mistura de dois substratos comerciais (1:1 v/v), onde efetuou-se a inserção de aproximadamente 2 cm da base da estaca no substrato, sem a utilização de regulador de crescimento.

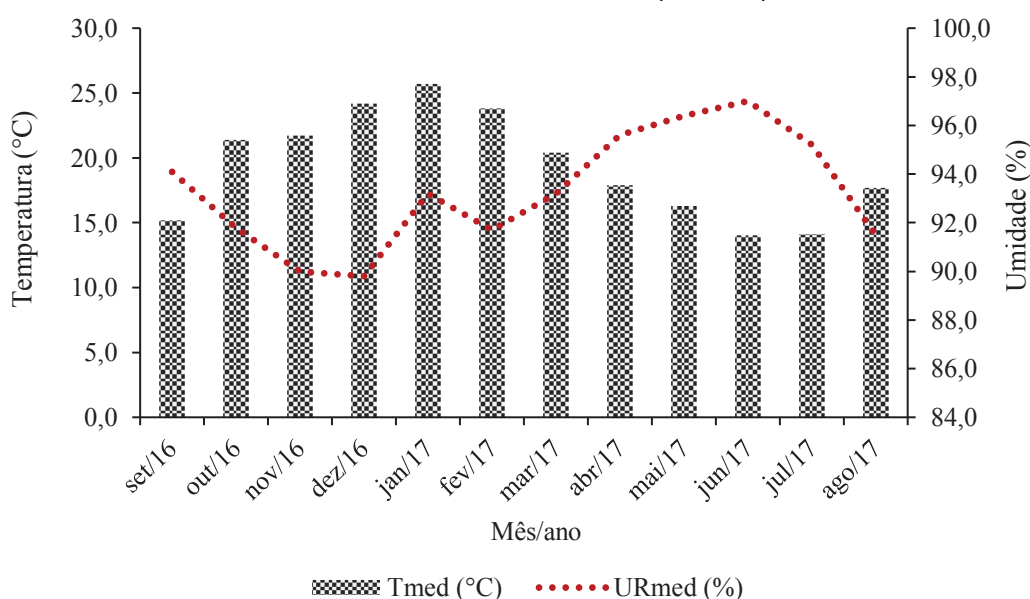
O substrato comercial 1, segundo informação do fabricante, é composto por turfa, vermiculita expandida, casca de pinus e carvão vegetal. Já o substrato comercial 2, segundo o fabricante, é composto por casca de pinus compostada, casca de arroz carbonizada, fibra de coco, vermiculita, aditivado ainda com calcário (0,2%) e superfosfato triplo (0,1%). As características químicas e físicas da mistura, conforme análise de substrato, são: pH = 6,3; condutividade elétrica = 0,24 mS cm<sup>-1</sup>; densidade úmida = 579,3 kg m<sup>-3</sup>; densidade seca = 307,5 kg m<sup>-3</sup>; umidade atual = 46,9 (%); porosidade total = 84,5 (%); espaço de aeração = 32,9 (%); água facilmente disponível = 13,2 (%); água tamponante = 2,1 (%); água remanescente = 36,3 (%); CRA10 – capacidade de retenção de água a 10 cm = 51,6; CRA50 = 38,4 e CRA100 = 36,3. A caracterização física e química do substrato foi realizada no Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,



conforme a Instrução Normativa nº 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007) e Fermino (2003).

Após o estaqueamento, as bandejas contendo os tubetes foram acondicionadas em ambiente de enraizamento (estufim), localizado no Viveiro Florestal do CAV-UDESC. O estufim é uma estrutura com cobertura plástica, apresentando 8,0 x 1,20 x 0,9 m (comprimento x largura x altura), localizado sob a casa de sombra. O manejo hídrico incluía cinco irrigações diárias de 7 minutos (09h00min; 11h30min; 13h30min; 15h30min, 18h00min), utilizando o sistema de microaspersão. A coleta de dados de umidade e temperatura foi realizada por meio de um *datalogger*, sendo realizada a leitura a cada 10 minutos. Os valores médios mensais de temperatura e umidade do período de realização do experimento (set/2016 até ago/2017) estão apresentados na Figura 17.

FIGURA 17 – MÉDIAS MENSAIS (SET/2016 ATÉ AGOSTO/2017) DE TEMPERATURA MÉDIA – TMed (°C) E UMIDADE RELATIVA DO AR - URMed (%) EM ESTUFIM UTILIZADO PARA ACONDICIONAMENTO DE MINIESTACAS DE *Sequoia sempervirens*.



FONTE: O autor (2018).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 4 (cinco clones e quatro estações), utilizando-se 5 repetições de 50 miniestacas por unidade experimental (sendo avaliadas 5 miniestacas por repetição em cada avaliação). Foram realizadas avaliações semanais (10 semanas), iniciando-se a partir do 30º dia após o estaqueamento, até o 93º dia, momento que houve estabilização do enraizamento para a maioria dos clones nas diferentes estações. As miniestacas avaliadas em um período não foram mais

utilizadas nas próximas avaliações para evitar interferência com a retirada e recolocação das mesmas.

#### 9.4.3 Avaliações e análise estatística

Avaliou-se a sobrevivência das miniestacas (%), formação de calos (%), enraizamento (%) e número de raízes emitidas. Foram consideradas sobreviventes as miniestacas que apresentavam lenho vivo, folhas velhas ou brotações jovens, enraizadas ou não. A porcentagem de miniestacas enraizadas foi considerada sobre o total, não somente sobre as miniestacas sobreviventes. Foram consideradas miniestacas enraizadas aquelas com primórdio radicial maior que 2 mm.

Após a verificação da normalidade dos dados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e da homogeneidade pelo teste de Bartlett realizou-se a análise estatística. Os dados da avaliação final (93 dias) foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando houve diferença significativa pelo teste F as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os dados obtidos por meio das avaliações semanais foram utilizados para o ajuste da função logística original (CALEGARIO, 2002). A função logística é utilizada para descrever variações da variável dependente (no caso deste estudo, sobrevivência (%), formação de calos (%), enraizamento (%) e número de raízes) em função do tempo. De posse da equação obtida para cada clone e estação, foi determinado o potencial máximo de enraizamento expresso pelo coeficiente  $\varphi_2$ . A função logística é representada pela seguinte equação:

$$Vi = \varphi_1 + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{1 + \exp[(\varphi_3 - Ti)/\varphi_4]} + \varepsilon_i$$

Onde:  $Vi$  = Variável observada na  $i$ -ésima miniestaca;  $Ti$  = tempo da  $i$ -ésima miniestaca em função dos dias após estaqueamento;  $\varphi_i$  = coeficientes da regressão e  $\varepsilon_i$  = erro aleatório.

#### 9.5 RESULTADOS

Na sobrevivência (%) e formação de calos (%) nas miniestacas de sequoia nos diferentes períodos de avaliação, em função dos clones e estações do ano, não houve significância e ajuste

da função logística original. A média de sobrevivência foi de 98,5% e a média de calos de 76,5%, considerando-se avaliações semanais dos 30 aos 93 dias.

Em relação ao enraizamento, com base no formato da curva e pelas estimativas dos parâmetros  $\varphi$  (Tabela 17), foi possível constatar que existe uma diferença na porcentagem de enraizamento nas diferentes estações do ano para os cinco clones testados (Figura 18).

TABELA 17 – COEFICIENTES DA REGRESSÃO E ERRO ALEATÓRIO ( $\varepsilon_i$ ) DO AJUSTE DA FUNÇÃO LOGÍSTICA ORIGINAL PARA O ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE CLONES DE *Sequoia sempervirens* EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.

	Clone e estação	Coeficientes da regressão				Erro aleatório $\varepsilon_i$
		$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$	$\varphi_4$	
Enraizamento (%)	A127 - primavera	-8,739	99,057	54,609	8,672	22,74
	A127 - verão	0,294	90,618	51,080	4,622	16,18
	A127 - outono	-8,159	98,547	54,026	8,147	17,86
	A127 - inverno	-0,469	100,00	64,41	4,833	11,65
	A133 - primavera	-1,665	71,386	59,323	5,504	9,51
	A133 - verão	-4,991	77,993	54,894	6,527	15,62
	A133 - outono	-6,526	68,982	37,818	6,110	10,19
	A133 - inverno	-0,372	83,132	51,531	3,864	14,67
	A140 - primavera	-30,717	100,00	40,870	9,396	17,36
	A140 - verão	-27,657	100,00	38,498	6,737	18,51
	A140 - outono	-2,142	93,435	45,479	2,753	16,82
	A140 - inverno	-4,329	100,00	53,105	3,591	18,48
	A227 - primavera	-7,047	100,00	68,631	12,175	19,32
	A227 - verão	-9,497	100,00	58,112	10,235	18,93
	A227 - outono	-26,870	100,00	66,68	19,723	19,37
	A227 - inverno	-4,397	91,247	75,390	9,241	18,62
	A228 - primavera	-15,931	94,795	53,522	10,935	22,10
	A228 - verão	-6,543	89,206	53,371	9,015	17,82
A228 - outono	-8,138	93,348	53,199	8,725	22,35	
A228 - inverno	-0,884	74,856	67,266	3,322	14,58	
Número de raízes	A127 - primavera	-2,564	11,750	60,302	18,241	2,83
	A127 - verão	-0,651	9,016	58,393	10,158	3,19
	A127 - outono	0,105	8,856	65,489	6,094	2,47
	A127 - inverno	-0,0872	6,827	66,642	3,347	1,89
	A133 - primavera	-2,590	12,924	61,507	19,153	3,56
	A133 - verão	-0,488	7,122	46,714	8,126	2,45
	A133 - outono	0,0148	3,218	66,238	4,791	1,78
	A133 - inverno	-0,022	3,449	83,081	7,980	2,41
	A140 - primavera	-0,438	10,879	71,977	10,355	4,57
	A140 - verão	-0,749	10,819	70,656	11,137	3,61
	A140 - outono	-0,232	11,644	62,368	7,990	2,57
	A140 - inverno	0,312	13,641	62,975	3,077	1,84
	A227 - primavera	-1,338	12,483	67,947	14,891	2,27
	A227 - verão	-7,088	12,865	117,26	47,160	1,50

Continua...

...continuação					
A227 - outono	-0,745	6,456	77,578	14,108	3,14
A227 - inverno	-0,841	5,432	86,412	18,291	1,59
A228- primavera	-0,362	8,991	59,485	8,558	2,49
A228 - verão	-6,379	9,007	107,88	42,444	1,78
A228 - outono	-0,490	9,215	66,367	10,689	2,76
A228 - inverno	-0,038	7,073	69,111	3,357	1,94

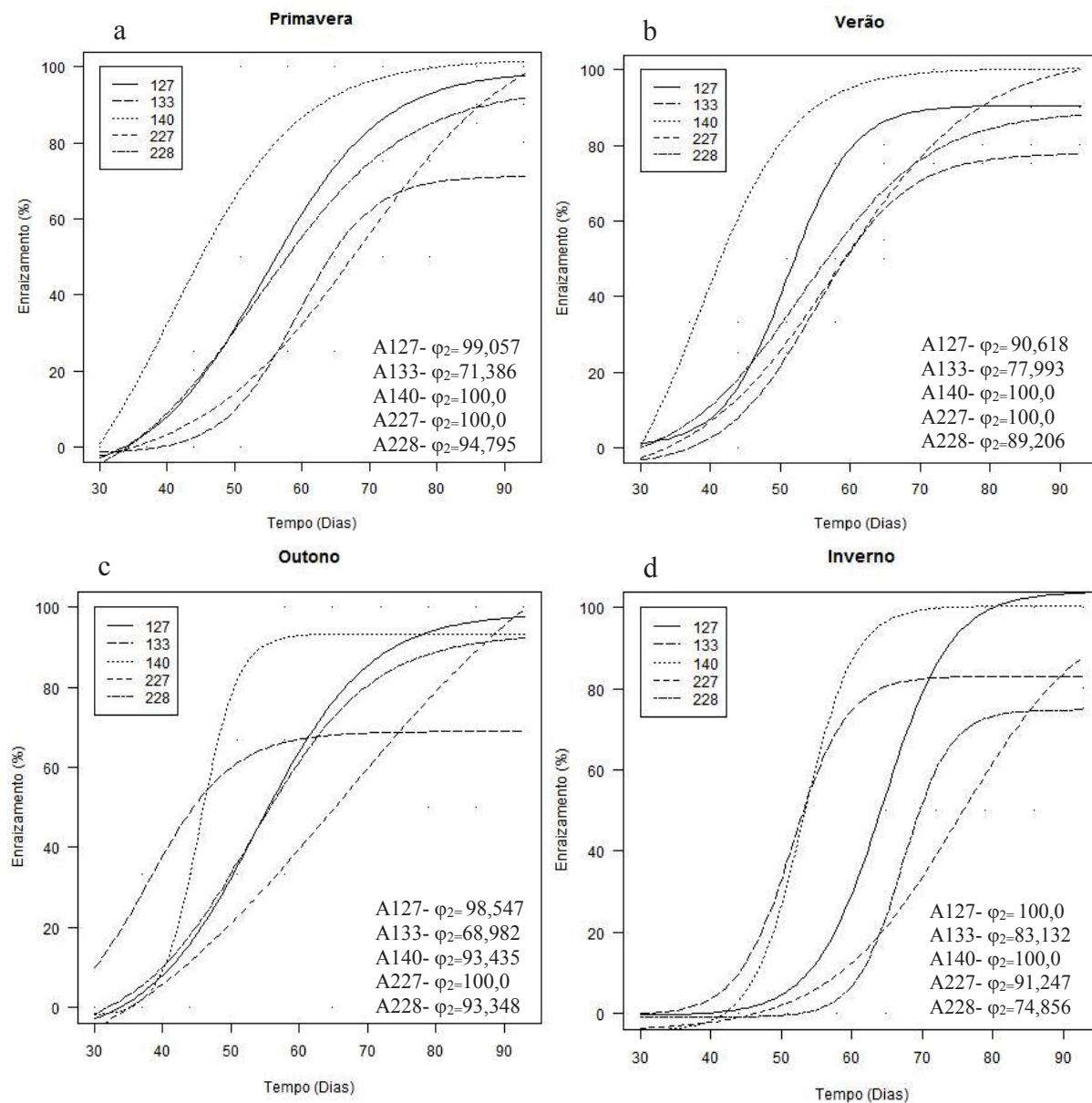
Na primavera o enraizamento teve início em torno de 40 dias após a realização da miniestaquia (Figura 18). O clone A140 foi o primeiro a apresentar enraizamento (25% na avaliação aos 37 dias). Este mesmo clone obteve 100% de enraizamento próximo aos 70 dias, mantendo esse índice até o final da avaliação. Para os demais clones, o período de maior enraizamento ocorreu entre os 60 e 80 dias, com exceção do clone A133 que obteve enraizamento máximo próximo aos 70% ( $\varphi_2 = 71,386$ ). Os demais apresentaram valores superiores a 90% de enraizamento.

Na miniestaquia de sequoia realizada no verão o enraizamento também começou próximo aos 40 dias (Figura 18b). Houve semelhanças no processo de enraizamento em três clones entre os 30 e 70 dias após estaqueamento. Depois de 70 dias estes três clones divergiram no processo rizogênico, variando entre 78% (A133) e 100% (A227). Para o clone A127 ocorreu a maximização do enraizamento (~90%) próximo aos 65 dias, mantendo-se esse índice até o final da avaliação. A exemplo do que ocorreu na primavera, o clone A140 apresentou a maior precocidade na formação radicial, atingindo praticamente 100% de enraizamento aos 60 dias. Resposta similar à primavera também foi observada no clone A133, com o menor enraizamento (próximo a 70%).

O enraizamento das miniestacas durante o outono também teve início por volta dos 40 dias. Somente o clone A133 apresentou miniestacas com raízes na primeira avaliação. Este clone, apesar de mostrar uma rápida evolução no enraizamento até os 50 dias, apresentou novamente a menor taxa de enraizamento entre os clones ( $\varphi_2 = 68,982$ ). Assim como na primavera e no verão, o clone A140 apresentou a mais rápida estabilização no processo de enraizamento durante o outono (próximo aos 55 dias). Contudo, não atingiu 100% de enraizamento. O único clone que apresentou o máximo de enraizamento durante o outono foi A227.

No inverno, estação mais fria do ano, o enraizamento iniciou tardiamente em relação às outras estações. Para três clones o enraizamento começou quase aos 60 dias e em dois deles por volta dos 50 dias. Apesar do enraizamento ocorrer mais tarde, todos os clones apresentaram taxas superiores a 75%, sendo dois clones (A140 e A127) com 100%.

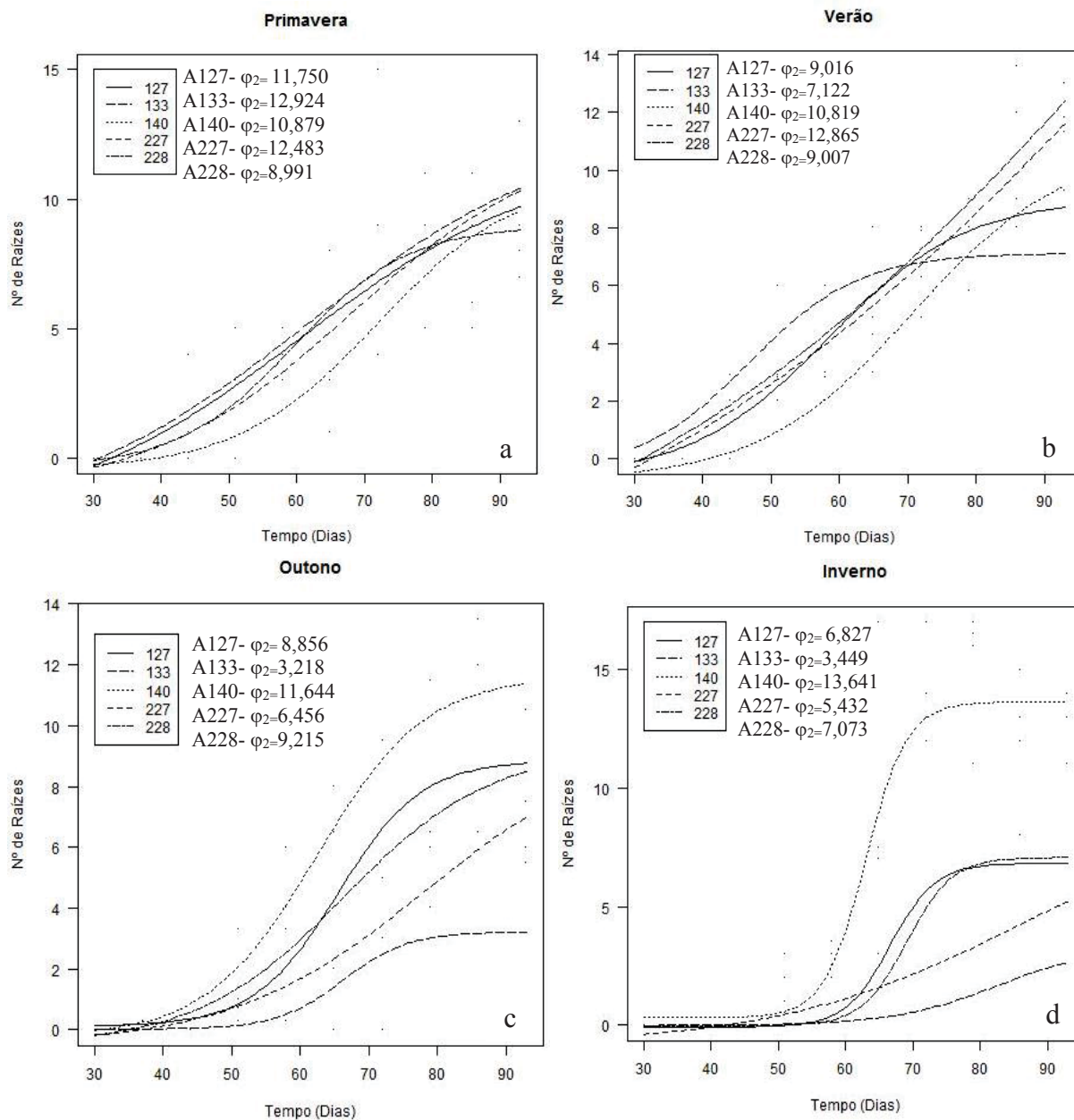
FIGURA 18 - ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DOS CLONES DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM ESTUFIM NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO. O COEFICIENTE  $\phi_2$  EXPRESSA O POTENCIAL MÁXIMO DE ENRAIZAMENTO.



