Propagação assexuada de *Cupressus lusitanica* e *Cryptomeria japonica*: o desafio do resgate genético de árvores adultas

Assexual propagation of *Cupressus lusitanica* and *Cryptomeria japonica*: the challenge of genetic rescuing adult trees

Mário Dobner Júnior¹, Márcio Carlos Navroski²,
Lírio Luiz Dal Vesco¹ e Carlos Augusto Weise Seleme³

Resumo

Cupressus lusitanica e *Cryptomeria japonica* são espécies de interesse para o manejo florestal no planalto Sul do Brasil. Não são utilizadas comercialmente em função da falta de material genético confiável. O objetivo deste trabalho foi o resgate genético de indivíduos de *C. lusitanica* e *C. japonica* com características favoráveis à produção de madeira e o estabelecimento de protocolo de propagação vegetativa. Povoamentos das duas espécies com idades entre 12 e 28 anos foram vistoriados para a seleção de árvores matrizes. Estacas foram produzidas a partir de ramos em plena exposição solar, localizados no terço superior das árvores, com as quais diversos ensaios de enraizamento foram estabelecidos. Testou-se a posição no ramo para produção da estaca, o uso do indutor de enraizamento ácido indolil-3-butírico (AIB, 0 - 6.000 mg L⁻¹), o efeito da idade das plantas matrizes, diferentes composições de substrato e ambientes de condução dos ensaios. Observou-se que, estacas produzidas com o ápice dos ramos, independente da localização (eixo primário ou secundário), resultaram em maior percentual de enraizamento. O uso de hormônio indutor de enraizamento (AIB), nas concentrações testadas, revelou ser ineficiente à indução do enraizamento. O substrato mais apropriado para o enraizamento de *C. lusitanica* foi a mistura de vermiculita com substrato comercial de casca de pínus decomposta 1:1 (v:v). Enquanto que para *C. japonica*, tanto a areia lavada quanto a mistura de vermiculita com substrato resultaram em percentuais de enraizamento semelhantes.

Palavras-chave: Clonagem; Enraizamento; Produção de mudas.

Abstract

Cupressus lusitanica and *Cryptomeria japonica* are potential tree species for forestry on the highlands of southern Brazil. They are not commercially used due to the lack of reliable genetic material. This study aimed at genetic rescuing adult trees of *C. lusitanica* and *C. japonica* with favorable characteristics for wood production and to establish vegetative propagation protocols. Stands of both species with ages varying from 12-28 years were inspected for tree matrix selection. Cuttings were produced from branches under full light exposure, with which several rooting trials were established. The position of the cuttings within the branch, the application of indolbutyric acid (IBA, 0 - 6.000 mg L⁻¹), the effect of matrix age and different substrates were evaluated. It was concluded that cuttings obtained closed to branch apex resulted in higher rooting, regardless of position in branch (primary or secondary axis). The application of IBA turned out to be inefficient to induce rooting. The most appropriate substrate for *C. lusitanica* was a mixture (1:1, v:v) of vermiculite and a commercial one produced with decomposed pine bark. For *C. japonica*, the mixture described above and washed sand resulted in similar rooting percentages.

Keywords: Cloning; Rooting; Seedling production.

INTRODUÇÃO

Em 2015, havia 7,2 milhões de hectares de plantações florestais no país, 93% dos quais com os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, responsáveis por mais de 90% da demanda nacional de toras para fins industriais (ACR, 2016). A região Sul do país, onde estão mais de 80% dos plantios de *Pinus spp.*,

¹Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal. UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina / CCR - Campus de Curitibanos. Rod. Ulysses Gaboardi - KM 3 - 89.520-000 - Curitibanos, SC, Brasil. E-mail: mario.dobner@ufsc.br; liro.luiz@ufsc.br.

²Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal. UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina / CAV - Centro de Ciências Agroveterinárias. Av. Luiz de Camões, 2090 - 88.520-000 - Conta Dinheiro - Lages - SC, Brasil. E-mail: marcio.navroski@udesc.br

³Graduando do curso de Engenharia Florestal. UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina / CCR - Campus de Curitibanos. Rod. Ulysses Gaboardi - KM 3 - 89.520-000 - Curitibanos, SC, Brasil. E-mail: carlosaws@hotmail.com.

possui 17,8 mil empresas de base florestal, responsáveis por mais de 90% da produção nacional de molduras, compensados, portas e móveis (ABRAF, 2013).