FONTE: O autor (2018).

Para a formação de raízes nas miniestacas durante a primavera (Figura 19a) houve semelhança entre os clones. A formação de raízes foi progressiva com o passar dos dias, com tendência de estabilização após 80 dias, obtendo-se em média entre 8 a 12 raízes por miniestaca. No verão, também foi possível observar tendência linear, à exceção do clone A227 que estabilizou a partir dos 60 dias com aproximadamente 6 raízes (Figura 19b).

FIGURA 19 – NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DOS CLONES DE *Sequoia sempervirens* EM FUNÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM ESTUFIM NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO. O COEFICIENTE  $\Phi_2$  EXPRESSA O VALOR MÁXIMO DE FORMAÇÃO DER RAÍZES.



FONTE: O autor (2018).

As maiores variações para a formação radicial entre os clones foram observadas nas estações mais frias (Figura 19c e 19d). O comportamento dos clones foi semelhante em ambas as estações (outono e inverno), com maior formação de raízes a partir dos 70 dias. Ao final da avaliação, houve grande variação entre os clones, com observação de média de 3 raízes para o clone A133 e 13 para o clone A140.

Considerando-se a análise estatística das variáveis ao final da avaliação (93 dias) foi possível observar diferenças entre as estações para a sobrevivência, enraizamento e número de



raízes, não havendo interação entre os fatores. Em relação aos clones, houve diferença significativa para formação de calos (%), enraizamento (%) e número de raízes (Tabela 18).

TABELA 18 – FORMAÇÃO DE CALOS (%), ENRAIZAMENTO (%) E NÚMERO DE RAÍZES EM MINIESTACAS DE CLONES DE *Sequoia sempervirens* EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO, 93 DIAS APÓS ESTAQUEAMENTO.

Clone	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média
	Sobrevivência				
A127	100,0	96,2	96,2	100,0	98,1
A133	100,0	85,0	97,5	100,0	95,6
A140	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
A227	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
A228	93,7	91,2	100,0	100,0	96,2
Média	98,7 A	94,5 B	98,7 A	100,0 A	
Formação de calos (%)					
A127	100,0	86,2	75,0	75,0	84,1 a
A133	100,0	75,0	87,5	95,0	89,4 a
A140	62,5	75,0	75,0	56,2	67,2 b
A227	43,7	72,5	75,0	91,2	70,6 b
A228	100,0	81,2	100,0	100,0	95,3 a
Média	81,2	78,0	82,5	83,5	
Enraizamento (%)					
A127	95,0	92,5	100,0	100,0	96,9 a
A133	72,5	80,0	75,0	53,7	70,3 b
A140	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0 a
A227	100,0	100,0	100,0	90,7	97,7 a
A228	92,5	87,5	100,0	82,5	90,6 a
Média	92,0A	92,0A	95,0A	85,4B	
Número de raízes					
A127	9,2	9,1	9,0	7,0	8,6 b
A133	8,5	5,9	3,5	2,6	5,1 c
A140	16,7	14,0	10,6	13,0	13,6 a
A227	10,2	11,3	6,9	5,5	8,4 b
A228	9,2	8,9	7,4	7,5	8,2 b
Média	10,8 A	9,8 A	7,5 B	7,1 B	

\* Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FONTE: O autor (2018).

Não houve interação para nenhuma das variáveis. À exceção do verão, que apresentou média próxima a 95%, a sobrevivência foi superior a 98% em todas as outras estações do ano. A formação de calos ao final da avaliação foi próxima ou inferior a 70% em dois clones (A140



e A227) e superior a 80% nos demais, destacando-se o A228 com 95,3% de miniestacas com estruturas calogênicas.

O enraizamento observado foi menor no inverno quando comparado às outras estações. Apesar disso, os valores observados para todas as estações do ano são superiores a 85%. No que se refere aos clones, obteve-se expressiva diferença. O clone A133 apresentou entre 20 e 30% menor enraizamento de miniestacas comparado aos demais materiais. Para os outros clones, as médias entre todas as estações foram superiores a 90%, ressaltando-se A140 com 100% de enraizamento. Essa variação entre os clones também foi aparente no número de raízes, com A140 apresentando quase 40% mais raízes que o segundo melhor clone para esta variável (A127). O clone A133, assim como na porcentagem de enraizamento, apresentou o menor número de raízes.

## 9.6 DISCUSSÃO

Na tentativa de estabelecer sistemas eficientes de clonagem de uma espécie não cultivada no Brasil, mas que apresenta muito potencial e será testada na continuidade do estudo, estudou-se o desenvolvimento de técnicas para a propagação vegetativa e o ajuste dos diversos fatores que influenciam no processo. Mesmo em escala mundial, não há uma metodologia eficiente para clonagem de sequoia, principalmente relacionando-se ao efeito de diversos clones. A miniestaquia constitui-se da técnica clonal mais utilizada em espécies comerciais há muitos anos.

A alta sobrevivência das miniestacas de sequoia mantidas em ambiente de estufim instalado sob casa de sombra comprova o potencial na produção de mudas clonais neste tipo de ambiente para todas as estações do ano. Mesmo durante o verão e inverno, estações consideradas mais problemáticas para a região em função das temperaturas extremas, os resultados obtidos foram excelentes. Os valores de sobrevivência para sequoia (>95%) são superiores aos de eucalipto, principal gênero florestal plantado no país e com produção de mudas essencialmente por clonagem utilizando-se a miniestaquia. Estudos desenvolvidos para *Eucalyptus* em condições de casa de vegetação geralmente apresentam taxas de sobrevivência próximas a 90% (OLIVEIRA et al., 2006; BORGES et al., 2011; BRONDANI et al., 2014).

Sabidamente os fatores climáticos apresentam influência fundamental e direta no processo rizogênico, bem como na sobrevivência das miniestacas. Diversos trabalhos estudando a influência da sazonalidade no enraizamento de miniestacas comprovaram essa hipótese (PIRES et al., 2013; FERREIRA et al., 2010). Neste sentido, o ambiente de

manutenção das miniestacas utilizado neste estudo contribuiu largamente para as altas taxas de enraizamento adventício obtido em todas as estações do ano.

O enraizamento obtido durante a primavera, período de maior incremento no enraizamento (60 e 80 dias), correspondeu também ao período de elevação das temperaturas na região do estudo. Conforme os dados de temperatura média do estufim (Figura 17), os meses de outubro e novembro registaram médias de aproximadamente 21 °C, temperatura adequada para o enraizamento de estacas/miniestacas de espécies coníferas (RAGONEZI et al., 2010). Segundo os mesmos autores, a maioria dos trabalhos com enraizamento de coníferas atinge melhores resultados com temperaturas mais altas durante o dia (25-27 °C) e menores durante a noite (15-18 °C). De maneira geral essas temperaturas coincidem com as obtidas no estufim. A localização do estufim sob casa de sombra permite um bom controle térmico, com temperaturas não muito altas durante o dia e baixas durante a noite (característica da região). Bons resultados de enraizamento com a combinação de estufim em casa de sombra também foram obtidos em *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus benthamii* (BRONDANI et al., 2017).

Os adequados índices de enraizamento durante a primavera foram obtidos provavelmente porque nessa estação há o início de períodos de crescimento ativo nas plantas. Além disso, o material de reserva está disponível, possibilitando o desenvolvimento de ramos e raízes (HARTMANN et al., 2011). Dutra et al. (2002), em estudo com propagação de *Prunus persica*, obtiveram o maior enraizamento nos meses de primavera e verão, quando encontraram baixos teores de triptofanos nas estacas. Segundo estes autores, o aminoácido pode ter sido convertido em ácido indol- acético (AIA) e utilizado para o desenvolvimento pelas plantas.

No geral a porcentagem de enraizamento e número de raízes obtidas no verão apresentou semelhanças em relação à primavera. O início mais veloz (Figura 18b) do enraizamento (em relação a primavera) está relacionado ao aumento da temperatura nos meses de dezembro e janeiro, com médias próximas a 25 °C (Figura 17). Para Corrêa e Fett-Neto (2004), a temperatura pode influenciar no processo de enraizamento, agindo sobretudo na absorção de nutrientes e no metabolismo, especialmente em regiões de clima subtropical. A divisão celular é favorecida com o aumento da temperatura e, conseqüentemente, auxilia na formação de raízes (SOUZA et al., 2013). A temperatura também desempenha importância hormonal. Taiz e Zeiger (2009) colocam que a maior taxa de síntese de auxinas ocorre nas estações mais quentes e a temperatura tem efeito direto sobre o metabolismo da planta e quanto maior, mais aceleradas serão as reações químicas. Ao final da avaliação foi possível observar que o enraizamento no verão foi semelhante à primavera, com todos os clones apresentando enraizamento superior a 80%.

No outono o enraizamento teve início por volta dos 40 dias, com elevado potencial entre os 50 e 70 dias, tendendo à estabilização da curva após esse período. Nesta estação, todos os clones, à exceção de A133, apresentaram 100% de enraizamento aos 93 dias (Tabela 18). Ao analisarmos a Figura 18c, parece haver diferenças entre todos os clones, contudo isto acontece devido ao ajuste da função logística original. Apesar de observada uma elevada porcentagem de enraizamento, houve redução em relação ao número de raízes. Esse resultado possivelmente está relacionado à temperatura. O início da diferenciação radicial ocorreu enquanto as temperaturas ainda estavam mais altas, por volta de 18-20 °C. Já o surgimento de novas raízes, que costuma ocorrer após 60 dias de estaqueamento, aconteceu ao final da estação do outono, momento em que as temperaturas médias ficaram por volta de 15 °C.

Estudos com coníferas (RAGONEZI et al., 2010; ALCANTARA et al., 2008; FRAGOSO et al., 2015) apontam que nas estações mais quentes as plantas matrizes encontram-se em período de crescimento vegetativo intenso e por isso miniestacas coletadas nesse momento são com frequência mais herbáceas, com elevada atividade cambial e produção de auxinas, carboidratos e cofatores do enraizamento, como substâncias nitrogenadas e compostos fenólicos, atribuindo a esses fatores os maiores percentuais de enraizamento obtidos. O melhor resultado de enraizamento entre a primavera e o outono também está relacionado a uma maior radiação solar neste período. Estacas submetidas à alta intensidade luminosa apresentaram um percentual de enraizamento superior àquelas submetidas à baixa intensidade luminosa em espécies ornamentais do gênero *Juniperus* (KUNNEMAN; RUESINK, 1997) e *Pinus elliottii* var. *elliottii* (HARE, 1978). Apesar disso, os efeitos da quantidade e qualidade de luz correspondente a cada época do ano são variáveis entre as espécies de coníferas, podendo suprimir ou aumentar os percentuais de enraizamento (FRAGOSO et al., 2015).

As miniestacas em processo de enraizamento durante o inverno apresentaram os menores índices em relação às outras estações, resultando em 7 a 10% menos enraizamento quando consideradas as médias de todos os clones. A principal diferença no processo de enraizamento durante o inverno incidiu no período de aparecimento das primeiras raízes, somente após transcorridos 50 dias. No entanto, após este período houve uma rápida formação radicial, onde entre 60 e 70 dias ocorreu a maior porcentagem de enraizamento. O aumento expressivo na formação de novas raízes também ocorreu após os 70 dias. Em relação às outras estações o número de raízes ao final da avaliação foi menor, com exceção do clone A140 que apresentou similaridade em todo o ano.

Resultados inferiores para o enraizamento durante o inverno também foram encontrados em outros trabalhos de propagação por estaquia ou miniestaquia, mesmo quando aplicados

reguladores de crescimento (ALCANTARA et al., 2008). Esse resultado pode estar associado ao fato de que, nessa época, plantas lenhosas estão em estado de dormência para proteger seus meristemas de temperaturas baixas, com redução das atividades nos tecidos jovens do floema secundário, dos raios vasculares e do câmbio e em contrapartida, com aumento das concentrações de compostos fenólicos e inibidores, interrompendo temporariamente seu crescimento (FERRIANI et al., 2007).

Aliado a isso, há maior lignificação dos ramos das minicepas devido ao aumento de enzimas peroxidases, as quais são também responsáveis pela degradação de auxinas (TEHRANIFAR et al., 2014). Essa redução hormonal é frequentemente verificada em espécies perenes de clima temperado, como a sequoia, em que os teores de auxinas são muito baixos no período de inverno (RASMUSSEN et al., 2009), sendo por isso apontados como um dos fatores que contribuem para os menores percentuais de enraizamento (FERRIANI et al., 2007; FRAGOSO et al., 2015).

Um dos fatores mais importantes e que justificam a silvicultura clonal está na possibilidade de fixação de clones superiores. Os diferentes materiais genéticos podem dirigir diferentes passos desde a possibilidade de resgate, multiplicação até chegar nos testes e plantios clonais. Assim, a possibilidade de avaliar materiais genéticos origina ganhos expressivos no melhoramento da espécie, principalmente em espécies com ciclo longo e dificuldade de propagação seminal como o caso da sequoia (OLSON et al., 1990).

No presente estudo pode-se perceber grande diferença entre os clones testados para a técnica de miniestaquia, sendo percebidas alterações em praticamente todas as variáveis avaliadas. No enraizamento, por exemplo, o clone A133 apresentou média de 70% em todas estações e com 5 raízes, enquanto os demais obtiveram índices superiores a 90% e no mínimo 8 raízes por miniestaca. Essa diferença, obtida possivelmente pelo caráter genético, provavelmente seja consequência da elevada variabilidade genética que a sequoia apresenta (ROGERS, 2000) impulsionada pelo hexaploide incomum (seis cópias das cromátides) (AHUJA, 2009).

Além da diversidade das espécies, o processo de enraizamento em lenhosas é genótipo dependente. Até mesmo clones parentais podem promover diferentes índices e processos de enraizamento (MOKOTEDI et al., 2000). Sabe-se também que existe variação nos níveis de auxinas endógenas e cofatores de enraizamento em função dos clones (WANG; ANDERSEN, 1989, BLAZKOVA et al., 1997).

A variação na capacidade de enraizamento entre os clones de sequoia é semelhante à encontrada em muitas outras espécies lenhosas como *Simmondsia chinensis* (PRAT et al. 1998);

*Pinus radiata* (MCGRANAHAN et al., 1999); *Pistacia vera* (ALMEHDI et al., 2002); *Chamaecyparis nootkatensis* (KRAKOWSKI et al., 2005), *Taxus globosa* (MUÑOZ-GUTIÉRREZ et al., 2009) e muitas outras. A variação clonal na capacidade de enraizamento é atribuída em muitos estudos aos efeitos genéticos e "C", este último definido como características fisiológicas ou morfológicas únicas para o ramo (estaca) refletindo no seu ambiente de crescimento (RADOSTA et al., 1994).

Considerando que as árvores de sequoia, de onde foi obtido o material resgatado por anelamento, estavam no mesmo local e possuem a mesma idade é possível determinar que a diferença na capacidade de enraizamento seja relacionada ao efeito genético. Deve-se considerar também que não há efeito de topófitse, ciclófitse, ambientes e materiais utilizados. Um dos fatores que pode indicar inferioridade do clone A133 é um menor crescimento na área experimental de resgate vegetativo (São Francisco de Paula-RS). Este clone apresentou volume inferior a 1 m<sup>3</sup>, enquanto os demais (deste estudo) alcançaram volume superior a 3 m<sup>3</sup>.

O enraizamento adventício provavelmente é uma característica com um significativo componente genético. Assim, a seleção precoce com base nos primeiros anos de produção ou até mesmo de mudas no viveiro contribui para a redução do tempo de seleção nos programas de melhoramento. A seleção precoce de genótipos quanto ao enraizamento adventício dentro dos programas de melhoramento florestal pode contribuir largamente 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).

No entanto, para sequoia, a qual está em testes de adaptação e crescimento, é importante verificar a capacidade de enraizamento, porém sem eliminar clones com baixos índices antes do estabelecimento de testes clonais com avaliações silviculturais. Este estudo terá sequência com testes clonais em diferentes regiões, visando estudos de adaptação, crescimento e características da madeira da espécie.

## 9.7 CONCLUSÕES

O menor enraizamento médio de miniestacas de sequoia entre todos os clones foi obtido durante o inverno (85%). Já nas outras estações alcançou-se índices superiores a 90%. No inverno também ocorreu o enraizamento mais lento, sendo observado por volta dos 60-70 dias, enquanto nas demais estações sendo verificado entre 50-60 dias após a miniestaquia. O número de raízes também seguiu o mesmo comportamento. Independente da estação do ano o período de maior aparecimento de novas raízes está entre 60-80 dias.

O processo de enraizamento é dependente dos clones testados. Quatro clones apresentaram enraizamento superior a 90% e mais de oito raízes por miniestaca. Somente o clone A133 apresentou baixo enraizamento (70%) e formação de raízes (5).

A propagação vegetativa de sequoia por meio de miniestaquia e enraizamento em estufim pode ser realizada em qualquer época do ano. A maior variação ocorre na iniciação do processo de enraizamento. Assim, pode-se afirmar que o período de 90 dias de permanência no estufim é suficiente para que ocorra estabilização do enraizamento.

## 9.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUJA, M. R. Genetic constitution and diversity in four narrow endemic redwoods from the family Cupressaceae. **Euphytica**, v. 165, n. 1, p. 5–19. 2009.

ALCANTARA, G. B.; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Efeitos do ácido indolbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, v. 36, p. 151-156, 2008.

ALMEHDI, A. A, PARFITT, D. E.; CHAN, H. Propagation of pistachio rootstock by rooted stem cuttings. **Scientia Horticulturae**, v. 96, p. 359–363. 2002.

ARNAUD, Y.; FRANCLLET, A.; TRANVAN, H.; JACQUES, M. Micropropagation and rejuvenation of *Sequoia sempervirens* (Lamb) Endl: a review. **Annales des sciences forestieres**, INRA/EDP Sciences, v. 50, n. 3, p.273-295, 1993,

BLAZKOVA, A; S.; TRANVAN, H.; MALDINEY, R.; BONNET, M.; EINHORN, J.; KERHOAS, L.; MIGINIAC, E. Auxin metabolism and rooting in young and mature clones of *Sequoia sempervirens*. **Physiologia Plantarum**, v. 99, n. 1, p.73-80. 1997.

BORGES, S. R.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; MELO, L. A.; ROSADO, M. A. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.

BOURGKARD, F.; FAVRE, J. M. L'embryogenèse somatique chez *Sequoia sempervirens* possibilités et limites actuelles. **Annales de Recherches Sylvicoles**, 83-95. 1989.

BRONDANI, G. E.; BACCARIN, F. J. B.; BERGONCI, T.; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA M. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*: efeito do genótipo, AIB, zinco, boro e coletas de brotações. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 147- 156, 2014.

BRONDANI, G. E.; OLIVEIRA, L. S.; KONZEN, E. R.; SILVA, A. L. L.; COSTA, J. L. Mini-incubators improve the adventitious rooting performance of *Corymbia* and *Eucalyptus* microcuttings according to the environment in which they are conditioned. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. In press. p. 1-17, 2017.



BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F. 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.

CALEGARIO, N. **Modeling *Eucalyptus* stand growth based on linear and nonlinear mixed-effects models**. 2002. 123p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade da Georgia, Athens, 2002.

CORRÊA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v. 29, n. 6, p. 315-324, 2004.

DONNET, A. **Le *Sequoia sempervirens*: programme de recherche et de développement mené en France par l'AFOCEL**. Mém 3 e année, École Nationale des Ingénieurs des Travaux des Eaux et Forêts et AFOCEL, région Nord-Ouest, 104 p. 1984.