A importância econômica e social do setor de base florestal é inquestionável. Percebe-se, porém, uma baixa diversidade de gêneros utilizados em escala comercial. A pouca diversificação da produção florestal apresenta fragilidades, como o risco com pragas e doenças e a impossibilidade de diversificação de produção com a obtenção de produtos diferenciados, para usos nobres e, possivelmente, com maior agregação de valor.

Há um grande número de espécies reconhecidamente de potencial para o manejo florestal, também com boas taxas de crescimento, mesmo que em estágios iniciais de melhoramento genético, cuja madeira poderia atender nichos de mercado distintos e de maior valor comercial. *Cupressus lusitanica* Mill e *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don são bons exemplos. Embora frequentemente citadas como potenciais (EMBRAPA, 1988; CARVALHO, 2001; PEREIRA; HIGA, 2003; SHIMIZU *et al.*, 2006), não são utilizadas comercialmente em função da indisponibilidade e desconhecimento de material genético confiável (SHIMIZU *et al.*, 2006).

Do gênero *Cupressus*, *C. lusitanica* é a mais indicada para o Brasil. Apesar do nome indicar origem portuguesa, é de fato proveniente das regiões montanhosas do México e América Central (SHIMIZU *et al.*, 2006). Seu cultivo é indicado para locais com clima ameno e úmido, com altitudes acima de 600 m, típicos do planalto Sul do Brasil (EMBRAPA, 1988). Segundo a mesma fonte, esta espécie pode atingir produtividades na ordem de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, é uma planta rústica, e pode ser cultivada em solos rasos e de baixa fertilidade. Estudos preliminares indicam que há indivíduos com crescimento semelhante ao observado para *Pinus taeda* no Planalto Sul do Brasil (RAUSCHKOLB; DOBNER JÚNIOR., 2016).

De acordo com Nicholas (2008), *Cupressus* spp. são a melhor opção alternativa às principais espécies exóticas cultivadas na Nova Zelândia, onde *Cupressus macrocarpa* Hartw. Ex George Gordon domina o mercado, seguido por *C. lusitanica*. Uma vantagem do *C. lusitanica* sobre as demais espécies do gênero é a maior resistência ao cancro (AIMERS, 2008). Além disso, a madeira possui alta estabilidade dimensional e possui a grã mais fina dentre as coníferas. O cerne possui elevada durabilidade, sendo naturalmente imune ao ataque de fungos e insetos. Por isso, de alta qualidade e com ampla aplicação para fins nobres (AIMERS, 2008; PEREIRA; HIGA, 2003; SHIMIZU *et al.*, 2006).

Cryptomeria japonica é originária da região temperada do Japão, onde é amplamente cultivada (EMBRAPA, 1988; YAMASHITA *et al.*, 2004; ZHU *et al.*, 2005). É uma das coníferas comerciais mais importantes na Ásia (SHYUR *et al.*, 2008; TAKATA; TERAOKA, 2002), e uma das espécies florestais alternativas de maior potencial para plantios nas regiões altas e frias do Sul do Brasil, destacando-se pelo seu rápido crescimento, qualidade da madeira e adaptação ao clima e solo (SANTOS *et al.*, 2000; CARVALHO, 2001; SHIMIZU; MAIOCHI, 2007). Produtividades entre 14 e $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ são relatadas (CARVALHO, 2001; DOBNER JÚNIOR. *et al.*, 2013).

A madeira é amplamente utilizada no Japão (ZHU *et al.*, 2005), considerada de alta durabilidade e fácil de ser trabalhada (CARVALHO, 2001; GURGEL, 1964), podendo ser utilizada para serrados em geral e painéis compensados (GÉRARD *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2000). Além disso, é uma madeira estável, qualidade importante para processamento mecânico e para aplicações mais nobres, como movelaria (PEREIRA *et al.*, 2003).

Uma limitação ao uso comercial destas espécies é a base genética desconhecida dos povoamentos já estabelecidos (SHIMIZU *et al.*, 2006). Observa-se, porém, uma grande variabilidade individual, tanto no crescimento, quanto na qualidade do fuste. Tal variabilidade permitiria um trabalho de seleção e melhoramento genético, buscando definir materiais e/ou clones com elevada qualidade e produtividade. O resgate vegetativo de indivíduos selecionados é necessário para reverter parcialmente a maturação fisiológica de árvores adultas, enraizando estacas que serão o início do programa de multiplicação e clonagem das espécies (PIRES *et al.*, 2011).

Neste contexto, objetivou-se com o presente estudo determinar protocolos eficientes de propagação vegetativa de indivíduos adultos com características favoráveis à produção de madeira de *C. lusitanica* e *C. japonica* com o intuito de permitir o início de um programa de melhoramento genético.

MATERIAL E MÉTODOS

Locais de coleta e seleção das matrizes

Povoamentos de *C. japonica* e *C. lusitanica* entre 12 e 28 anos de idade foram identificados no planalto Sul do Brasil (SC e PR), onde matrizes foram selecionadas (Tabela 1). A seleção das matrizes foi realizada em duas etapas, uma primeira exploratória, com a vistoria dos povoamentos e, numa segunda para seleção de indivíduos com base nos seguintes critérios de seleção: diâmetro à altura do peito (DAP), altura total, quantidade/espessura de galhos, forma do fuste (cilíndrico e com dominância apical ou monopodial). A dominância apical foi um critério especialmente importante para a seleção de indivíduos de *C. lusitanica*, frequentemente sem esta característica.

Tabela 1. Povoamentos de *C. japonica* e *C. lusitanica*, em ordem crescente de idade, suas coordenadas geográficas, médias de diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total e, número de matrizes coletadas.

Table 1. *C. japonica* and *C. lusitanica* stands, listed in ascending order of age, their geographic coordinates, average diameter at breast height (DAP) and total height, and the number of matrix trees.

Espécie	Local	Coordenadas	Idade (anos)	DAP (cm)	Altura (m)	Número de matrizes
<i>C. japonica</i>	1	27°59'52"S 50°52'15"O	19	35,7	20,9	5
	2	27°58'33"S 50°47'32"O	21	32,4	22,1	4
	3	28°00'59"S 50°46'46"O	24	34,7	24,5	5
	4	28°00'11"S 50°48'58"O	28	46,7	28,7	5
Total						19
<i>C. lusitanica</i>	5	27°59'52"S 50°52'00"O	12	22,0	13,6	10
	6	27°57'46"S 50°49'13"O	16	33,7	17,3	3
	7	27°55'47"S 50°48'24"O	17	31,6	15,5	5
	8	26°14'51"S 49°36'32"O	17	33,1	19,6	3
	9	27°19'00"S 50°48'54"O	18	32,7	21,6	3
	10	27°59'52"S 50°52'15"O	19	34,6	21,6	9
	11	27°55'35"S 50°49'13"O	19	36,4	20,4	5
	12	26°23'14"S 49°34'10"O	19	39,6	27,6	5
	13	27°56'17"S 50°51'33"O	21	47,5	25,3	5
Total						48

Os indivíduos selecionados foram escalados para a coleta de material vegetativo em diversas etapas no período entre 11/2014 e 12/2015. Ramos jovens, extraídos do terço superior das matrizes, em plena exposição solar, foram a fonte de estacas para quatro ensaios de enraizamento. O material vegetativo coletado de cada matriz foi identificado e envolto em jornal umedecido e acondicionado em caixa de isopor com gelo, com sobrecamada de jornal umedecida para separar cada matriz. As estacas foram produzidas da mesma forma em todos os ensaios: com 15 cm de comprimento, corte em bisel nas duas extremidades e com a remoção de cerca de 75% das acículas basais. As acículas remanescentes no ápice da estaca, quando presentes, foram reduzidas pela metade para reduzir a evapotranspiração das estacas.

Os ensaios de enraizamento foram realizados em Curitiba, SC, nas instalações da Universidade Federal de Santa Catarina. Os ambientes de condução dos ensaios foram em casa de vegetação-A₁, com controle automático de temperatura (25 ± 4 °C). O sistema de irrigação foi por microaspersão com 10 turnos de rega em intervalos de uma hora por 2,5 min. O ambiente-A₂ foi em viveiro sob tela de sombreamento com 50% de bloqueio da intensidade solar, com irrigação por microaspersão três vezes ao dia com 5 min de duração.

Ensaio 1 – Avaliação do ambiente de enraizamento, tempo e concentração de AIB

Conforme método proposto por Jull *et al.* (1994), a extremidade (1,5 m apical) de ramos primários foi coletada das matrizes 10 e 13 de *C. lusitanica* e 1 e 4 de *C. japonica* (Tabela 1), em novembro de 2014.