DUTRA, L. F.; KERSTEN, E.; FACHINELLO, J. F. Época de coleta, ácido indolbutírico e triptofano no enraizamento de estacas de pessegueiro. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 327-333, 2002.

FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; NOGUEIRA, A. C. 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.

FERREIRA, E. M.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; LEITE, H. G.; SARTÓRIO, R. C.; PENCHEL FILHO, R. M. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.183-187, 2004.

FERRIANI, A., BORGES, M., ZUFFELLATO-RIBAS, K. C., CARPANEZZI, A., KOEHLER, H. S. Influência da época do ano e das diferentes formas de aplicação de ácido naftaleno acético (ANA) no enraizamento de *Mikania micrantha* Kunth. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** v. 9, 102- 107, 2007.

FRAGOSO, R. O.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; MACANHÃO, G.; STUEPP, C. A.; KOEHLER, H. S. Propagação vegetativa de *Juniperus chinensis*. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 3, p. 307-316, 2015.

HARE, R. C. Effect of shoot girdling and season on rooting of slash pine cuttings. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 8, n. 1, p. 14-16, 1978.

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

HOWARD, B. H. Relations between shoot growth and rooting of cuttings in three contrasting species of ornamental shrub. **Journal of Horticulture Science**, v.71, p.591-605, 1996.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M. E.; WILLIAMS, R. R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell: seasonal influences of temperature rainfall, flowering and auxins on the stock plant. **Scientia Horticulturae**, v.102, p.343-358, 2004.



KRAKOWSKI, J.; BENOWICZ, A.; RUSSELL, J. H.; EL-KASSABY, Y. A. Effects of serial propagation, donor age, and genotype on *Chamaecyparis nootkatensis* physiology and growth traits. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 35, n.3, p. 623–632, 2005.

KUNNEMAN, B. P. A. M.; RUESINK, J. B. Interactions between light, temperature and CO<sub>2</sub> in rooting of conifer cuttings. **Acta Horticulturae**, v. 418, n. 1, p. 97-102, 1997.

MCGRANAHAN, M. F.; BORRALHO, N. M. G.; GREAVES, B. L. Genetic control of propagation effects and the importance of stock plant age and source on early growth in cuttings of *Pinus radiata*. **Silvae Genetica**, v. 48, n, 6, p. 267–272, 1999.

MELO, L. A.; XAVIER, A.; PAIVA, N.; BORGES, S. R. 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.

MOKOTEDI, M. E. O.; WATT, P.; PAMMENTER, N. W.; BLAKEWAY, F. C. *In vitro* rooting and subsequent survival of two clones of cold-tolerant *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus nitens* Hybrid. **Hortscience**, v.35, n.6, p.1163-1165, 2000.

MUÑOZ-GUTIÉRREZ, L.; VARGAS-HERNÁNDEZ, J.; LÓPEZ-UPTON, J.; SOTO-HERNÁNDEZ, M. Effect of cutting age and substrate temperature on rooting of *Taxus globosa*. **New Forests**, v. 38, p. 187–196, 2009.

OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; DIAS, P. C.; CORREIA, A. C. G.; BORGES, S. R.; TAKAHASHI, E. K.; PAIVA, H. N. de. Enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 507 - 516, 2012.

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, M. L.; XAVIER, A.; SANTOS, A. P.; ANDRADE, H. B. Efeito da estaquia, miniestaquia e micropropagação no desempenho silvicultural de clones híbridos de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 503-512, 2006.

OLSON, D. F.; ROY, D. F. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Ende. Redwood. In **Silvics of Forest Trees of the United States**. USDA, Agric. Handbook N° 271. 40 p., 1989.

OLSON, D. F.; ROY, D. F.; WALTERS, G. A. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. redwoods. In BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. [eds.], **Silvics of North America**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook. p. 541 – 551, 1990.

PALMER, D. J.; WATT, M. S.; KIMBERLEY, M. O.; DUNGEY, H. S. Predicting the spatial distribution of *Sequoia sempervirens* productivity in New Zealand. **New Zealand Forest Research Institute Limited**. n 42, p. 81–89, 2012.

PIRES, P. P.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. Ácido indolbutírico e ortotropismo na miniestaquia de *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v. 37: p. 393-399, 2013.

PRAT, L.; BOTTI, C.; PALZKILL D. Rooting of jojoba cuttings: the effect of clone, substrate composition and temperature. **Industrial Crops and Products**, v. 9, p. 47–52, 1998.

RADOSTA, P.; PAQUES, L. E.; VERGER, M. Estimation of genetic and non-genetic parameters for rooting traits in hybrid larch. **Silvae Genetica**, v. 43, p. 108-114, 1994.

RAGONEZI, K.; KLIMASZEWSKA, K.; CASTRO, M. R.; LIMA, M.; OLIVEIRA, P.; ZAVATTIERI, M. A. Adventitious rooting of conifers: influence of physical and chemical factors. **Trees**, 24, p. 975-992, 2010.

RAMOS-VILCHES, M. A. R. **Propagación vegetativa de Sequoia sempervirens (D. Don) Endl. através de estacas**. Universidad Austral de Chile – Trabalho de conclusão de curso. 98 pg. 2004.

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

ROGERS, D. L. Genotypic diversity and clones size in oldgrowth populations of coast redwood (*Sequoia sempervirens*). **Canadian Journal of Botany**, v. 78, n. 11, p. 1408–1419, 2000.

ROWE, D. B.; BLAZICH, F. A.; RAPER, C. D. Nitrogen nutrition of hedged stock plants of Loblolly Pine. I. Tissue nitrogen concentrations and carbohydrate status. **New Forest**, v. 24, n. 1, p. 39–51, 2002.

SOUZA, C. C.; XAVIER, A.; LEITE, F. P.; SANTANA, R. C.; LEITE, H. G. Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* Hill X *E. urophylla* S. T. Black. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4a ed. Porto Alegre: Artmed, 848 p., 2009.

TEHRANIFAR, A.; TABAR, S. M.; SELAHVARZI, Y.; BALANDARY, A.; KHARRAZI, M. Biochemical changes in barberries during adventitious root formation: the role of indole-3-butyric acid and hydrogen peroxide. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.12, n. 2, p. 477-485, 2014.

TOSTA, M. S.; OLIVEIRA, C. V. F.; FREITAS, R. M. O.; PORTO, V. C. N.; NOGUEIRA, N. W.; TOSTA, P. A. F. Ácido indolbutírico na propagação vegetativa de cajaraneira (*Spondias* sp.). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2727-2740, 2012. Suplemento 1.

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

VILLANUEVA, J. **Durabilidad natural de la madera de Sequoia sempervirens ((D.Don) Endl.), frente al ataque de hongos xilófagos**. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 1-7 p. 1995.

WANG, Q.; ANDERSEN, A. S. Propagation of *Hibiscus rosasinensis*: relations between stock plant cultivar age, environment and growth regulator treatments. **Acta Horticulturae**, n. 251, p. 289-309, 1989.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência da miniestaquia seriada no vigor radicular de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, p.681-689, 2005.

## 10 TESTE CLONAL DE *Sequoia sempervirens* EM DOIS LOCAIS DE SANTA CATARINA

### 10.1 RESUMO

*Sequoia sempervirens* (sequoia) é uma espécie com madeira valiosa e potencial para plantio em locais fora de seu habitat natural. O sucesso na implantação de uma espécie como a sequoia pode representar uma alternativa florestal para o Brasil, especialmente para metade Sul. O estudo objetivou investigar a implantação de testes clonais de sequoia, em duas regiões de Santa Catarina buscando obter informações quanto a adaptação e crescimento de diferentes clones. A implantação ocorreu em dois locais no Estado de Santa Catarina – Brasil: Campo Belo do Sul (Cfb) e Arabutã (Cfa) utilizando diferentes clones. Em Campo Belo do Sul a implantação foi realizada em dezembro de 2015 com três clones (SJ, A140 e A228), com avaliação de crescimento e danos por geada aos 6, 12 e 24 meses. Em Arabutã o plantio foi realizado com quatro clones (A127, A138, A140 e A228) em dezembro de 2016, sendo realizada avaliação de crescimento aos 6 e 12 meses. As mudas de sequoia implantadas na região mais fria (Campo Belo do Sul) apresentaram danos severos pela geada, sendo observada sobrevivência de apenas 2% após 24 meses de implantação. Em compensação, na área mais quente (Arabutã) a sobrevivência foi maior que 80% aos 12 meses, com crescimento das mudas superior a 50 cm de altura. Outras estratégias devem ser adotadas para buscar o estabelecimento da sequoia em áreas mais frias, buscando minimizar o efeito das geadas nas mudas. Antes de uma recomendação são necessárias mais avaliações. Contudo a espécie mostra, inicialmente, potencial para áreas sem ocorrência de geadas.

Palavras-chave: estabelecimento em campo, teste clonal, danos por geadas.

### 10.2 ABSTRACT

*Sequoia sempervirens* (sequoia) is a species with valuable wood and potential for planting in places outside the natural habitat. The success of the implantation of a species such as sequoia may represent a forest alternative for Brazil, especially for the southern half. The study aimed to investigate the implementation of sequoia clonal tests in two regions of Santa Catarina seeking information on the adaptation and growth of different clones. The implantation occurred in two locations in the State of Santa Catarina - Brazil: Campo Belo do Sul (Cfb) and Arabutã (Cfa) using different clones. In Campo Belo do Sul implantation was carried out in December 2015 with three clones (SJ, A140 and A228), with growth and frost damage at 6, 12 and 24 months. In Arabutã the planting was carried out with four clones (A127, A138, A140

and A228) in December 2016. Was carried out at 6 and 12 months The sequoia seedlings implanted in the colder region (Campo Belo do Sul) presented severe frost damage, with survival of only 2% observed after 24 months of implantation. In contrast, in the warmer area (Arabutã) survival was greater than 80% at 12 months, with seedling growth greater than 50 cm in height. Other strategies should be adopted to seek the establishment of sequoia in colder areas, seeking to minimize the effect of frosts on seedlings. Before a recommendation is needed more evaluations, however, the species initially shows potential for areas without occurrence of frost.

Keywords: field establishment, clonal test, frost damage.

### 10.3 INTRODUÇÃO

As demandas produtivas envolvendo espécies florestais plantadas continuamente foram focadas em apenas algumas espécies, revelando falta de conhecimento para a incorporação de outras alternativas. Contudo, novas espécies podem ser uma excelente oportunidade para o aumento da produção e uma possível abertura para mercados inexplorados. Neste sentido surge *Sequoia sempervirens*, uma das espécies mais exploradas do mundo, com madeira que pode ser utilizada para inúmeras finalidades.

É uma espécie nativa da região costeira da Califórnia (EUA), estendendo-se quase que ininterruptamente até o sudoeste do estado do Oregon, em uma faixa de 8-56 km de largura. Na direção sul a espécie ocorre apenas em alguns lugares isolados. Quanto à altitude, a sequoia ocorre desde o nível do mar até quase 1.000 metros (LORIMER et al., 2009). Tem preferência por climas temperados úmidos, com influência oceânica, alcançando o máximo desenvolvimento em solos aluviais com depósitos de rochas sedimentares (KNOWLES; MILLER, 1993). As temperaturas médias anuais nas quais a espécie se desenvolve em seu local de origem variam entre 10 e 16 °C e o desvio entre a média anual mínima e máxima não excede 5,6 °C para as florestas costeiras e até 16,7 °C para aqueles mais continentais (INFOR, 1998).

Em seu país de origem a sequoia foi submetida a intensa atividade exploratória, devido a fatores como elevada qualidade da sua madeira vermelha (daí o nome americano de *redwood*), seu rápido crescimento (entre 4 e 10 anos de idade pode crescer a uma taxa de 1,8 metros por ano) e o porte de grandes proporções, de onde podem ser extraídas peças de tamanhos consideráveis para diversos usos (COWN, 2008; ARENAS, 2004). A espécie se reproduz por meio de sementes (a capacidade germinativa das sementes é variável e geralmente muito baixa

- 5-15%), transplantes de brotos que normalmente aparecem na base dos troncos após algum distúrbio ou ainda ser propagada por estacas (INFOR, 1998).

Antigamente acreditava-se que a sequoia crescia somente no cinturão de umidade (costa litorânea da Califórnia), em função da necessidade da névoa para sobreviver, porém há mais de 100 anos está crescendo com sucesso fora da Califórnia, em locais como: Seattle, Washington, Hawkinsville e Geórgia (EUA); Victoria e Colúmbia Britânica (Canadá) (KUSER, 1981). Sabe-se que a sequoia pode ser cultivada em muitas partes da Europa Ocidental, Turquia, Japão, Nova Zelândia (PALMER et al., 2012), Chile (UNDURRAGA, 1995), África do Sul (RAMÍREZ, 2002), Tasmânia e nos trópicos, com elevação suficientemente alta para proporcionar clima temperado.

À medida em que aumentam os esforços para plantar sequoias em muitas partes do mundo aumenta também a necessidade de se ter informações sobre diferenças entre procedências. O uso de uma fonte adequada ou inadequada de sementes pode significar a diferença entre sucesso e falha nos plantios e condução de espécies exóticas (KUSER, 1996).

A taxa de crescimento desta espécie, tanto em altura como em diâmetro, excede a maioria das espécies madeireiras dos EUA. Na sua área de origem, em locais muito favoráveis e com manejo adequado, em rotações de 40 a 60 anos, os indivíduos obtêm 45 m de altura e 90 cm de diâmetro, com aumentos médios de volume anual de  $21 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (UNDURRAGA, 1995). Em ensaios localizados na África do Sul, obteve-se um aumento de volume de  $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (RAMÍREZ, 2002). Na Nova Zelândia, incrementos superiores a  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  foram relatados no extremo superior da ilha norte do país (PALMER et al., 2012). No Brasil, França, Inglaterra e em países asiáticos é encontrado um pequeno número de indivíduos da espécie, principalmente na arborização de cidades e parques, o que prejudica a quantificação de crescimento.

Recentemente o interesse em pesquisas e no cultivo da espécie foi renovado (COWN; MCKINLEY, 2008), principalmente porque mais de 95% da sequoia das áreas naturais (EUA) está protegida em parques de conservação (STUART, 2007; COWN, 2008). Esta situação oferece uma oportunidade para a madeira cultivada em outros países, principalmente em regiões com históricos de elevados incrementos em espécies florestais, como no Brasil.

A propagação seminal da espécie é dificultada pela baixa germinação, viabilidade das plântulas e principalmente pelo longo tempo necessário para que a planta possa produzir sementes (BOE, 1974). Dessa forma, a propagação vegetativa assume papel de grande importância para a maximização de características de interesse, proporcionando em pouco tempo maiores e melhores resultados. Após a propagação vegetativa os clones devem ser

testados a campo, buscando-se encontrar materiais mais adaptados aos diferentes locais. A implantação da espécie em diversos ambientes também é uma necessidade relacionada aos poucos estudos encontrados, objetivando-se conhecer a sobrevivência, crescimento e resistência em diversos ambientes utilizando-se diferentes clones a fim de obter uma possível recomendação comercial.

A espécie pode encontrar condições adequadas para o desenvolvimento no país, principalmente na região Sul, em locais em que o cultivo de outras espécies, como as do gênero *Eucalyptus*, por exemplo, é prejudicado em razão da ocorrência de fortes geadas. Este trabalho faz parte de um amplo estudo, visando resgatar, clonar e testar a espécie em diversos locais do Brasil. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a implantação de testes clonais de sequoia em duas regiões de Santa Catarina, buscando-se obter informações quanto à adaptação e crescimento dos diferentes clones nos locais de estudo.

## 10.4 MATERIAL E MÉTODOS

O teste clonal foi implantado em dois locais no estado de Santa Catarina: Campo Belo do Sul, em área de uma Empresa Florestal, e Arabutã, em uma propriedade particular. A análise do teste clonal foi realizada de forma separada, em função do plantio ter sido efetuado em períodos distintos e com alguns clones diferentes.

### 10.4.1 Área 1 - Campo Belo do Sul

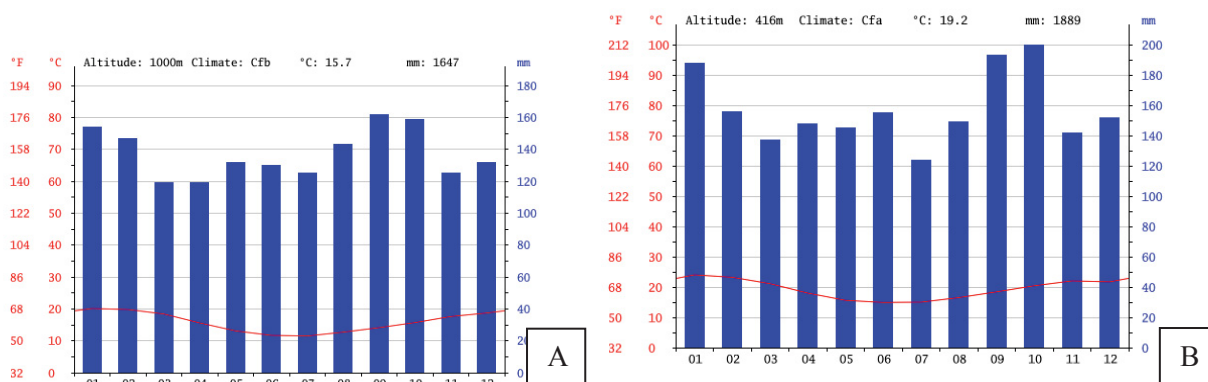
O local de implantação está situado nas coordenadas geográficas 27°55'12"S e 50°49'02"W. O tipo de relevo predominante no local é plano a levemente ondulado, com uma altitude média de 947 m. Os solos predominantes na região são nitossolos e latossolos (EMBRAPA, 1999). Conforme análise de solo (0-40 cm), o local apresenta a seguinte atribuição química: pH = 5,9; índice SMP = 4,5; Ca = 1,79 (cmolc/dm<sup>3</sup>); Mg = 3,93 (cmolc/dm<sup>3</sup>); Al = 3,66 (cmolc/dm<sup>3</sup>); H+Al = 25,6 (cmolc/dm<sup>3</sup>); CTC efetiva = 6,5 (cmolc/dm<sup>3</sup>); saturação de alumínio = 59,8%; saturação de bases = 10,8%; M.O. = 3,8%; C.O. = 3,2%; Argila = 68%; P (Mehlich) = 1,6 (mg/dm<sup>3</sup>); K = 23,7 (mg/dm<sup>3</sup>); CTC pH 7,0 = 29,2 (cmolc/dm<sup>3</sup>); Cu (Mehlich) = 3,6 (mg/dm<sup>3</sup>); Zn (Mehlich) = 1,0 (mg/dm<sup>3</sup>); Fe (Mehlich) = 113,3 (mg/dm<sup>3</sup>) e Mn = 23,6 (mg/dm<sup>3</sup>).

O clima é típico do planalto meridional brasileiro, com temperatura média anual em torno de 16 °C (Figura 20a). Pela classificação de Köppen, há predominância do clima Cfb,



mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos e sem estação seca, mas com a ocorrência de geadas severas (FORMENTO et al., 2004). A precipitação média anual está entre 1650 (CLIMATE, 2017b) a 1800 mm (PANDOLFO et al., 2002).

FIGURA 20 – DADOS CLIMÁTICOS MÉDIOS (TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO) DE CAMPO BELO DO SUL (A) E ARABUTÃ (B) – SC, BRASIL.

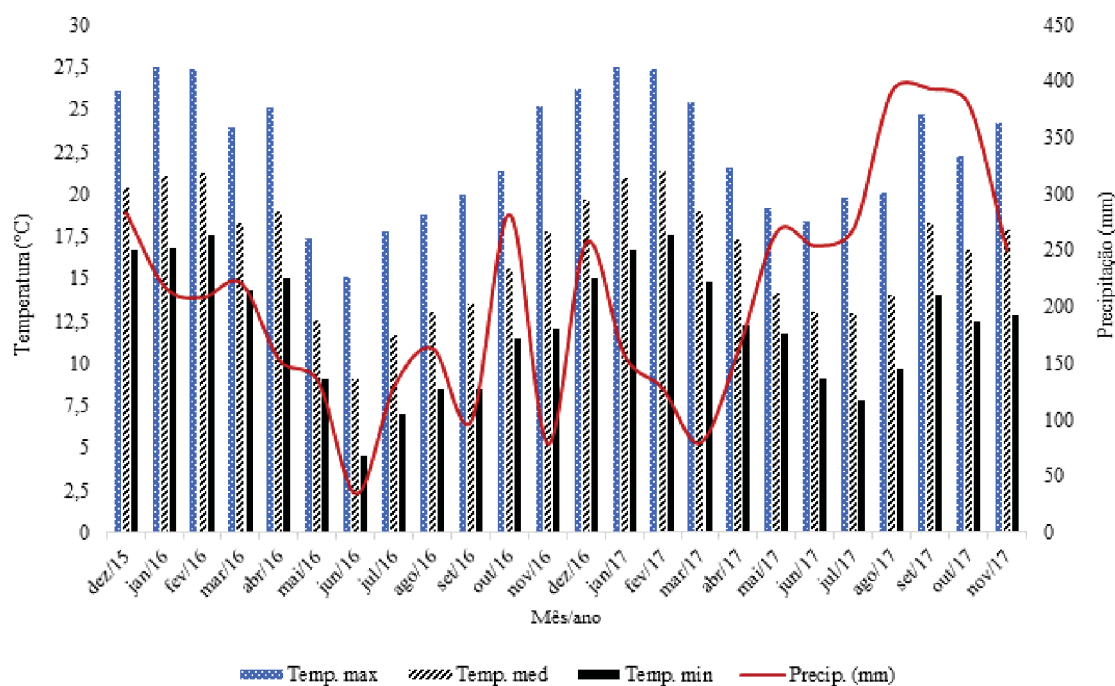


FONTE: climate-data.org. (2018)

Os dados médios mensais de temperatura máxima, média e mínima, e o total de precipitação mensal do período de plantio (dez 2015) até 24 meses após implantação (nov 2017), obtidos na estação meteorológica localizada a aproximadamente 1 km de distância do plantio estão na Figura 21. Durante o inverno de 2016 foram registradas 23 geadas, sendo 5 consecutivas entre 09 a 13/junho, com temperaturas mínimas entre -1,1 e -4,3 °C e mais 4 geadas entre 17 a 20/julho, com mínimas entre -0,5 e -3,8°C. No inverno de 2017 foram registradas 16 geadas, com 3 consecutivas entre 11 a 13/junho, com temperaturas mínimas entre -2,0 e -4,3°C, e mais 3 entre 18 a 20/julho, com mínimas entre 0,3 e -3,9°C.

Em Campo Belo do Sul a implantação aconteceu no início de dezembro de 2015. Trinta dias antes do plantio realizou-se uma subsolagem (40 cm) e após a passagem de enxada rotativa a fim de preparar o solo. As mudas utilizadas no plantio apresentavam altura de aproximadamente 30 cm e diâmetro do coleto maior que 4 mm. Quinze dias antes do plantio passaram por período de aclimação, com redução da irrigação e manutenção a pleno sol. Quinze dias após o plantio foi realizada adubação com 150 gramas de NPK (5-20-20) por planta.

FIGURA 21- DADOS MÉDIOS MENSIS DE TEMPERATURA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA, E TOTAL DE PRECIPITAÇÃO MENSAL DO PERÍODO ENTRE DEZEMBRO DE 2015 ATÉ NOVEMBRO DE 2017, OBTIDAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA EM CAMPO BELO DO SUL – BAESA. DADOS FORNECIDOS PELA EPAGRI-CIRAM.



FONTE: O autor (2018).

O teste foi implantado utilizando-se três clones (SJ, A140 e A228) em subparcelas lineares de 10 plantas e 30 repetições, totalizando-se 300 mudas por clone testado. O espaçamento de plantio utilizado foi de 2,5 x 2,5 metros. O clone denominado SJ deriva de outro experimento conduzido no Viveiro Florestal da UDESC (NAVROSKI et al., 2015). Já os clones A140 e A228 foram provenientes de miniestacas do minijardim clonal, que apresentaram material suficiente para implantação do presente teste clonal a campo.

As avaliações foram realizadas aos 6, 12 e 24 meses após o estabelecimento do teste clonal, avaliando-se a sobrevivência (%), diâmetro a altura do colo (mm) e altura total (cm). Aos 6 meses também realizou-se avaliação de danos por geada, a qual foi conduzida por meio de notas, sendo estas: nota 0 - sem sintomas de geada, sem danos nas folhas aciculares e ápice; nota 1 - poucas folhas aciculares queimadas, sem danos no ápice; nota 2 - folhas aciculares queimadas na grande maioria, sem danos graves no ápice; nota 3 - danos graves nas folhas aciculares e no ápice e nota 4 - plantas secas, com as folhas aciculares e ápice totalmente queimados (Figura 22).

FIGURA 22 – ESCALA DE NOTAS DE DANOS POR GEADA EM TESTE CLONAL DE *Sequoia sempervirens* APÓS SEIS MESES DE INSTALAÇÃO EM CAMPO BELO DO SUL – SC. NOTA 0 - SEM SINTOMAS DE GEADA, SEM DANOS NAS FOLHAS ACICULARES E ÁPICE; 1 - POUCAS FOLHAS ACICULARES QUEIMADAS, SEM DANOS NO ÁPICE; 2 - FOLHAS ACICULARES QUEIMADAS NA GRANDE MAIORIA, SEM DANOS GRAVES NO ÁPICE; 3 - DANOS GRAVES NAS FOLHAS ACICULARES E NO ÁPICE E 4 - PLANTAS SECAS, COM AS FOLHAS ACICULARES E ÁPICE TOTALMENTE QUEIMADOS.



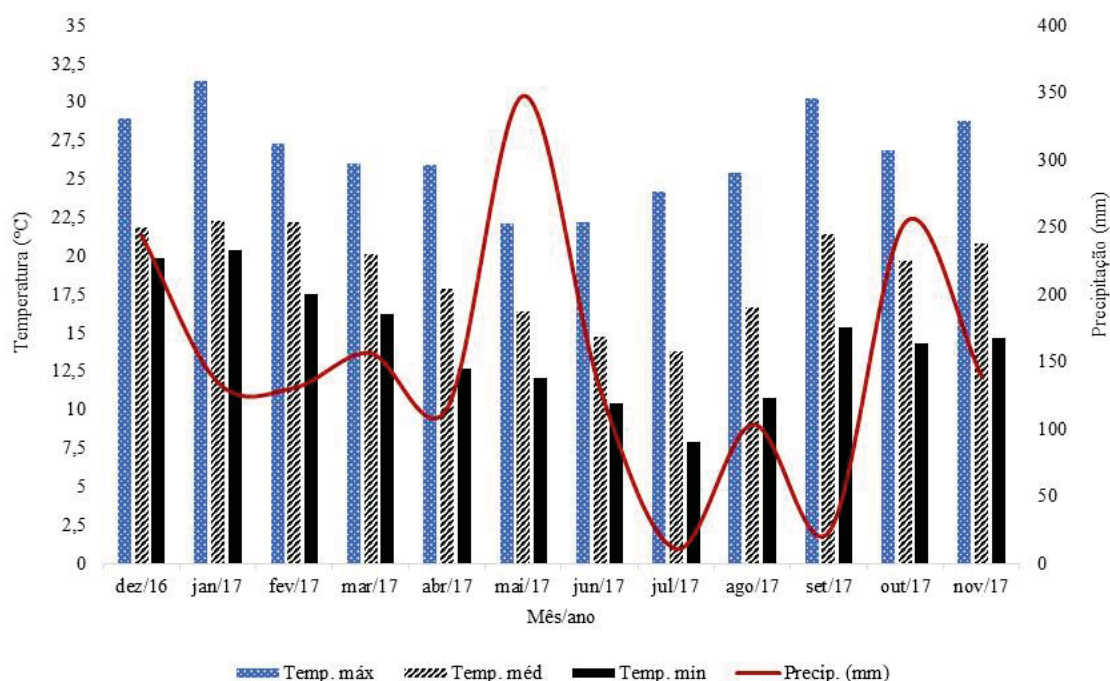
#### 10.4.2 Área 2- Arabutã

O local de implantação está situado nas coordenadas geográficas 27°11'50"S e 52°11'38"W. O tipo de relevo predominante no local é ondulado a fortemente ondulado, com uma altitude média de 415 m. Os solos predominantes na região são Nitossolos ou Cambissolos, sendo geralmente de origem basáltica (UBERTI, 2005). Conforme análise de solo (0-40 cm), o local apresenta a seguinte atribuição química: pH = 5,1; índice SMP = 5,7; Ca = 4,95 (cmolc/dm<sup>3</sup>); Mg = 1,01 (cmolc/dm<sup>3</sup>); Al = 0,94 (cmolc/dm<sup>3</sup>); H+Al = 6,6 (cmolc/dm<sup>3</sup>); CTC efetiva = 7,2 (cmolc/dm<sup>3</sup>); saturação de alumínio = 14,1%; saturação de bases = 49,8%; M.O. = 2,0%; C.O. = 1,2%; Argila = 42,5%; P (Mehlich) = 1,25 (mg/dm<sup>3</sup>); K = 114,5 (mg/dm<sup>3</sup>); CTC pH 7,0 = 12,5 (cmolc/dm<sup>3</sup>); Cu (Mehlich) = 9,3 (mg/dm<sup>3</sup>); Zn (Mehlich) = 5,2 (mg/dm<sup>3</sup>); Fe (Mehlich) = 25,7 (mg/dm<sup>3</sup>) e Mn = 59,7 (mg/dm<sup>3</sup>).

Pela classificação de Köppen, o clima é Cfa, temperado úmido com verão quente. A temperatura média anual é de 19,2 °C, sendo em janeiro a maior média de temperatura (24,0 °C) e junho a menor (14,9 °C). A pluviosidade média anual é aproximadamente 1900 mm (Figura 20b) (CLIMATE, 2017a).

Os dados médios mensais de temperatura máxima, média e mínima, e total de precipitação mensal do período de plantio (dez 2016) até 12 meses após (nov 2017) estão na Figura 23. Os dados de temperatura são originários da estação meteorológica localizada em Ouro (aproximadamente 60 km da área) e os dados de precipitação da estação localizada em Concórdia (situada a 16 km da área). Durante o período não foi observada a ocorrência de geadas, conforme dados da estação meteorológica, também não ocorrendo no local do experimento (comunicação pessoal do proprietário).

FIGURA 23 - DADOS MÉDIOS MENSAIS DE TEMPERATURA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA (ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE OURO-SC) E TOTAL DE PRECIPITAÇÃO MENSAL (ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE CONCÓRDIA-SC) DO PERÍODO ENTRE DEZEMBRO DE 2016 ATÉ NOVEMBRO DE 2017. DADOS FORNECIDOS PELA EPAGRI-CIRAM.



FONTE: O autor (2018).

A implantação na área de Arabutã ocorreu no início de dezembro de 2016. Para o preparo da área, 30 dias antes do plantio, foi realizada aplicação de herbicida a base de glifosato. A abertura de covas foi realizada com motocoveadora, com aproximadamente 25 cm de profundidade e 20 cm de diâmetro em cada cova. Juntamente ao plantio foi realizada a adição



de hidrogel nas covas, sendo utilizados 500 ml por planta de gel previamente hidratado a uma concentração de 3 g L<sup>-1</sup> do polímero hidrorretentor.

As mudas utilizadas no plantio apresentavam altura de aproximadamente 25 cm e diâmetro do coleto médio de 4 mm. Quinze dias antes do plantio passaram por período de aclimação, com redução da irrigação e manutenção a pleno sol. Dez dias após o plantio foi realizada adubação com 150 gramas de NPK (5-20-20) por planta. Após o plantio, em janeiro de 2017, foi efetivado o plantio de arroz de sequeiro, e em outubro de 2017 a área contou com a adição de milho nas entrelinhas do talhão de sequoia.

O teste foi implantado utilizando-se quatro clones (A127, A138, A140 e A228) em subparcelas lineares de 8 plantas e 20 repetições, totalizando-se 160 mudas por clone testado. O espaçamento de plantio utilizado foi de 3,0 x 3,0 metros. Todos os clones foram oriundos de miniestacas do minijardim clonal, que apresentaram material suficiente para implantação do presente teste clonal a campo. As avaliações foram realizadas aos 6 e 12 meses após o estabelecimento do teste clonal avaliando-se a sobrevivência (%), diâmetro a altura do colo (DAC - mm) e altura total (cm).

#### 10.4.3 Análise estatística

Após a verificação da normalidade dos dados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e da homogeneidade pelo teste de Bartlett realizou-se a análise de variância (ANOVA). Quando necessário, os dados foram transformados pela função  $(x + 0,5)^{0,5}$  e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

### 10.5 RESULTADOS

#### 10.5.1 Área 1 – Campo Belo do Sul

O plantio de sequoia em Campo Belo do Sul apresentou susceptibilidade à geada, exibindo mortalidade superior a 60% após 6 meses (Tabela 19), período correspondente a avaliação realizada no inverno de 2016. Nesta mesma avaliação observou-se diferença entre os clones testados no local, sendo A228 e A140 superiores em relação ao clone SJ. O clone A140 apresentou superioridade também quanto ao DAC e menor dano por geadas. A maior altura e DAC obtida em uma planta aos 6 meses, foi 84 cm e 12,7 mm respectivamente.

TABELA 19 - SOBREVIVÊNCIA (%), DIÂMETRO A ALTURA DO COLO - DAC (MM), ALTURA (CM) E DANOS DE GEADA EM DIFERENTES CLONES DE *Sequoia sempervirens* APÓS 6, 12 E 24 MESES DE INSTALAÇÃO EM CAMPO BELO DO SUL – SC.

Clones	6 meses			
	Sobrevivência (%)	DAC (mm)	Altura (cm)	Danos de Geada
SJ	28,7 b*	6,3 b	47,3 a	3,1 b
A140	38,1 a	7,1 a	42,6 b	2,5 a
A228	42,7 a	6,1 b	40,1 b	3,2 b
Média	36,5	6,5	43,3	2,9
Máxima <sup>1</sup>	-	12,7	84,0	-
CV%	34,6	24,9	35,0	34,1
<i>p</i> -valor	0,008	0,048	0,013	0,041

Clones	12 meses		
	Sobrevivência (%)	DAC (mm)	Altura (cm)
São Joaquim	2,3 b	6,5 b	48,8 b
A140	17,7 a	12,2 a	67,7 a
A228	9,8 b	9,3 b	45,6 b
Média	9,9	9,3	54,0
Máxima <sup>1</sup>	-	19,0	118,0
CV%	46,7	31,5	26,8
<i>p</i> -valor	0,004	0,031	0,034

Clones	24 meses		
	Sobrevivência (%)	DAC (mm)	Altura (cm)
São Joaquim	1,0	9,1 b	55,2 b
A140	3,9	15,6 a	79 a
A228	3,0	11,4 b	55,7 b
Média	2,6	12,0	63,3
Máxima <sup>1</sup>	-	27,5	115,0
CV%	52,1	38,2	28,3
<i>p</i> -valor	0,638	0,0142	0,009

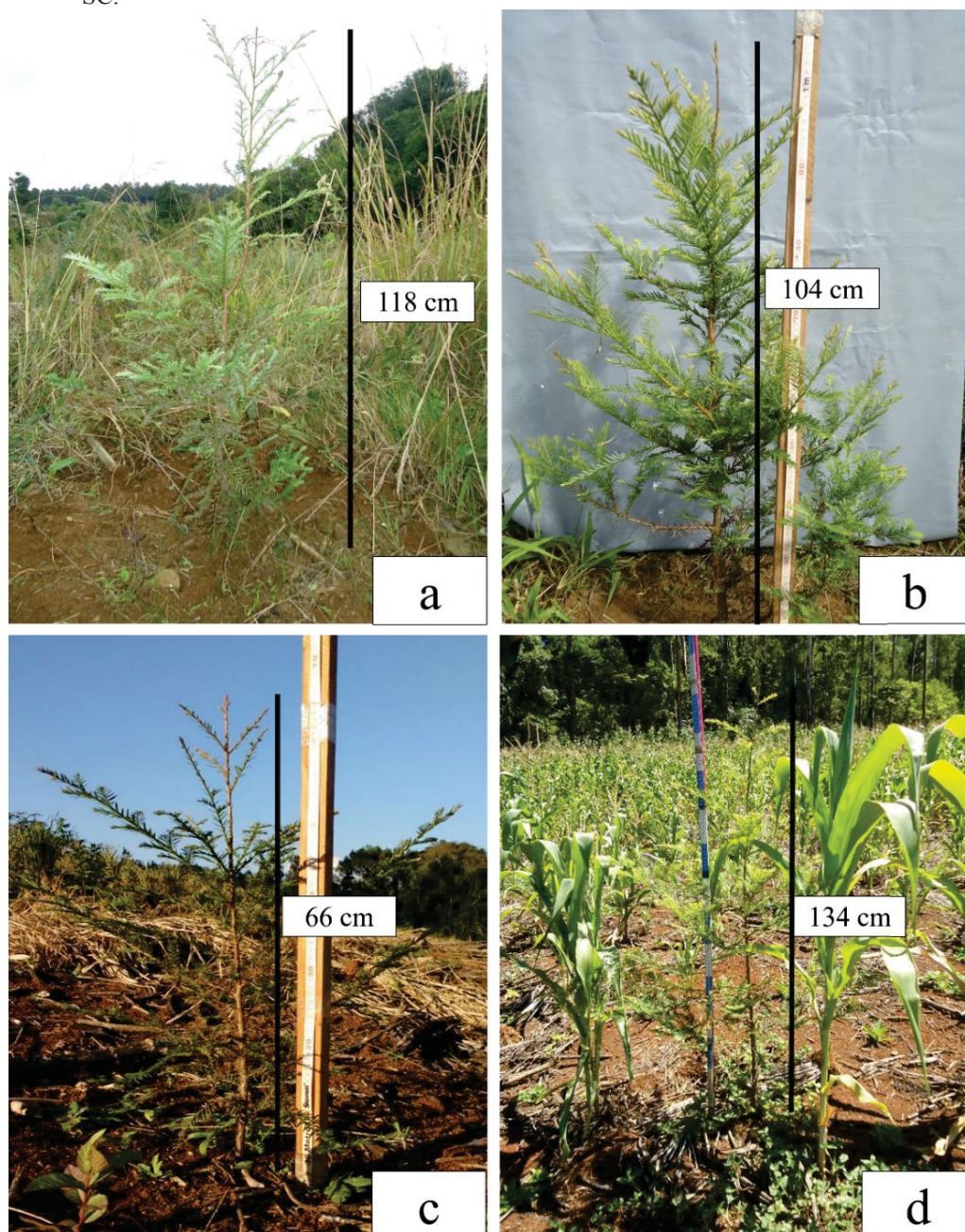
<sup>1</sup> Resposta atribuída ao valor de máxima resposta de um indivíduo. \* Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FONTE: O autor (2018).

Na avaliação realizada 12 meses após o plantio, a sobrevivência foi muito mais baixa (em relação a observada aos 6 meses). A média de sobrevivência entre todos os clones foi menor de 10%, com superioridade para o clone A140 que apresentou quase 20% de plantas vivas. Merece destaque pela baixa sobrevivência o clone SJ com somente 2,3%. Esta época de avaliação (12 meses) englobou todo o período de inverno, fato que não tinha ocorrido aos 6 meses. O clone A140, além de apresentar melhor sobrevivência, também apresentou superioridade em DAC e altura, sendo superior aos outros dois avaliados. A maior planta em altura aos 12 meses apresentou 118 cm (Figura 24a), representando um incremento de 34 cm

em 6 meses. Já em DAC, o maior valor foi de 19 mm, resultando em 6,3 mm de incremento entre o intervalo das duas avaliações.