O delineamento experimental utilizado foi um fatorial 2 x 2 x 4 com 16 tratamentos: dois ambientes (casa de vegetação-A₁ e área coberta com sombrite-A₂), combinados com dois tempos de exposição (2 min e 5 min) ao ácido indolil-3-butírico (AIB), com quatro concentrações (0, 2.000,

4.000 e 6.000 mg L⁻¹) em solução aquosa, dissolvido em NaOH 1N. Cada unidade experimental foi constituída de seis estacas, preparadas no dia posterior à coleta, com cinco repetições em blocos casualizados, totalizando 30 estacas por tratamento e 480 por espécie (n=960). As estacas foram dispostas em tubetes (200 cm³) contendo substrato comercial de casca de pinus decomposta (densidade de 375 g L⁻¹). Dados de porcentagem de estacas enraizadas ou com a formação de calos foram coletados quatro meses após a instalação do experimento.

Ensaio 2 – Avaliação da idade da matriz de *C. lusitanica* e concentração de AIB

A extremidade (0,5 m apicais) de ramos primários e secundários foram coletados em abril de 2015 de matrizes de *C. lusitanica* nos locais 5 e 11 (Tabela 1), com idades de 12 e 19 anos, respectivamente. Após a coleta, as estacas foram preparadas e submersas em água corrente durante a noite e, na manhã seguinte, o ensaio foi instalado.

O delineamento experimental foi um fatorial 2 x 3 com seis tratamentos: duas idades das matrizes (12 e 19 anos) combinadas com três concentrações de AIB (0, 2.000 e 4.000 mg Kg⁻¹) em talco inerte de AIB dissolvido em NaOH 1N e homogeneizado com Acetona PA. Cada unidade experimental foi constituída de seis estacas, com 15 repetições, dispostas em blocos ao acaso (n=540 estacas, 90 unidades experimentais). As estacas foram dispostas em tubetes (200 cm³) contendo substrato comercial de casca de pinus decomposta (densidade de 375 g L⁻¹).

Após a exposição ao AIB as estacas permaneceram no ambiente-A₁, descrita no Ensaio-1, por 30 dias e em seguida transferidas para ambiente de viveiro-A₂ por um período de sete meses. Dados de porcentagem de estacas enraizadas ou com a formação de calos foram coletados oito meses após a implantação do experimento.

Ensaio 3 – Avaliação do tipo de substrato para *C. lusitanica*

A extremidade (0,3 m apicais) de ramos primários e secundários foram coletados em dezembro de 2015 de matrizes de *C. lusitanica* nos locais 6, 8, 9, 10, 12 e 13 (Tabela 1). Após a coleta, as estacas foram preparadas e submersas em água corrente durante a noite, conforme descrito no ensaio 2.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos relacionados ao tipo de substrato: 1 = areia lavada; 2 = vermiculita fina + substrato comercial de casca de pinus decomposta (densidade de 375 g L⁻¹) 1:1 (v:v). Cada unidade experimental foi constituída de 50 estacas, com 3 repetições por matriz (n=1.800 estacas).

As estacas foram dispostas em caixas contendo os diferentes substratos avaliados, tendo permanecido em casa de vegetação-A₁ por um mês e, a partir de então, passaram ao ambiente de viveiro-A₂ por um período de 9 meses. Dados de porcentagem de estacas enraizadas foram coletados 10 meses após a instalação do experimento.

Apesar do controle da matriz que deu origem às estacas, esta não foi uma variável utilizada nas análises estatísticas, pois o objetivo principal deste ensaio foi a definição do melhor substrato para enraizamento.

Ensaio 4 – Avaliação do tipo de substrato para *C. japonica*

O ensaio 4 foi estabelecido de forma idêntica ao ensaio 3, com ramos primários e secundários (0,3 m apicais) coletados em dezembro de 2015 de matrizes de *C. japonica* nos locais 2 e 3 (n=600 estacas).

Análises estatísticas

Inferências foram obtidas por análise descritiva, análise de variância e pelo teste de comparação de médias (Tukey, 5%), utilizando o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011). Previamente à análise de variância, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk (5%) para confirmar a normalidade dos resíduos. Quando necessário os dados originais foram transformados em log (x+2) segundo as recomendações de Sheskin (2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos critérios, selecionaram-se 19 indivíduos de *C. japonica* com idades entre 19 a 28 anos, e 48 indivíduos de *C. lusitanica* com idades entre 12 e 21 anos (ver Tabela 1).