FIGURA 24 – A) MAIOR INDIVÍDUO DE SEQUOIA AOS 12 MESES EM CAMPO BELO DO SUL- SC; B) INDIVÍDUO DE SEQUOIA SEM BIFURCAÇÃO OU BROTAÇÕES BASAIS CAUSADAS PELA GEADA EM CAMPO BELO DO SUL- SC; C) MAIOR INDIVÍDUO DE AOS 6 MESES (C) E; D) AOS 12 MESES EM PLANTIO EXPERIMENTAL INSTALADO EM ARABUTÃ – SC.



FONTE: O autor (2018).

Elevada mortalidade das mudas foi verificada na avaliação aos 24 meses, sendo possível observar 2,6% de mudas vivas, sem diferença entre os clones. Apesar do dano por geada não



ter sido avaliado no inverno de 2017, percebeu-se elevada quantidade de mudas mortas, com somente poucos indivíduos sem bifurcação ou rebrota basal (Figura 24b). Diferenças entre os clones foram encontradas para altura e DAC, onde o clone A140 apresentou superioridade em ambas as variáveis. A maior altura observada foi de 115 cm e 27,5 mm para DAC. Em relação à diferença entre a avaliação de 24 e 12 meses, houve redução da altura, provavelmente devido a geada, como será discutido adiante. Quanto ao incremento da altura média, observou-se quase 10 cm no intervalo de 12 meses.

#### 10.5.2 Área 2- Arabutã

A sobrevivência das mudas de sequoia no plantio realizado em Arabutã (SC) foi superior a 80% após um ano de implantação (Tabela 20). A mortalidade entre os 6 e 12 meses foi de somente 3,4%. Houve diferença entre os clones avaliados para esta variável, sendo que, ao final dos 12 meses, os clones A127 e A140 foram superiores, apresentando sobrevivência superior a 85%.

Em relação ao DAC e altura das mudas, os clones não apresentaram diferenças significativas. Aos 12 meses após o plantio as mudas apresentaram DAC de 7,5 mm e altura pouco superior a 50%. O DAC apresentou incremento de 1,1 mm entre os 6 e 12 meses, já para altura observou-se um elevado incremento (16,5 cm). Aos 6 meses de avaliação a planta mais alta possuía 66 cm (Figura 24c) e aos 12 meses, 134 cm (Figura 24d), representando quase 75 cm de incremento em 6 meses. Em DAC, o melhor indivíduo apresentava 11,3 mm aos 6 meses e 24,5 mm aos 12 meses, representando um incremento de 13,2 mm.

TABELA 20 - SOBREVIVÊNCIA (%), DIÂMETRO A ALTURA DO COLO - DAC (MM), ALTURA (CM) EM DIFERENTES CLONES DE *Sequoia sempervirens* APÓS 6 E 12 MESES DE INSTALAÇÃO EM ARABUTÃ – SC.

Clones	06 meses		
	Sobrevivência (%)	DAC (mm)	Altura (cm)
A127	86,7 a	6,2	37,2
A138	74,4 b	6,0	33,7
A140	87,4 a	6,9	32,7
A228	88,2 a	6,7	34,2
Média	84,2	6,4	34,5
Máxima <sup>1</sup>	-	11,3	66,0
CV%	19,0	22,0	21,9
<i>p</i> -valor	0,0171	0,280	0,742

Continua...

...continuação			
12 meses			
Clones	Sobrevivência (%)	DAC (mm)	Altura (cm)
A127	86,7 a	7,5	53,9
A138	72,5 b	7,1	49,6
A140	86,1 a	7,9	48,8
A228	77,8 b	7,5	51,6
Média	80,8	7,5	51,0
Máxima <sup>1</sup>	-	24,5	134,0
CV%	26,0	19,9	19,2
<i>p</i> -valor	0,0173	0,4334	0,6763

<sup>1</sup> Resposta atribuída ao valor de máxima resposta de um indivíduo. \* Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FONTE: O autor (2018).

## 10.6 DISCUSSÃO

A adaptação de uma nova espécie, principalmente quando se trata de uma espécie com enorme potencial madeireiro como a sequoia, pode representar um marco na silvicultura, podendo-se traduzir em incremento financeiro para produtores e empresas, novas opções para o mercado consumidor e diminuição da pressão sobre espécies nativas. A sequoia é uma espécie que apresenta potencial para uso comercial, sendo testada com sucesso em países como Chile (UNDURRAGA, 1995), África do Sul (RAMÍREZ, 2002) e principalmente na Nova Zelândia (PALMER et al., 2012). No Brasil, a espécie é encontrada de forma isolada em praças, parques e unidades de conservação como as Florestas Nacionais (FLONA's), principalmente no Sul do Brasil. Isso pode indicar uma possível adaptação da espécie às condições climáticas mais frias do país.

Na Nova Zelândia, principal país com sequoia fora do ambiente nativo, a espécie foi introduzida pela primeira vez na década de 1860. No entanto, a maioria dessas plantações falhou e a espécie deixou de ter interesse comercial (KNOWLES; MILLER, 1993). Na década de 1990, o interesse em estabelecer uma indústria florestal com sequoia na Nova Zelândia foi reativado (BROWN et al., 2008). O clima do país é geralmente adequado para a espécie, com as falhas de plantio no início do século XX podendo ser atribuídas à falta de localização apropriada, ausência de controle de ervas daninhas e desconhecimento sobre micorrizas adequadas (MEASON et al., 2016). Uma vez estabelecidos, os plantios da Nova Zelândia são capazes de atingir mais de 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> aos 40 anos em locais ótimos (NICHOLAS; WATT, 2011, PALMER et al., 2012). O Sul do Brasil possui similaridade climática com a Nova

Zelândia e o sucesso da sequoia neste país nos leva a acreditar que o teste clonal de material já implantado na região pode gerar bons resultados. Contudo, variações genéticas e geográficas podem determinar o sucesso ou não da implantação.

A literatura é bastante contrastante em relação a sobrevivência e adaptação da espécie em locais mais frios e com ocorrência de geadas. Donnet (1984) comentou que a sequoia é severamente prejudicada em temperaturas inferiores a 0 °C. Neste mesmo sentido, algumas referências mais antigas já abordavam que sequoias jovens são facilmente feridas por geadas, especialmente na primavera, provocando muitas vezes a mortalidade (DALLIMORE 1931; FRITZ, 1958). Os mesmos autores colocam também que mudas jovens são facilmente danificadas por ventos fortes. Quando expostas aos ventos predominantes as sequoias geralmente têm ápices deformados e o crescimento em altura é lento.

O principal fator responsável pela elevada mortalidade em Campo Belo do Sul foi a ocorrência de fortes geadas. As geadas também foram responsáveis por perdas de áreas implantadas em áreas mais frias da Nova Zelândia (DEAN, 2007). O efeito das agressões pelas geadas nas plantas é variável com as espécies. Para cada espécie vegetal há uma temperatura em que o congelamento do protoplasma ocorrerá, sendo possível que ocorra antes da temperatura chegar a zero grau. Algumas espécies podem apresentar uma maior resistência ao congelamento, continuando vivas mesmo após o fenômeno ter ocorrido. Quando a geada se deposita na planta ocasiona o congelamento do protoplasma das células, destruindo o tecido vegetal e, possivelmente, matando a mesma (PERISSATO et al., 2013.).

Kreyling et al. (2015) testando a tolerância a frio por método relativo de filtração eletrolítica (LT50) de 27 espécies do Hemisfério Norte, observaram uma tolerância ao frio de até -9,2 °C para *Sequoia sempervirens*. Ainda no mesmo estudo, foi possível observar que a amplitude térmica é uma das principais responsáveis por elevados danos às mudas. Essa constatação pode explicar em grande parte os elevados danos pela geada na área de Campo Belo do Sul. Um exemplo da grande amplitude térmica na região foi a temperatura de -4,3 (mínima) e 14,3 (máxima) obtida no mesmo dia.

Outro fator que contribuiu para o aumento dos danos pela geada e, conseqüentemente, a mortalidade das plantas em Campo Belo do Sul foi o grande intervalo entre as geadas. No inverno de 2016 (mais severo), somente 9 geadas ocorreram de forma consecutiva em número superior a 3 eventos e as 14 restantes ocorreram em dias isolados ou em dois dias sequenciais. Geadas que ocorrem de forma mais esporádica são mais danosas às plantas do que várias geadas sequenciais. Isto porque em geadas periódicas as plantas podem se “preparar” para a sua

ocorrência através de uma gradual aclimação dos seus processos vegetativos e dessa forma não sofrer danos (SAKAI; LARCHER, 1987).

Os danos pelas geadas no plantio em Campo Belo do Sul (avaliados 6 meses após implantação) mostram grande heterogeneidade no impacto às plantas. Foram encontradas plantas sem sintomas de geada, com todas as folhas aciculares verdes (Figura 22a) e outras totalmente secas (Figura 22e). Esta variação ocorreu sem influência clonal, ou seja, os clones apresentaram qualquer um dos sintomas, apesar do clone A140 apresentar danos menores. Essas variações podem ser atribuídas ao “efeito c” da clonagem. O “efeito c” da clonagem, refere-se aos efeitos não-genéticos decorrentes das interações de ações no processo de produção de mudas e posterior crescimento, interações com o meio ambiente, interação nutricional e fisiológica, o qual modifica a resposta esperada, ou seja, crescimento e comportamento por igual das plantas originárias de um mesmo clone (XAVIER et al., 2013).

A ausência de geadas na área da Arabutã, pode ser observada pela elevada sobrevivência das mudas (>80% aos 12 meses). A temperatura mínima observada na região foi de 0 °C em junho de 2017, contudo sem ocorrência de geada. Esse resultado mostra uma melhor adaptação da espécie ao local mais quente, em relação aos dois ambientes testados, ou pelo menos sem ocorrência forte de geada. Outro fator que contribuiu para a boa sobrevivência das mudas foi a elevada precipitação após o plantio – 250 mm (dez/2016) e em todo o período dos 6 meses iniciais (Figura 23), apesar das elevadas temperaturas nos meses de dez/2016 e jan/2017. Os primeiros meses após implantação são os mais críticos à sobrevivência das mudas (SANTIN et al., 2015). A mortalidade das mudas (20%) possivelmente seja decorrência da adaptação ao plantio. O potencial de estabelecimento de espécies florestais é expresso pela capacidade de adaptação e o vigor das mudas, frente as reais condições ecológicas observadas no campo (MACEDO et al., 2002).

Ao longo do tempo, o vigor mostra o desenvolvimento adequado das mudas e sua qualidade, podendo ser afetado por estresse hídrico, ataque de pragas ou doenças e danos físicos ocorridos. No plantio em Arabutã, o ataque de pragas não chegou a provocar mortalidade de mudas, contudo o ataque de gafanhoto-soldado (*Chromacris speciosa*) causou a diminuição da área foliar e quebra de dominância apical de alguns indivíduos (não foi realizada avaliação do ataque). Este ataque ocorreu nos meses de setembro e outubro de 2017, desaparecendo na sequência. Após este período as mudas atacadas apresentaram recuperação com emissão de novas brotações. Outro fato que não apresentou avaliação quantitativa, mas que pode apresentar uma linha para novos trabalhos, foi o maior crescimento das mudas cultivadas sob sombra parcial do milho. Esta comparação foi realizada com plantas que não estavam rodeadas pelo

milho, as quais apresentavam menor desenvolvimento. Esse comportamento é contrário do relatado por Olson et al. (1990) na região natural da espécie. Os autores citam que o crescimento juvenil de sequoias é melhor em plena luz solar, embora as mudas possam suportar sombra pesada.

No geral, as mudas plantadas em ambos os locais apresentaram bom crescimento, com altura superior a 50 cm em 12 meses de cultivo. Além disso, foram observadas árvores dominantes com mais de um metro de altura em Arabutã (Figura 24d), além de incremento superior a 70 cm de altura entre os 6 e 12 meses. Estes resultados são similares aos encontrados em plantio na Nova Zelândia, onde as árvores alcançaram 1,4 metros entre o primeiro e segundo ano (DEAN, 2007). Olson et al (1990) afirma que a sequoia pode crescer cerca de 46 cm na primeira estação e entre 0,6 a 2,0 m ano<sup>-1</sup> entre os 4 e 10 anos. Os mesmos autores destacam ainda que em muitos casos o crescimento pode ser lento até os 10 anos, necessitando-se de um período de adaptação. Em um teste de procedências de sequoia instalado em vários locais, as maiores árvores apresentaram 2,70 metros de altura na Califórnia - EUA aos 4 anos (KUSER, 1996).

Os resultados obtidos no presente trabalho mostram o potencial da espécie para áreas sem ocorrência severa de geadas. Contudo, assim como ocorreu em outros países, alguns “erros” na implantação não devem estancar novas pesquisas, principalmente em áreas mais frias. Sugestões para novos trabalhos podem ser oferecidas, como testar a espécie em sub-bosque ou em plantios mistos e ainda, avaliar procedências de vários locais. Conforme Kuser (1996), procedências mais ao Norte da Califórnia apresentaram melhor adaptação em áreas da França com ocorrência de geadas, enquanto procedências mais aos Sul da Califórnia obtiveram melhor adaptação e crescimento em locais mais quentes. Além disso, novos plantios devem ser estabelecidos em outros locais buscando obter mais informações sobre a adaptação e crescimento da sequoia na Brasil.

## 10.7 CONCLUSÕES

Mudas de sequoia implantadas em Campo Belo do Sul (região mais fria) apresentaram elevado dano por geada, sendo observada sobrevivência de apenas 2% do material após dois anos de implantação. Em contrapartida, na área de Arabutã (área mais quente) a sobrevivência foi superior a 80% aos 12 meses, com bom crescimento das mudas. Novas estratégias devem ser adotadas para buscar o estabelecimento da sequoia em áreas mais frias.

## 10.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARENAS, M. D. C. O. **Estudio del largo de Traqueidas en *Sequoia sempervirens* D. Don (Endl.) crecida en Chile, con respecto a su ubicación en el árbol.** Trabalho de conclusão de Curso, Universidad de Chile. Escuela de Ciencias Forestales, 92 p. 2004.
- BOE, K. N. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. In: SCHOPMEYER, C. S. (ed) **Seeds of woody plants in the United States.** Agriculture handbook 450. USDA Forest Service, Washington, DC, USA, 1974.p. 764 -766.
- BROWN, I. F.; LOW, C.; NICHOLAS, I.; WEBSTER, R. Introduction. In: NICHOLAS, I. (ed) **Best practice with farm forestry species: redwoods.** New Zealand Farm Forestry Association, Wellington, p. 7–12. 2008.
- CLIMATE. **Clima: Arabutã - SC.** Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/313251/>> Acesso em: 10 de novembro de 2017b.
- CLIMATE. **Clima: Campo Belo do Sul - SC.** Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/313256/>> Acesso em: 15 de novembro de 2017a.
- COWN, D. Redwood in New Zealand—an end-user perspective. **New Zealand Journal Forest**, v. 52, n.4, p. 35–41, 2008.
- COWN, D. J.; MCKINLEY, R. B. **Are we ready for redwoods?** Wood Processing Newsletter, Issue 42. Rotorua, New Zealand: Scion. 2008.
- DALLIMORE, W. Redwood, *Sequoia sempervirens*. **Quarterly Journal of Forestry**, v. 25, n.3, p. 242-243, 1931.
- DEAN, M. Coast redwood silviculture in New Zealand. **New Zealand Tree Grower**, 2007.
- DONNET, A. L. ***Sequoia sempervirens*: programme de recherche et de développement mené en France par l'AFOCEL.** Mém 3 e année, École Nationale des Ingénieurs des Travaux des Eaux et Forêts et AFOCEL, région Nord-Ouest, 104 p. 1984.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: CNPS, 412p. 1999.
- FORMENTO, S.; SCHORN, L. A.; RAMOS, R. A. B. Dinâmica estrutural arbórea de uma Floresta Ombrófila Mista em Campo Belo do Sul, SC. **Cerne**, v. 10, n. 2, p. 196-212, 2004.
- FRITZ, E. **Silviculture of coast redwoods.** Timber 2:10, 46, 53, 59, 60, illus. (Published by Students of University of California, School of Forestry). 1958.
- INFOR. **Caracterización de la *Sequoia sempervirens*.** Unidad de Tecnologías e Industrias de la Madera. Documento N° 221. Concepción. Chile. 28 p. 1998.
- KNOWLES, F. B.; MILLER, J. T. Introduced forest trees in New Zealand: Recognition, role and seed source. 13. The redwoods. FRI Bulletin No. 124. **New Zealand Forest Research Institute Limited**, Rotorua. 1993.



KREYLING, J.; SCHMID, S.; AAS, G. Cold tolerance of tree species is related to the climate of their native ranges. **Journal of Biogeography** (J. Biogeogr.) v. 42, p. 156–166, 2015.

KUSER, J. E.; BAILLY, A.; FRANCLLET, A.; LIBBY, W. J. Early results of a rangewide provenance test of *Sequoia sempervirens*. [French]. **Forest Genetic Resources**, n. 23, 1996.

LORIMER, C. G.; PORTER, D. G.; MADEJ, M. G.; STUART, J. D.; VEIRS, S. D.; NORMAN, S. P.; OHARA, K. L.; LIBBY, W. J. Presettlement and modern disturbance regimes in coast redwood forests: implications for the conservation of old-growth stands. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n.7, p. 1038–1054. 2009.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; GOMES, J. E.; OLIVEIRA, T. K. Dinâmica de estabelecimento de *Tectona grandis* L.f. (Teca) introduzida em cafezal na região de Lavras – Minas Gerais. **Brasil Florestal**, n. 73, p. 31-38, 2002.

MEASON, D. F.; KENNEDY, S. G.; DUNGEY, H. S. Two New Zealand-based common garden experiments of the range-wide ‘Kuser’ clonal collection of *Sequoia sempervirens* reveal patterns of provenance variation in growth and wood properties. **New Forests**, v. 47, n. 4, p. 638-651, 2016.

NAVROSKI, M. C.; PEREIRA, M. O.; HESS, A. F.; SILVESTRE, R.; ÂNGELO, A. C.; FAZZINI, A. J.; ALVARENGA, A. A. Resgate e propagação vegetativa de *Sequoia sempervirens*. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 383 – 392, 2015.

NICHOLAS, I.; WATT, M. S. The three potentially most useful exotic forest species for south eastern North Island marginal hill country. **New Zealand Journal Forest**, v. 56, n.1, p. 15–19, 2011.

OLSON, D. F.; ROY, D. F.; WALTERS, G. A. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. redwoods. In BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. [eds.], **Silvics of North America**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook. p. 541 - 551. 1990.

PALMER, D. J.; WATT, M. S.; KIMBERLEY, M. O.; DUNGEY, H. S. Predicting the spatial distribution of *Sequoia sempervirens* productivity in New Zealand. **New Zealand Forest Research**, n 42, p. 81–89, 2012.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V. P.; MASSIGNAN, A. M.; PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, CR-Rom, 2002.

PERISSATO, S. M.; MARCELINO, W. L.; ACCO, L. F.; CABRAL, A. C.; PINTO, L. P.; FRIGO, J. P. Efeito das geadas em culturas energéticas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 2, n. 4, p. 49-58, 2013.

RAMÍREZ, J. *Sequoia sempervirens*: para tomar en cuenta. **Chile Forestal**, v. 290, p. 27- 29, 2002.

SAKAI, A; LARCHER, W. **Frost survival of plants: responses and adaptation to freezing stress**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 321p.

SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; MORANDI, D.; DOMINGOS, D. M. Sobrevivência, crescimento e produtividade de plantas de erva-mate produzidas por miniestacas juvenis e por sementes. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 571-579, 2015.

STUART, J. Redwoods and green spaces – focussing on common goals can keep both in the landscape. **California Forests**, v. 11, p. 8-9, 2007.

UBERTI, A, A, A. **Santa Catarina: Proposta de Divisão Territorial em Regiões Edafoambientais Homogêneas**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 185 f., 2005.

UNDURRAGA, M. **Maquinado y algunas propiedades físico mecánicas de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. creciendo en Chile**. Tesis Ingeniería Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 85 pp. 1995.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2013. 279 p.

## 11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente o estudo tinha o desafio de trabalhar com uma espécie conhecida mundialmente pelo seu crescimento e exuberância, contudo em escala produtiva muito pouco conhecida. No Brasil, os poucos exemplares existentes da espécie se localizam em unidades de conservação (Flonas) e árvores isoladas para arborização. Aproveitando o conhecimento da literatura sobre sequoia com técnicas de resgate vegetativo e propagação vegetativa de espécies cultivadas no país iniciaram-se as pesquisas.

A boa rebrota de alguns indivíduos com elevada capacidade de enraizamento de estacas serviu de aporte inicial para trabalhos envolvendo o aspecto clonal, aliados ao destaque da literatura quanto a elevada variabilidade que existe na espécie. Os trabalhos de resgate e propagação por estaquia e miniestaquia sempre demonstraram o efeito genético (avaliado por genótipos e clones).

Quanto ao aspecto de propagação vegetativa, a sequoia apresenta enorme potencial, pela capacidade de resgate, estaquia e principalmente miniestaquia. A técnica de miniestaquia permite a manutenção do germoplasma em ambiente de viveiro e a possibilidade de propagação massal ao longo do tempo, aspectos cruciais para produção de mudas de forma contínua e estabelecimento de clones. Respostas importantes foram obtidas envolvendo a propagação clonal, destacando-se: alto enraizamento para a maioria dos clones mesmo sem uso de AIB; elevada variação no enraizamento e velocidade de enraizamento entre clones; rápido enraizamento da espécie (iniciando-se em 30 dias para alguns clones); possibilidade de propagação em todas as estações do ano e boa resposta ao enraizamento em ambiente de estufim (ambiente barato e de fácil instalação).

Após respondidas questões relativas à propagação vegetativa, o desafio maior foi a etapa de estabelecimento a campo. No experimento instalado na região mais fria (Campo Belo do Sul) a elevada mortalidade pela geada causou surpresa, embora a bibliografia destacasse o efeito prejudicial da geada. O frio intenso em 2016 na região colaborou para tal resultado. Assim, novas implantações são recomendadas nesta mesma área e região. No plantio realizado em Arabutã (área mais quente) destaca-se o bom desenvolvimento da espécie e baixa mortalidade.

Em função disso, novos locais serão testados para a realização do zoneamento da espécie e futura determinação das áreas propícias para sua implantação. Na região mais fria serão testados métodos alternativos, como plantios sob culturas já estabelecidos (eucalipto, bracatinga ou pinus) visando a cobertura nos dois primeiros anos após implantação. O melhor

desenvolvimento das árvores em meio ao plantio de milho em Arabutã também serve de indício sobre a necessidade da espécie de ter certo sombreamento inicial.

De maneira geral, a espécie apresenta potencial para plantio no Sul Brasil, contudo mais áreas devem ser testadas, novos clones, e técnicas alternativas no plantio e condução inicial. Os potenciais de usos e qualidade da madeira que a espécie possui devem servir de incentivo para novas pesquisas, visando introduzir uma nova espécie no Brasil e servindo de alternativa para empresas e pequenos produtores.

## REFERÊNCIAS

- AHUJA, M. R. Genetic constitution and diversity in four narrow endemic redwoods from the family Cupressaceae. **Euphytica**, v. 165, n. 1, p. 5–19. 2009.
- AIMERS, J. H.; MENZIES, M. I.; FAULDS, T.; HOLDEN, D. G.; LOW, C. B.; DIBLEY, M. J. Nursery systems to control maturation in *Pinus radiata* cuttings, comparing hedging and serial propagation. **New Zealand Journal of Forestry Science**, n. 33, p. 135 - 155. 2003.
- ALCANTARA, G. B. et al. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p.399-404, 2007.
- ALCANTARA, G. B.; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 151-156, 2008.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2009. 500 p.
- ALMEHDI, A. A, PARFITT, D. E.; CHAN, H. Propagation of pistachio rootstock by rooted stem cuttings. **Scientia Horticulturae**, v. 96, p. 359–363. 2002.
- ALMEIDA, E. F. A.; LUZ, P. B.; LESSA, M. A.; PAIVA, P. D. O.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; OLIVEIRA, M. V. C. Diferentes substratos e ambientes para enraizamento de mini-ixora (*Ixora coccinea* “compacta”). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1449-1453, 2008.
- ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.
- ALVARENGA, L. R.; CARVALHO, V. D. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas frutíferas. **Informe Agropecuário**, v. 9, p. 47-55, 1983.
- ANTUNES, J. A. S.; HOFFMANN, A.; RAMOS, J. D.; CHALFUN, N. N. J.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. F. Efeito do método de aplicação e de concentrações do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas semilenhosas de *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 18, n. 3, p. 371 - 376, 1996.

APARICIO-RENTERÍA, A., S. F. JUÁREZ-CERRILLO, Y. L. R. SÁNCHEZ-VELÁSQUEZ. Propagación por enraizamiento de estacas y conservación de árboles plus extintos de *Pinus patula* procedentes del norte de Veracruz, México. **Madera y Bosques**, n. 20, p. 85-96, 2014.

ARENAS, M. D. C. O. **Estudio del largo de Traqueidas en *Sequoia sempervirens* D. Don (Endl.) crecida en Chile, con respecto a su ubicación en el árbol.** Trabalho de conclusão de Curso, Universidad de Chile. Escuela de Ciencias Forestales, 92 p. 2004.

ARENAS, M. **Estudio del largo de traqueidas en D. Don (Endl.) crecida en Chile, con respecto a subicación en el árbol.** 97 f. Monografía (Especialização) - Curso de Ingeniero Forestal, Universidad de Chile Facultad de Ciencias Forestales, Santiago, 2004.

ARNAUD, Y.; FRANCKET, A.; TRANVAN, H.; JACQUES, M. Micropropagation and rejuvenation of *Sequoia sempervirens* (Lamb) Endl: a review. **Annales des sciences forestieres**, INRA/EDP Sciences, v. 50, n. 3, p.273-295, 1993.

ASSIS T, F. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the *Eucalyptus* clonal forestry. In: IUFRO Tree Biotechnology Conference 2011: From Genomes to Integration and Delivery. **BMC Proceedings**, n. 5 (Suppl 7): I18. 2011.

ASSIS TF & MAFIA RG. 2007. Hibridação e clonagem. In: BORÉM A. (Ed.) Biotecnologia florestal. Viçosa: s.n. pp.93-121.

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas.** Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPq, p.261-296, 1998.

BACCARIN, F. J. B. **Métodos para resgate, conservação e multiplicação em larga escala de matrizes de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage.** 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências – ESALQ), Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 2012.

BACKES, A. Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Brasil — II. **Botânica**, n. 19, p. 31-51. 1999.

BADILLA, Y.; XAVIER, A.; MURILLO, O.; PAUVA, H. N. IBA efficiency on mini-cutting rooting from teak (*Tectona grandis* Linn F.) clones. **Revista Árvore**, v.40, n.3, p. 477-485, 2016.

BAILEY, L.; BAILEY, E. 1976. **Hortus Third.** Macmillan. New York. 340 p.



BALTIERRA, X. C.; MONTENEGRO, G.; GARCÍA, E. Ontogeny of *in vitro* rooting processes in *Eucalyptus globulus*. **Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant**, v. 40, p. 499-503, 2004.

BARBOUR, M., WHITWORTH, V. Origins and distribution of coast redwood. In: EVARTS, J.; POPPER, M. (eds) **Coast redwood a natural and cultural history**. Cachuma, Los Olivos, pp 1–17. 2001.

BASTOS, D. C. et al. Influência do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas apicais e basais de caramboleira (*Averrhoa carambola*) sob condições de nebulização intermitente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 284-286, 2004.

BASTOS, D. C.; PIO, R., SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P.; ENTELMANN, F. A. Enraizamento de estacas lenhosas e herbáceas de cultivares de caquizeiro com diferentes concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 27, p. 182 - 184. 2005.

BATISTA A. F.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. D.; QUEVEDO, F. F.; ASSIS, T. F. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. **Australian Forestry**, v. 78, p. 65-72. 2015.

BECKING, R. W.; BELLETO, L. O. Vegetative propagation of coastal redwood: rooting of redwood cuttings. In: **The Ecology of the Coastal Redwood Forest and the Impact of the 1964 Floods Upon Redwood Vegetation**. Suppl Fin Rep NSF Grant 4690. 23 p. 1968.

BIASI, L. A.; STOLTE, R. E.; SILVA, M. F. Estaquia de ramos semilenhosos de pessegueiro e nectarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, n. 22, p. 421-425. 2000.

BLAZICH, F. A. Chemicals and formulations used to promote adventitious rooting. In: DAVIES T. D., HAISSIG, B. E., SANKHLA, N. (Eds) **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Pres, (Advances in Plant Sciences Series, 2) p. 132 – 149, 1987.

BLAZKOVA, A; S.; TRANVAN, H.; MALDINEY, R.; BONNET, M.; EINHORN, J.; KERHOAS, L.; MIGINIAC, E. Auxin metabolism and rooting in young and mature clones of *Sequoia sempervirens*. **Physiologia Plantarum**, v. 99, n. 1, p.73-80. 1997.

BLYTHE, G. Cutting propagation of *Sequoia sempervirens* cultivars. Combined Proceedings **International Plant Propagators Society**. n. 34, p. 204 – 211. 1985.

BOE, K. N. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. In: Schopmeyer CS (ed) **Seeds of woody plants in the United States**. Agriculture handbook 450. USDA Forest Service, Washington, DC, USA, pp 764–766. 1974.

BONGA, J. M.; von ADERKAS, P. **In vitro culture of trees**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 236p, 1992.

BOOT, K. J.; LIBBENGA, K. R.; HILLE, S. C.; OFFRINGA, R.; VAN DUIJN, B. Polar auxin transport: an early invention. **Journal of Experimental Botany**, v.63, p.4213-4218, 2012.

BORGES, S. R.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; MELO, L. A.; ROSADO, M. A. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.

BOURGKARD, F.; FAVRE, J. M. L'embryogenèse somatique chez *Sequoia sempervirens* possibilités et limites actuelles. **Annales de Recherches Sylvicoles**, 83-95. 1989.

BRENNAN, E. B.; MUDGE, K. W. Vegetative propagation of *Inga feuillei* from shoot cuttings and air layering. **New Forests**, v. 15, n. 1, p. 37-51, 1998.

BRONDANI, G. E., WENDLING, I., SANTIN, D., BENEDETTI, E. L., ROVEDA, L. F., ORRUTÉA, A. G. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 3, p. 257-267, 2007.

BRONDANI, G. E.; BACCARIN, F. J. B.; BERGONCI, T.; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA M. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*: efeito do genótipo, AIB, zinco, boro e coletas de brotações. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 147- 156, 2014.

BRONDANI, G. E.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. 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, 2010.

BRONDANI, G. E.; OLIVEIRA, L. S.; KONZEN, E. R.; DA SILVA, A. L. L.; COSTA, J. L. Mini-incubators improve the adventitious rooting performance of *Corymbia* and *Eucalyptus* microcuttings according to the environment in which they are conditioned. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. In press. p. 1-17. 2017.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F. 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.; WENDLING, I.; SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; ROVEDA, L. F.; ORRUTÉA, A. G. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. **Scientia Agraria**, v.8, p.257-267, 2007.

BROWN, I. F.; LOW, C.; NICHOLAS, I.; WEBSTER, R. Introduction. In: NICHOLAS, I. (ed) **Best practice with farm forestry species: redwoods**. New Zealand Farm Forestry Association, Wellington, p. 7–12. 2008.

BURROWS, G. E.; HORNBY, S. K.; WATERS, D. A.; BELLAIRS, S. M.; PRIOR, L. D.; BOWMAN, D. M. J. S. A wide diversity of epicormic structures is present in Myrtaceae species in the northern Australian savana biome—implications for adaptation to fire. **Australian Journal of Botany**, v. 58, n.6, p. 493–507. 2010.

BUSING RT & FUJIMORI T. 2002. Dynamics of composition and structure in an old *Sequoia sempervirens* forest. *Journal of Vegetation Science*, 13: 785–792.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; FARIA, J. C. T.; JUVANHOL, R. S. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, v.37, p.31-39, 2013.

CALEGARIO, N. **Modeling *Eucalyptus* stand growth based on linear and nonlinear mixed-effects models**. 2002. 123p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade da Georgia, Athens, 2002.

CALIFORNIA REDWOOD ASSOCIATION. **Redwood forests certified for sustainable harvests**. Technical Data Sheet Redwood, 19:1-2. 2002.

CASTRO, W. H. **Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) e do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por estaquia**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa-MG, 62p, 2011.

CHUNG, D. Y.; LEE, K. J. Effects of clones, ortet age, crown position and rooting substance upon the rooting of cuttings of Japanese larch (*Larix leptolepis* S. et Z. Gordon). **Forestry Genetics Research Institute**, v.83, n.2, p.205-210, 1994.

CLIMATE. **Clima: Arabutã - SC**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/313251/>> Acesso em: 10 de novembro de 2017b.

CLIMATE. **Clima: Campo Belo do Sul - SC**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/313256/>> Acesso em: 15 de novembro de 2017a.

CLIMENT, J.; DANTAS, A. K.; ALIA, R.; MAJADA, J. Clonal variation for shoot ontogenetic heteroblasty in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). **Trees**, n. 27, p. 1813–1819. 2013.

COLLIER, R. L.; TURNBLOM, E. C. Epicormic branching on pruned coastal Douglas fir. **Western Journal of Applied Forestry**, v. 16, n.2, p. 80–86. 2001.

COPEL, D. L.; MANDEL, N. L. Effects of IBA and NAA treatments on rooting Douglas-fir stem cuttings. **New Forests**, v. 20, n. 4, p. 249–257, 2000.

CORRÊA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v.29, p.315-324, 2004.

COSTA, C. T.; ALMEIDA, M. R.; RUEDELL, C. M.; SCHWAMBACH, J.; MARASCHIN, F. D. S.; FETT-NETO, A. G. When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. **Frontiers in Plant Science**, v.4, p.1-19, 2013.

COUVILLON, G. A. Rooting responses to different treatments. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 227, p. 187-196, 1998.

COWN, D. J.; MCKINLEY, R. B. **Are we ready for redwoods?** Wood Processing Newsletter, Issue 42. Rotorua, New Zealand: Scion. 2008.

COWN, D. Redwood in New Zealand - an end-user perspective. **NZ Journal of Forestry**, v. 52, n. 4, p. 35–41, 2008.

COWN, D.; MCKINLEY, R. B. Wood properties of 38-year-old redwood from Mangatu forest. **NZ Journal of Forestry**, v. 54, n. 2, p. 25–32, 2009.

CUNHA ACMCM et al. 2009. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, 33: 195-203.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.607-615, 2009.

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.

DALLIMORE, W. Redwood, *Sequoia sempervirens*. **Quarterly Journal of Forestry**, v. 25, n.3, p. 242-243, 1931.

DANTAS, A. K., MAJADA, J.; DANTAS, F. K.; DELATORRE, C.; GRANDA, V.; LALLEJO, P.; FEITO, I. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Castanea sativa* Mill. **Revista Árvore**, v.40, n.3, p.465-475, 2016.

DAS, P.; BASAK, U. C.; DAS, A. B. Metabolic changes during rooting in pre-girdled stem cuttings and air-layers of *Heritiera*. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v. 38, n. 2, p. 91-95. 1997.

DE KLERK, G. J.; KRIEKEN, W. V. D.; JONG, J. C. The formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. **In Vitro Cell Development Biology-Plant**, n. 35, 189-199. 1999.

DEAL, R. L., BARBOUR, R. J.; MCCLELLAN, M. H.; PARRY, D. L. Development of epicormic sprouts in Sitka spruce following thinning and pruning in south-east Alaska. **Forestry**, v. 76, n.4, p. 401-412. 2003.

DEAN, M. Coast redwood silviculture in New Zealand. **New Zealand Tree Grower**, 2007.

DEL TREDICCI, P. Redwood burls: immortahty underground. **Arnoldia**, v. 59, n. 3, p. 14-22, 1999.

DEL TREDICI, P. Lignotubers in *Sequoia sempervirens*: Development and ecological significance. **Madroño**, v. 45, n. 3, n. 8 -14. 1998.

DENLAY, T. Personal communication. Azusa (CA): Monrovia Nursery. **Plant Propagation Coach**. 2007.

DIAS, P. C., XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; PAIVA, H. N.; CORREIA, A. C. G. 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.

DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; CORREIA, A. C. G.; BARBOSA, G. A. Tipo de miniestaca e de substrato na propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 909-919, 2015.

DIEL, J.; FIZZO, S. Estudos de caracterização da *Sequoia sempervirens* para produção de celulose Kraft. In: 35º CONGRESSO E EXPOSIÇÃO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL. 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2002, p. 55 - 74.

DONNET, A. L. ***Sequoia sempervirens*: programme de recherche et de développement mené en France par l'AFOCEL**. Mém 3 e année, École Nationale des Ingénieurs des Travaux des Eaux et Forêts et AFOCEL, région Nord-Ouest, 104 p. 1984.

DOUHOVNIKOFF V et al. 2004. Incidence, size and spatial structure of clones in second-growth stands of coast redwood, *Sequoia sempervirens* (Cupressaceae). *American Journal of Botany*, 91: 1140–1146.

DUTRA, L. F.; KERSTEN. E.; FACHINELLO, J. F. Época de coleta, ácido indolbutírico e triptofano no enraizamento de estacas de pessegueiro. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 327-333, 2002.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: CNPS, 412p. 1999.

ENGEL, M. L.; HIGA, A. R.; ALCANTARA, G. B.; FLORES JUNIOR, P. C.; SOARES, I. D. Enraizamento de miniestacas de diferentes clones de *Acacia mearnsii* De Wildeman com aplicação de AIB. **Revista Espacios**, v. 38, n. 23. 2017.

ESMAEILNIA, M., JALALI, S.GH.A., TABARI, M., HOSSEINI, S.M. Influence of plant growth regulator IBA on vegetative propagation of *Juniperus excelsa*. **Iranian Journal of Forest and Poplar Research** v. 14, p. 221–227, 2006.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. Propagação vegetativa por estaquia. In: FACHINELLO, J. C. HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Pelotas: Embrapa Informações Tecnológicas, p.69-109, 2005.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos**. 89 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERNANDES, A. V.; BACKES, A. Produtividade primária em floresta com *Araucaria angustifolia* no Rio Grande do Sul. Iheringia, **Série Botânica**, v. 51, n. 1, 63-78, 1998.

FERREIRA, B G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; NOGUEIRA, A. C. 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.



FERREIRA, E. M.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; LEITE, H. G.; SARTORIO, R. C.; PENCHEL FILHO, R. M. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 28. p. 183-187. 2004.

FERREIRA, G.; FERRARI, T. B.; PINHO, S. Z.; SAVAZAKI, E. T. Enraizamento de estacas de atemoieira 'Gefner' tratadas com auxinas. **Revista brasileira de fruticultura**, v.30, p.1083-1088, 2008.

FERRIANI, A. P. **Estaquia de vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia* Dusén) com uso do ácido indol-butírico**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 100 f., 2006.

FERRIANI, A. P.; MAYER, J. L. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; BONA, C.; KOEHLER, H. S.; DESCHAMPS, C.; CARPANEZZI, A. A.; OLIVEIRA, M. C. Estaquia e anatomia de vassourão branco. **Scientia Agraria**, v.9, n.2, p.159-166, 2008.

FERRIANI, A., BORGES, M., ZUFFELLATO-RIBAS, K. C., CARPANEZZI, A., KOEHLER, H. S. Influência da época do ano e das diferentes formas de aplicação de ácido naftaleno acético (ANA) no enraizamento de *Mikania micrantha* Kunth. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** v. 9, 102- 107, 2007.

FETT-NETO, A. G.; FETT, J.; GOULART, L. W. V.; PASQUALI, G.; TERMIGNONI, R. R.; FERREIRA, A. G. Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v. 21, n. 7, p. 457-464. 2001.

FIGUEIRÊDO, G. R. G. et al. Propagação da gravioleira por miniestaquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 860-865, 2013.

FIGUEIREDO, S.L.B.; KERSTEN, E.; SCHUCH, M.W. Efeito do estiolamento parcial e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de ramos de goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana*, Berg). **Scientia Agricola**, v. 52, n. 1, p. 167-171, 1995.

FORD, Y. Y.; BONHAM, E. C.; CAMERON, R. W. F.; BLAKE, P. S.; JUDD, H. L.; HARRISON-MURRAY, R. S. Adventitious rooting: examining the role of auxin in an easy-and a difficult-to-root plant. **Plant Growth Regulation**, n. 36, p. 149 - 159. 2002.

FORMENTO, S.; SCHORN, L. A.; RAMOS, R. A. B. Dinâmica estrutural arbórea de uma Floresta Ombrófila Mista em Campo Belo do Sul, SC. **Cerne**, v. 10, n. 2, p. 196-212, 2004.

FRAGOSO, R. O.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; MACANHÃO, G.; STUEPP, C. A.; KOEHLER, H. S. Propagação vegetativa de *Juniperus chinensis*. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 3, p. 307-316, 2015.

FRITZ, E. **Silviculture of coast redwoods**. Timber 2:10, 46, 53, 59, 60, illus. (Published by Students of University of California, School of Forestry). 1958.

GALE, A. W. *Sequoia sempervirens*; its establishment and uses in Great Britain. **Quarterly Journal of Forestry**, v. 56, n. 2, p. 126-137, 1962.

GARRIDO, G.; GUERRERO J. R.; CANO, E. A.; ACOSTA, M.; SÁNCHEZ-BRAVO, J. Origin and basipetal transport of the IAA responsible for rooting of carnation cuttings. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 114, n. 2, p. 303–312, 2002.

GEHLOT, A.; GUPTA, R. K.; TRIPATHI, A.; ARYA I. D.; ARYA, S. Vegetative propagation of *Azadirachta indica*: effect of auxin and rooting media on adventitious root induction in mini-cuttings. **Advance in Forestry Science**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2014.

GIL-ALBERT F., E. BOIX, Effect of treatment with IBA on rooting of ornamental conifers. **Acta Horticulture**, n. 79, p. 63-77. 1978.

GOLDFARB, B.; HACKETT, W. P.; FURNIER, G. R.; MOHN, C. A.; PLIETZSCH, A. Adventitious root initiation in hypocotyl and epicotyl cuttings of eastern white pine (*Pinus strobus*) seedlings. **Physiologia Plant**, v. 102, n.4, p. 513–522. 1998.

GOLDFARD, B. **Propagación de pinos por enraizamiento de estacas**. **Boletín de noticias camcore para México y Centroamérica**. Universidad Estatal de Carolina del Norte. Raleigh, Carolina del Norte, EUA. v. 1, n. 3, p. 6. 2007.

GOMES, A. L. **Propagação clonal: princípios e particularidades**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Série Didáctica, Ciências Aplicadas, 1), 69 p., 1987.

GONTIJO, T. C. A.; RAMOS, J. D.; MENDONÇA, V.; PIO, R.; NETO, S. E. A.; CORRÊA, F. L. O. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de aceroleira utilizando ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 25, p. 290 - 292. 2003.

GOULART PB & XAVIER A. 2008. Efeito do tempo de armazenamento de miniestacas no enraizamento de clones de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla*. **Revista Árvore**, 32: 671-677.

GOULART, P. B.; XAVIER, A.; CARDOSO, N. Z. Efeito dos reguladores de crescimento AIB e ANA no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 32, n. 6, p. 1051-1058, 2008.

GOULART, P. B.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Efeito de antioxidantes no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.6, p.961-972, 2010.

GOULART, P. B.; XAVIER, A.; IAREMA, L.; OTONI, W. C. Morfoanatomia da rizogênese adventícia em miniestacas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 521-532, 2014.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. Micropropagação. In: TORRES, C.A.; CALDAS, L.S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília. ABCTP/EMBRAPA-CNPH, p.99-169, 1990.

GRIFFIN, J. J.; BLAZICH, F. A.; RANNEY, T. G. Propagation of Thuja x 'Green Giant' by stem cuttings: effects of growth stage, type of cutting, and IBA treatment. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 16, n. 4, p. 212-214, 1998.

GROSSNICKLE, S. C.; CYR, D.; POLONENKO, D. R. Somatic embryogenesis tissue culture for the propagation of conifer seedlings: a technology comes of age. **Tree planters' notes**, v. 47, n. 2, p. 48-57, 1996.

HACKETT, W. P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press (Advances in Plant Sciences Series, 2), p. 11-28, 1987.

HARE, R. C. Effect of shoot girdling and season on rooting of slash pine cuttings. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 8, n. 1, p. 14-16, 1978.

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

HERNÁNDES, W.; XAVIER, A.; PAIVA, A. N de. Propagação vegetativa de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (MART.) MACBR.) por estaquia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 813 - 823, 2012.

HERNANDEZ, W.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N.; WENDLING, I. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 955-967, 2013.

HOFFMANN, A. **El árbol urbano en Chile**. Chile. Fundación Claudio Gay. 125 p. 1983.

HOUSE, S.; DIETERS, M.; JOHNSON, M.; HAINES, R. Inhibition of orthotropic replacement shoots with auxin treatment on decapitated hoop pine, *Araucaria cunninghamii*, for seed orchard management. **New Forests**, v.16, p.221-230, 1998.

HOWARD, B. H. Relations between shoot growth and rooting of cuttings in three contrasting species of ornamental shrub. **Journal of Horticulture Science**, v.71, p.591-605, 1996.

HUNT, M. A.; TRUEMAN, S. J.; RASMUSSEN, A. Indole-3-butyric acid accelerates adventitious root formation and impedes shoot growth of *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* cuttings. **New Forest**, v.41, p.349-360, 2011.

HUSEN, A. Clonal propagation of *Dalbergia sissoo* Roxb. and associated metabolic changes during adventitious root primordium development. **New Forests**, v. 36, n. 1, p. 13-27, 2008.

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

HUSSAIN, I.; NABI, G.; REHMAN, H.; SHAH, K.; ALI, S. Effect of different environmental condition on different types of Sweet lime cuttings. **Pure and Applied Biology**, v. 5, n. 2, p. 298-302, 2016.

IBÁ. **Relatório Anual**. 2017. Disponível em: [http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf) >. Acesso em: 1 de nov. 2017.

INFOR. **Caracterización de la *Sequoia sempervirens***. Unidad de Tecnologías e Industrias de la Madera. Documento N° 221. Concepción. Chile. 28 p. 1998.

IRITANI, C.; SOARES, R. V.; GOMES, A. V. Aspectos morfológicos da aplicação de reguladores do crescimento nas estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. **Acta Biológica Paranaense**, v.15, p. 21-46, 1986.

JANICK, J. A. **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: F. Bastos. 1996.

JONES DA & O'HARA KL. 2012. Carbon density in managed coast redwood stands: Implications for forest carbon estimation. *Forestry*, 85: 99–110.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 254 p, 2000.

KANNEGIESSER, U. Apuntes sobre *Sequoia sempervirens*. Descripción de la especie. Ciencia e Investigación Forestal. División Regional. **Infor**, Concepción, Chile. vol. 4, n. 1, p. 124 -132. 1990.

KAUL, K., Variation in rooting behaviour of stem cuttings in relation to their origin in *Taxus wallichiana* Zucc., **New Forests**, v. 36, p. 217-224, 2008.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M. E.; WILLIAMS, R. R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell: seasonal influences of temperature rainfall, flowering and auxins on the stock plant. **Scientia Horticulturae**, v.102, p.343-358, 2004.

KING, A. R. M. A.; ARNOLD, D. F.; WELSH; W. T. Watson. Substrates, wounding, and growth regulator concentrations alter adventitious rooting of Baldcypress cuttings. **HortScience** n. 46, p.1387- 1393, 2011.

KNOWLES, F. B.; MILLER, J. T. Introduced forest trees in New Zealand: Recognition, role and seed source. 13. The redwoods. FRI Bulletin No. 124. **New Zealand Forest Research Institute Limited**, Rotorua. 1993.

KOCH GW et al. 2004. The limits to tree height. *Nature*, 428: 851–854.

KOMATSU, Y. H.; BATAGIN-PIOTTO, K. D.; BRONDANI, G. E.; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M. In vitro morphogenic response of leaf sheath of *Phyllostachys bambusoides*. **Journal of Forestry Research**, v. 22, n. 2, p. 209-215, 2011.

KORBAN, S. S.; SUL, I. - W. **Micropropagation of coast redwood (*Sequoia sempervirens*)** In: JAIN, S. M.; HÄGGMAN, H. Protocols for micropropagation of woody trees and fruits. Springer, Berlin; 2007.

KRAKOWSKI, J.; BENOWICZ, A.; RUSSELL, J. H.; EL-KASSABY, Y. A. Effects of serial propagation, donor age, and genotype on *Chamaecyparis nootkatensis* physiology and growth traits. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 35, n.3, p. 623–632, 2005.

KRATZ, D.; PIRES, P. P.; STUEPP, C. A.; WENDLING, I. Produção de mudas de erva-mate por miniestaquia em substratos renováveis. **Revista Floresta**, v.45, p.609-616, 2015.

KREYLING, J.; SCHMID, S.; AAS, G. Cold tolerance of tree species is related to the climate of their native ranges. **Journal of Biogeography** (J. Biogeogr.) v. 42, p. 156–166, 2015.

KUNNEMAN, B. P. A. M.; RUESINK, J. B. Interactions between light, temperature and CO<sub>2</sub> in rooting of conifer cuttings. **Acta Horticulturae**, v. 418, n. 1, p. 97-102, 1997.

KUSER, J. E.; BAILLY, A.; FRANCLLET, A.; LIBBY, W. J. Early results of a rangewide provenance test of *Sequoia sempervirens*. [French]. **Forest Genetic Resources**, n. 23, 1996.

LENIHAN, J. Forest Assessment of little lost man creek. Humboldt Co., CA: reference-level in the hierarchical structure of old-growth coastal redwood vegetation. **Madroño**, v. 37, n. 2, 69-87. 1990.

LI, S. W.; XUE, L.; XU, S.; FENG, H.; AN, L. Mediators, genes and signaling in adventitious rooting. **The Botanical Review**, v. 75, n. 2, p. 230-247, 2009.

LIBBY, W. J. Cloning coast redwoods. **California Agriculture**, v. 36, p. 34-35, 1982.

LIBBY, W. J.; McCUTCHAN, B. G. 'Taming' the Redwood. **American forests**, p. 19-39. 1978.

LIBBY, W.J.; RAUTER, R. M. Advantages of clonal forestry. **Forestry Chronicle**, v. 60, n. 3, 145–149. 1984.

LIMA, D. M.; BIASI, L. A.; ZANETTE, F.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; BONA, C.; MAYER, J. L. S. Capacidade de enraizamento de estacas de *Maytenus muelleri* Schwacke com a aplicação de ácido indol butírico relacionada aos aspectos anatômicos. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v.13, n.4, p.422-438, 2011.

LIMA, C. C.; OHASHI, S. T. Substrato no enraizamento de estacas provenientes de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. **Enciclopédia biosfera**, v.13 n.23; p. 1271-1282. 2016.

LINHART, Y. B.; LIBBY, W. J. **Vegetative propagation of coast redwood**. Berkeley (CA): University of California, Berkeley, 10 p, 1965.

LIU, C.; YIN, X. X. Y.; HUANG, L.; ZHOU, J. Shoot regeneration and somatic embryogenesis from needles of redwood (*Sequoia sempervirens* (D. Don.) Endl.). **Plant Cell Rep.** v. 25, p. 621–628. 2006.

LORIMER, C. G.; PORTER, D. G.; MADEJ, M. G.; STUART, J. D.; VEIRS, S. D.; NORMAN, S. P.; OHARA, K. L.; LIBBY, W. J. Presettlement and modern disturbance regimes in coast redwood forests: implications for the conservation of old-growth stands. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n.7, p. 1038–1054. 2009.

LUNA, T. Vegetative Propagation Of Coastal Redwood (*Sequoia sempervirens* (Lamb. ex D. Don) Endl.). **Native Plants Journal**, v. 9, n. 1, p. 25 - 28. 2008.

LUO, J.; ZHANG, J.; WANG, Y. Changes in endogenous hormone levels and redox status during enhanced adventitious rooting by rare earth element neodymium of *Dendrobium densiflorum* shoot cuttings. **The Journal of Rare Earths**, v.26, p.869-874, 2008.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; GOMES, J. E.; OLIVEIRA, T. K. Dinâmica de estabelecimento de *Tectona grandis* L.f. (Teca) introduzida em cafezal na região de Lavras – Minas Gerais. **Brasil Florestal**, n. 73, p. 31-38, 2002.

MAJADA, J.; MARTÍNEZ-ALONSO, C.; FEITO, I.; KIDELMAN, A.; ARANDA, I.; ALIA, R. Mini-cuttings: an effective technique for the propagation of *Pinus pinaster* Ait. **New Forests**, n. 41, p. 399-412, 2011.

MANKESSI, F.; SAYA, A.; BAPTISTE, C.; NOURISSIERMOUNTOU, S.; MONTEUUIS, O. *In vitro* rooting of genetically related *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* clones in relation to the time spent in culture. **Trees**, v.23, n.5, p.931-940. 2009.

MANTOVANI, N. C.; GRANDO, M. F.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Resgate vegetativo por alporquia de genótipos adultos de urucum (*Bixa orellana* L.). **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 403-410, 2010.

MANTOVANI, N.; ROVEDA, M.; TRES, L.; FORTES, F. O.; GRANDO, M. F. Cultivo de canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. **Revista Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 225-236, 2017.



MARANGON, M. A.; BIASI, L. A. Estaquia de mirtilo nas estações do ano com ácido indolbutírico e aquecimento do substrato. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48, n.1, p.25-32, 2013.

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das Gimnospermas**, Ed. da UFSM, 1996.

MAURIAT, M.; PETTERLE, A.; BELLINI, C.; MORITZ, T. Gibberellins inhibit adventitious rooting in hybrid aspen and Arabidopsis by affecting auxin transport. **The Plant Journal**, v.78, n.3, p.372-384, 2014.

MCGRANAHAN, M. F.; BORRALHO, N. M. G.; GREAVES, B. L. Genetic control of propagation effects and the importance of stock plant age and source on early growth in cuttings of *Pinus radiata*. **Silvae Genetica**, v. 48, n, 6, p. 267–272, 1999.

MCMAHON, T. V.; HUNG, C. D.; TRUEMAN, S. J. Clonal maturation of *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* is delayed by minimal-growth storage. **Australian Forestry**. n. 77, p. 9–14. 2014.

MEASON, D. F.; KENNEDY, S. G.; DUNGEY, H. S. Two New Zealand-based common garden experiments of the range-wide ‘Kuser’ clonal collection of *Sequoia sempervirens* reveal patterns of provenance variation in growth and wood properties. **New Forests**, v. 47, n. 4, p. 638-651, 2016.

MEIER, A. R.; SAUNDERS, M. R.; MICHLER, C. H. Epicormic buds in trees: a review of bud establishment, development and dormancy release. **Tree Physiology**, n. 32, p. 565–584. 2012.

MELO, L. A. **Armazenamento, aplicação de antioxidante e otimização do tempo em casa de vegetação de no enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus grandis***. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

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

METCALF, W. Artificial reproduction of redwood (*Sequoia sempervirens*). **Journal of Forestry**, v. 22, n. 8, p. 873-893. 1924.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa SDA N° 17: Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo.** Diário Oficial da União - Seção 1, n° 99, Brasília, 2007.

MOKOTEDI, M. E. O.; WATT, P.; PAMMENTER, N. W.; BLAKEWAY, F. C. *In vitro* rooting and subsequent survival of two clones of cold-tolerant *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus nitens* Hybrid. **Hortscience**, v.35, n.6, p.1163-1165, 2000.

MONTENEGRO, G., GINOCCHIO, R., SEGURA, A., KELLY, J., GÓMEZ, M. Fire regimes and vegetation responses in two mediterranean-climate regions. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 77, n. 3, p. 455 – 464. 2004.

MORAES, D. G. **Enraizamento de miniestacas caulinares e foliares de cedro australiano e brotação de minicepas.** Trabalho Monográfico – Agronomia - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 20p. 2008.

MORE, V. N.; KHALATKAR, A. S. Effect of gibberellic acid, kinetin and indolbutyric acid on propagation in *Diffenbachia pict.* **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 226, p. 473-478, 1988.

MUÑOZ-GUTIÉRREZ, L.; VARGAS-HERNÁNDEZ, J.; LÓPEZ-UPTON, J.; SOTO-HERNÁNDEZ, M. Effect of cutting age and substrate temperature on rooting of *Taxus globosa*. **New Forests**, v. 38, p. 187–196, 2009.

MURILLO, O.; ROJAS, J. L.; BADILLA, Y. **Reforestación Clonal.** Cartago, Costa Rica, Taller de Publicaciones, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal. 36 p. 2003.

NAGASH, L. Successful vegetative propagation techniques for the threatened African pencil cedar (*Juniperus procera* Hochst. Ex Endl.). **Forest Ecology and Management**, n. 161, p. 53-64, 2002.

NAVROSKI, M. C.; PEREIRA, M. O.; HESS, A. F.; SILVESTRE, R.; ÂNGELO, A. C.; FAZZINI, A. J.; ALVARENGA, A. A. Resgate e propagação vegetativa de *Sequoia sempervirens*. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 383 – 392, 2015.

NAVROSKI, M. C.; REINIGER, L. R. S. R.; PEREIRA, M. O.; CURTI, A. R.; PAIM, A. F. Alongamento *in vitro* de genótipos de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 545-550. 2013.

NEGASH, L. Vegetative propagation of the threatened East African yellowwood (*Podocarpus falcatus*). **South African Journal of Botany**, v. 69, n. 2, p. 170–175, 2003.

NICHOLAS, I.; WATT, M. S. The three potentially most useful exotic forest species for south eastern North Island marginal hill country. **New Zealand Journal Forest**, v. 56, n.1, p. 15–19, 2011.

NORBERTO PM et al. 2001. Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, 25: 533-541.

NOUR, M. E.; ELGIMABI, E. Improvement of propagation by hardwood cuttings with or without using plastic tunnel in (*Hamelia patens*). **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 5, p. 522-524, 2009.

O'HARA, K. L.; YORK, R. A.; HEALD, R. C. Effect of pruning severity and timing of treatment on epicormic sprout development in giant sequoia. **Forestry**, v. 81, p. 103–110. 2008.

O'HARA, K. L.; BERRILL, J. P. Epicormic sprout development in pruned coast redwood: pruning severity, genotype, and sprouting characteristics. **Annals of Forest Science**, v. 66, p. 409 – 417, 2009.

OLIVEIRA, A. F.; NETO, J. V.; ALVARENGA; A. A.; MESQUITA, H. A.; GONÇALVES, E. D. **Propagação da oliveira por enraizamento de estacas semilenhosas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2008. 48p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 90).

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, L. S.; XAVIER, A.; DIAS, P. C.; CORREIA, A. C. G.; BORGES, S. R.; TAKAHASHI, E. K.; PAIVA, H. N. de. Enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 507 - 516, 2012.

OLIVEIRA, M. L.; XAVIER, A.; SANTOS, A. P.; ANDRADE, H. B. Efeito da estaquia, miniestaquia e micropropagação no desempenho silvicultural de clones híbridos de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 503-512, 2006.

OLIVEIRA, T. P. F., BARROSO, D. G., LAMÔNICA, K. R., CARVALHO, V. S., OLIVEIRA, M. A. Efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de

ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 1043-1051, 2015.

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.

OLIVEIRA, Y.; ALCANTARA, G. B.; GUEDES, I.; PINTO, F.; QUOIRIN, M.; BIASI, L. A. Substratos, concentrações de ácido indolbutírico e tipos de miniestacas no enraizamento de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n.4, p.611-616, 2012.

OLIVER WW et al. 1994. Young growth redwood stands respond well to various thinning intensities. *Western Journal of Applied Forestry*, 9: 106–112.

OLSON, D. F.; ROY, D. F. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Ende. Redwood. In **Silvics of Forest Trees of the United States**. USDA, Agric. Handbook N° 271. 40 p., 1989.

OLSON, D. F.; ROY, D. F.; WALTERS, G. A. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. redwoods. In BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. [eds.], **Silvics of North America**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook. p. 541 - 551. 1990.

OSTERC, G. A. change in perspective: stock plant qualities that influence adventitious root formation of woody species. In: NIEMI, K.; SCAGEL, C. **Adventitious root formation of forest trees and horticultural plants – from genes to applications**. Kerala: Research Signpost; p. 175–85. 2009.

OSTERC, G.; ŠTAMPAR, F. Differences in endo/exogenous auxin profile in cuttings of different physiological ages. **Journal of plant physiology**, v. 168, n.17, 2088–2092, 2011.

OSTERC, G.; ŠTAMPAR, F. Juvenile stockplant material enhances root development through

OUYANG, F.; WANG, L.; LI, Y. Effects of cutting size and exogenous hormone treatment on rooting of shoot cuttings in Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]. **New Forests**, n. 46, p. 91–105, 2015.

PALMER, D. J.; WATT, M. S.; KIMBERLEY, M. O.; DUNGEY, H. S. Predicting the spatial distribution of *Sequoia sempervirens* productivity in New Zealand. **New Zealand Forest Research Institute Limited**. n 42, p. 81–89, 2012.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V. P.; MASSIGNAN, A. M.; PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, CR-Rom, 2002.

PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D.; VALE, M. R.; SILVA, C. R. **Fruticultura Comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE. 2001.

PEREZ, V. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de las Maderas que crecen en Chile. INFOR. **Documento de trabajo** N° 47. 451 p. 1983.

PERISSATO, S. M.; MARCELINO, W. L.; ACCO, L. F.; CABRAL, A. C.; PINTO, L. P.; FRIGO, J. P. Efeito das geadas em culturas energéticas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 2, n. 4, p. 49-58, 2013.

PESCADOR, R.; VOLTONI, A. C.; GIRARDI, C. G.; ROSA, F. A. F. da. Estaquia de Pariparoba do Rio Grande do Sul sob efeito do ácido indol-butírico em dois substratos. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 4, p. 391-398, 2007.

PIJUT, P. M.; WOWSTE, K. E.; MICHLER, C. H. Promotion of adventitious root formation of difficult to root hardwood tree species. **Horticultural Reviews**, v. 38, p. 213–251. 2011.

PIMENTEL, N.; BISOGNIN, D. A.; KIELSE, P., LENCINA, K. H.; MELLO, U. S. Shoot segment and substrate composition in rooting of juvenile ipe-roxo mini-cuttings. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6 p. 996-1002, 2016.

PIO, R. et al. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de oliveira (*Olea europaea* L.) utilizando ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 562-567, 2005.

PIPATTANAWONG, N., TIWONG, S.; THONGYEAN, B.; DARAK, R.; THAMIN P.; TECHA, W. Improvement of propagation by hardwood cuttings with and without using plastic pavilions in fig (*Ficus carica* L). **Natural Science**, v. 42, p. 207-214. 2008.

PIRES, P. P.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. Ácido indolbutírico e ortotropismo na miniestaquia de *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v. 37: p. 393-399, 2013.

POISSONNIER, M.; FRANCLLET, A.; DUMANT, M. J.; GAUTRY, Y. Enracinement de tigelles *in vitro* de *Sequoia sempervirens*. **Annals of Silvicultural Research**, p. 231-254, 1981.

POP, T. I., PAMFIL, D., BELLINI, C. Auxin Control in the Formation of Adventitious Roots. *Notulae Botanicae. Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, v. 39, n. 307-316, 2011.

PRAT, L.; BOTTI, C.; PALZKILL D. Rooting of jojoba cuttings: the effect of clone, substrate composition and temperature. *Industrial Crops and Products*, v. 9, p. 47–52, 1998.

RADOSTA, P.; PAQUES, L. E.; VERGER, M. Estimation of genetic and non-genetic parameters for rooting traits in hybrid larch. *Silvae Genetica*, v. 43, p. 108-114, 1994.

RAGONEZI, K.; KLIMASZEWSKA, K.; CASTRO, M. R.; LIMA, M.; OLIVEIRA, P.; ZAVATTIERI, M. A. Adventitious rooting of conifers: influence of physical and chemical factors. *Trees*, 24, p. 975-992, 2010.

RAMÍREZ, J. *Sequoia sempervirens*: para tomar en cuenta. *Chile Forestal*, v. 290, p. 27- 29, 2002.

RAMOS JD et al. 2003. Enraizamento de estacas apicais de figueira tratadas com sacarose e ácido indolbutírico por imersão rápida. *Revista Brasileira Agrocência*, 9: 35-38.

RAMOS-VILCHES, M. A. R. **Propagación vegetativa de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. através de estacas.** Universidad Austral de Chile – Trabalho de conclusão de curso. 98 pg. 2004.

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

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*, Lavras, v. 24, n. 4, p. 931 - 938, 2000.

RESENDE, M. D. V. de. **Selegen-Reml/Blup: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos.** Embrapa Florestas, 2007, 359p.

REZENDE, O. P., PIMENTEL, L. D., ALVES, T. L., MORGADO, M. A. D.; NEVES L. G.; BRUCKNER, C. H. Estaquia de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) em miniestufas constituídas de garrafas de poliestireno, avaliando-se cinco substratos. *Revista Ceres*, v. 52, n. 300, p. 267-273, 2005.

RICCI, A.; ROLLI, E.; DRAMIS, L.; DIAZ-SALA, C. N. N'-bis-(2, 3-Methylenedioxyphenyl) urea and N, N'-bis (3, 4-Methylenedioxyphenyl) urea enhance adventitious rooting in *Pinus radiata* and affect expression of genes induced during adventitious rooting in the presence of exogenous auxin. **Plant Science**, v. 175, p. 356–363. 2008.

RICKEN, P.; HESS, A. F.; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M. Crescimento e incremento de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl., São Joaquim, SC. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4., 2012, Curitiba. **Anais**. [Curitiba]: Malinovski Florestal, 2012.

RIOS, S. E. M. C.; PEREIRA, L. S.; SANTOS, T. C.; SOUZA, V. G. R. Concentrações de ácido indol-3-butírico, comprimento e época de coleta de estacas na propagação de umbuzeiro. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 52-57, 2012.

ROCHA, S.; QUISEN, R. C.; QUEIROZ, J. A. L.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Propagação vegetativa de espiroleira pela técnica da estaquia. **Scientia Agraria**, v.5, p.73-77, 2004.

RODRÍGUEZ, R. G. Las especies de Taxodiaceae cultivadas en Chile. **Bosque**, v. 5, n. 1, p. 035-046. 1983.

ROGERS DL. 1994. Spatial patterns of allozyme variation and clonal structure in coast redwoods (*Sequoia sempervirens*). Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley, California, USA,

ROGERS, D. L. Genotypic diversity and clones size in oldgrowth populations of coast redwood (*Sequoia sempervirens*). **Canadian Journal of Botany**, v. 78, n. 11, p. 1408–1419, 2000.

ROSIER, C. L.; FRAMPTON, J.; GOLDFARB, B.; WISE, F. C.; BLAZICH, F. A. Growth stage, auxin type, and concentration influence rooting of Virginia pine stem cuttings. **HortScience**, v. 39, n. 6, p. 1392–1396, 2004.

ROUT, G. R. Effect of auxins on adventitious root development from single node cuttings of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze and associated biochemical changes. **Plant Growth Regulation**, n. 48, p. 111-117. 2006.

ROWE, D. B.; BLAZICH, F. A.; RAPER, C. D. Nitrogen nutrition of hedged stock plants of Loblolly Pine. I. Tissue nitrogen concentrations and carbohydrate status. **New Forest**, v. 24, n. 1, p. 39–51, 2002.



ROY, D, F. **Silvical characteristics of redwood (*Sequoia sempervirens* [D. Don] Endl.)**. USDA Forest Service, Research Paper PSW-28. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Berkeley, CA. 20 p. 1966.

RYDELIUS JA & LIBBY WL. 1993. Arguments for redwood clonal forestry. In AHUJA MR & LIBBY WJ. Clonal forestry II: conservation and application. Berlin: Springer, pp. 158–168.

SAKAI, A; LARCHER, W. **Frost survival of plants: responses and adaptation to freezing stress**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 321p.

SALVADOR, T. L. **Caracterização morfológica de genótipos e formação de raízes em estacas caulinares de pinheira (*Annona squamosa* L.)**. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo – Alagoas, 2011.

SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, D. M.; ROVEDA, L. F. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.97-104, 2008.

SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; MORANDI, D.; DOMINGOS, D. M. Sobrevivência, crescimento e produtividade de plantas de erva-mate produzidas por miniestacas juvenis e por sementes. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 571-579, 2015.

SCALOPPI JUNIOR, E. J. **Propagação de espécies de Annonaceae com estacas caulinares**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Jaboticabal – Universidade Estadual Paulista – UNESP, 98p, 2007.

SCARPARE FILHO, J. A. **Enraizamento de estacas herbáceas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch), sob efeito de reguladores de crescimento, em sistema de nebulização intermitente**. Piracicaba: ESALQ, 50p., 1990.

SCHEFFER, T. C., COWLING, E. B. Natural resistance of wood to microbial deterioration. **Annual Review of Phytopathology**, v. 4, p. 147-170, 1966.

SCHMITZ, J. A. K., SOUZA, P. V. D., KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, 32: 937-944, 2002.

SCHUCH, M. W.; DAMIANI, C. R.; SILVA, L. C.; ERIG, A. C. Micropropagação como técnica de rejuvenescimento em mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) cultivar clímax. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n.3, p. 814-820, 2008.

SCHWAMBACH, J.; RUEDELL, C. M.; ALMEIDA, M. R.; PENCHEL, R. M.; ARAÚJO, E. F.; FETT NETO, A. Adventitious rooting of *Eucalyptus globulus* × *maidennii* mini-cuttings derived from mini-stumps grown in sand bed and intermittent flooding trays: a comparative study. **New Forests**, v. 36, n. 3, p. 261–271, 2008.

SERRA, M. T. **Dendrología de coníferas y otras gimnospermas**. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Apuntes Docentes N° 2. 264 p. 1987.

SHEPHERD, M.; MELLICK, R.; TOON, P.; DALE, G.; DIETERS, M. Genetic control of adventitious rooting on stem cuttings in two *Pinus elliottii* × *P. caribaea* hybrid families. **Annals of Forest Science**, n.62, p. 403–412, 2005.

SILVA, H. N.; HALL, A. J.; TUSTIN, D. S.; GANDAR, P. W. Analysis of distribution of root length density of apple trees on different dwarfing rootstocks. **Annals of Botany**, v. 83, n. 4, p. 335-345, 1999.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.297-302, 2012.

SILVA, R. L.; OLIVEIRA, M. L.; MONTE, M. A.; XAVIER, A. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia. **Agronomía Costarricense**, San José, v. 34, n. 1, p. 99-104, 2010.

SILVA; L. F. O.; OLIVEIRA, A. F.; PIO, R.; ZAMBON, C. R.; OLIVEIRA, D. L. Enraizamento de estacas semilenhosas de cultivares de oliveira. **Bragantia**, v.71, n. 4, p. 488-492, 2012.

SINGH, S.; ANSARI, S. A. Callus formation impedes adventitious rhizogenesis in air layers of broadleaved tree species. **Annals of Forest Research**, v. 57, n. 1, p. 47-54, 2014.

SMIDERLE, O. S.; MINAMI, K. Emergência e vigor de plântulas de goiabeira em diferentes substratos. **Revista Científica Rural**, v. 6, n. 1, p. 38-45, 2001.

SOUSA, C. M.; BUSQUET, R. N.; VASCONCELLOS, M. A. S.; MIRANDA, R. M. Effects of auxin and misting on the rooting of herbaceous and hardwood cuttings from the fig tree. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 334-338, 2013.

SOUZA JÚNIOR, L. et al. Miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. a partir de propágulos juvenis. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 455-460, 2008.

SOUZA, C. C.; XAVIER, A.; LEITE, F. P.; SANTANA, R. C.; LEITE, H. G. Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* Hill X *E. urophylla* S. T. Black. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, 2013.

SOUZA, P. V. D., CARNIEL, E., FOCESATO, M. L. Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas de maracujazeiro azedo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 28: 276-279, 2006.

SPICHINGER, O. A. **Aprovechamiento en el aserrado de sequoia (*Sequoia sempervirens* (D. DON) Endl.) y clasificación de la madeira obtenida**. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ingeniería de La Madeira) – Universidad de Chile, Santiago, 2004.

STEWART, J. L.; NEMHAUSER, J. L. Do trees grow on money? Auxin as the currency of the cellular economy. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, Bethesda, n. 2, p. 2 - 14. 2010.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; GIASSON, E. & PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 107p.

STUART, J. Redwoods and green spaces – focussing on common goals can keep both in the landscape. **California Forests**, v. 11, p. 8-9, 2007.

STUEPP, C. A.; PEREIRA, G. P.; ZEM, L. M.; PEÑA, M. L.; BUENO, P. M. C.; SPADER, V.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; ROSA, G. M. Enraizamento de melaleuca: influência da altura de coleta das estacas e aplicação de AIB. **Colloquium Agrariae**, v.9, p.01-09, 2013.

STUEPP, C. A.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Quality of clonal plants of *Piptocarpha angustifolia* in different renewable substrates and seasons of the year. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.11, p.1821-1829, 2016.

STUEPP, C. A.; WENDLING, I.; TRUEMAN, S. J.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. The Use of Auxin Quantification for Understanding Clonal Tree Propagation. **Forests**, n. 8, v. 27, p. 1-15. 2017.

STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; WENDLING, I. Rooting mini-cuttings of *Paulownia fortunei* var. *mikado* derived from clonal mini-garden. **Revista Árvore**, v. 39, n. 3, p. 497-504, 2015.

STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; BONA, C. Vegetative propagation of mature dragon trees through epicormic shoots. **Revista Bosque**, v.35, n.3, p.333-341, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4a ed. Porto Alegre: Artmed, 848 p., 2009.

TEHRANIFAR, A.; TABAR, S. M.; SELAHVARZI, Y.; BALANDARY, A.; KHARRAZI, M. Biochemical changes in barberries during adventitious root formation: the role of indole-3-butyric acid and hydrogen peroxide. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.12, n. 2, p. 477-485, 2014.

THOMAS, P.; LEE, M. M.; SCHIEFELBEIN, J. Molecular identification of proline-rich protein genes induced during root formation in grape (*Vitis vinifera* L.) stem cuttings. **Plant Cell and Environment**, Malden, n. 26, p. 1497 - 1504. 2003.

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C.; REIS, G. G. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2003.

TONIETTO, A. et al. Influência do ácido indolbutírico e ethephon no enraizamento de estacas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, 9.567-569, 1997.

TORAL M, GONZÁLEZ LY, GARFIAS R. **Secuoya: nueva opción, productos y mercados para el sur de Chile**. Universidad de Chile: 2003. p. 201.

TOSTA, M. S.; OLIVEIRA, C. V. F.; FREITAS, R. M. O.; PORTO, V. C. N.; NOGUEIRA, N. W.; TOSTA, P. A. F. Ácido indolbutírico na propagação vegetativa de cajaraneira (*Spondias sp.*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2727-2740, 2012. Suplemento 1.

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

UBERTI, A, A, A. **Santa Catarina: Proposta de Divisão Territorial em Regiões Edafoambientais Homogêneas**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 185 f., 2005.

UNDURRAGA, M. **Maquinado y algunas propiedades físico mecánicas de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. creciendo en Chile**. Tesis Ingeniería Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 85 pp. 1995.

USDA – United States Department of Agriculture. **Wood Handbook: Centennial edition, Wood as an Engineering Material**. Reprinted from Forest Products Laboratory General Technical Report FPL-GTR-190, 509 p, 2010.

USDA – United States Department of Agriculture. **Wood Handbook: Wood as an Engineering Material**. Reprinted from Forest Products Laboratory General Technical Report FPL-GTR-113 486 p, 1999.

VALMORBIDA, J.; BOARO, C. S. F.; LESSA, A. O.; SALERNO, A. R. Enraizamento de estacas de *Trichilia catigua* A. Juss (catigua) em diferentes estações do ano. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 435-442, 2008.

VAN PELT R et al. 2016. Emergent crowns and light-use complementarity lead to global maximum biomass and leaf area in *Sequoia sempervirens* forests. *Forest Ecology Management*, 375: 279–308.

VERDONCK, O., VLEESCHAUMER, D., DE BOODT, M. The influence of the substrate to plant growth. **Acta Horticulturae**, v.150, p.467-473, 1981.

VIEIRA NETO, J., OLIVEIRA, A.F., GONÇALVES, E.D., MESQUITA, H.A., SILVA, L.F.O., OLIVEIRA, N.C., PIO, R., SILVA, D.F. Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira em estufa baixa: alternativa para o pequeno produtor. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010 (**Circular Técnica 78**).

VILCHES, M. A. R. **Propagación vegetativa de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. a través de estacas**. **Universidad do Chile** – Trabalho de conclusão de curso. 98 pg. 2004.

VILLANUEVA, J. **Durabilidad natural de la madera de *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl.), frente al ataque de hongos xilófagos.** Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 1-7 p. 1995.

VITA, A. **Los tratamientos silviculturales.** Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 149 p. 1996.

WANG, Q.; ANDERSEN, A. S. Propagation of *Hibiscus rosasinensis*: relations between stock plant cultivar age, environment and growth regulator treatments. **Acta Horticulturae**, n. 251, p. 289-309, 1989.

WEAVER, R.J. **Reguladores del crecimiento en la agricultura.** 2.ed. Barcelona: Trillas, 540p., 1982.

WEDLING, I.; GATTO, A.; PAIVA, H. N. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

WENDLING I. 2004. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): Estado da arte e tendências futuras. Colombo: Embrapa Florestas. 46p. (Documentos 91).  
WENDLING, I. **Propagação vegetativa.** Colombo: Embrapa Florestas, 2003.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Vegetative rescue and propagation of *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v.39, n.1, p.93-104, 2015.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; BIASSIO, A.; DUTRA, L. F. Vegetative propagation of adult *Ilex paraguariensis* trees through epicormic shoots. **Acta Scientiarum**, v.35, n.1, p.117-125, 2013.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F.; HANSEL, F. A. Mini-cuttings technique: a new *ex vitro* method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, v. 39, n. 3, p. 343–353, 2010.

WENDLING, I.; FERRARI, M.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Bentham) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis.** Colombo: Embrapa Florestas, 5 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 130), 2005.

WENDLING, I.; GATTO, A.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, v. 2. 145 p, 2002.

WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Rooting of *Araucaria angustifolia*: types of cuttings and stock plants sex. **Revista Árvore**, v.40, n.6, p.1013-1021, 2016.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry, part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v.1, p.1-14, 2014.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência da miniestaquia seriada no vigor radicular de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 681–689, 2005.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 921-930, 2005.

WIGMORE, B. G.; WOODS, J. H. **Cultural procedures for propagation of rooted cuttings of Sitka spruce, western hemlock, and Douglas-fir in British Columbia**. Working Paper - Ministry of Forests Research Program, British Columbia, n.46, 2000. 30 p.

WILCOX, W.W., PIIRTO, D.D. Decay resistance in redwood (*Sequoia sempervirens*) as related to color and extractives. **Wood and Fiber**, v. 7 n. 4, p. 240-245, 1974.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal - princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 279 p., 2013.

ZHU, X. Y.; CHAI, S. J.; CHEN, L. P.; ZHANG, M. F.; YU, J. Q. Induction and origin of adventitious roots from chimeras of *Brassica juncea* and *Brassica oleracea*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 101, n. 3, p. 287-294, 2010.

ZIMMERMANN, M.; BROWN, C. L. **Trees structure and function**. New York, Spring Verlag, 336 p, 1974.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: Wiley & Sons, 505p, 1984.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba, 2001. 39p.