A coleta de material vegetativo de indivíduos adultos revelou alguns desafios, tanto para a escalada das árvores, com até 30 metros de altura (Fig. 1A e 1B), quanto para o enraizamento das estacas fisiologicamente adultas.

Figura 1. Resgate e propagação de material genético de *C. japonica* e *C. lusitanica*. Indivíduos selecionados e escalados para a coleta de material vegetativo: A) Árvore matriz de *C. japonica*, com 28 anos de idade; B) Árvore matriz de *C. lusitanica*, com 19 anos de idade; C) Estacas apicais enraizadas de *C. lusitanica* após 10 meses da indução; D) Estaca apical enraizada de *C. japonica* após 8 meses da indução; E) Estaca enraizada de *C. lusitanica* após 10 meses da indução, detalhe para as raízes saindo do tubete.

Figure 1. Rescue and propagation of genetic material of *C. japonica* and *C. lusitanica*. Selected and climbed individuals for vegetative material sampling: A) Matrix tree of *C. japonica*, 28 years of age; B) Matrix tree of *C. lusitanica*, 19 years of age; C) Rooted *C. lusitanica* apical cuttings 10 months after induction; D) Rooted *C. japonica* apical cutting 8 months after induction; E) Rooted *C. lusitanica* cutting 10 months after induction, highlighting the roots coming out of the container.

Para a seleção de matrizes de *C. lusitanica* destaca-se a importância do critério de dominância apical. Observou-se em todos os povoamentos a ocorrência de indivíduos que, apesar de um bom crescimento em DAP, apresentavam comportamento de copa não favorável à produção de madeira, ou seja, sem fuste monopodial. Outra característica negativa e frequentemente observada foi a grã espiralada, facilmente detectada com a árvore ainda em pé.

Destaca-se, porém, o grande potencial para a produção de madeira, potencialmente de alto valor comercial: árvores selecionadas com, aproximadamente, 20 anos de idade, atendendo todos os critérios de seleção, com DAP maiores que 40 cm para *C. lusitanica* e 35 cm para *C. japonica* (Tabela 1), confirmando que estas espécies possuem bom crescimento. Aliado, também, aos critérios qualitativos utilizados para a seleção de matrizes, justificam o trabalho de resgate de material genético e definição de um sistema eficaz de reprodução vegetativa. A partir do material propagado, será possível estabelecer pomares de sementes para permitir o cruzamento entre indivíduos superiores, ou mesmo povoamentos clonais de alta produtividade e qualidade.

Ensaio 1

Para a espécie *C. lusitanica* apenas 4 estacas sobreviveram (<1%), das 480 estacas coletadas em matrizes com 19 e 21 anos de idade. Observou-se que, nas estacas sobreviventes, embora tenha ocorrido à indução de calos na base da estaca, nenhuma destas apresentou a formação de raízes após quatro meses da indução (dados não apresentados). O ambiente externo (A_2) foi o que mais favoreceu a sobrevivência das estacas. Este fator, provavelmente, está relacionado à maior frequência de irrigação na casa de vegetação (A_1) combinada ao uso de substrato comercial puro, resultando na falta de drenagem e aeração, componentes necessários para a diferenciação celular e formação de raízes.

Resultados semelhantes foram obtidos com *C. lusitanica* por Kratz et al. (2010), que também não observaram o enraizamento das estacas, bem como um baixo número de estacas sobreviventes, das quais, somente algumas apresentaram formação de calos. Demonstrando que os tecidos deste tipo de estaca possuem competência em sofrer o processo de diferenciação, embora insuficiente para ocorrer o enraizamento até o momento da finalização deste ensaio (4 meses).

A indução ao enraizamento de estacas da espécie *C. japonica*, matrizes de 19 e 28 anos de idade, resultou em 7% (32 das 480 estacas) de indivíduos com formação de raízes, nos dois ambientes testados, casa de vegetação e sombrite, quatro meses após a instalação do ensaio (dados não apresentados). O baixo número de estacas enraizadas, dispersos em praticamente todos os tratamentos, não permitiu a realização de análise estatística. Por este mesmo motivo, demais inferências devem ser avaliadas com ressalva. Evidenciou-se, porém, que, estacas cronologicamente mais jovens, com a presença do ápice (Fig. 1D), possivelmente por serem menos lignificadas, tiveram enraizamento favorecido, independente da concentração de AIB, do tempo de exposição e do ambiente ao qual as estacas foram submetidas.

Resultados semelhantes ao presente ensaio, também foram observados por Lima et al. (2011) e Santos et al. (2009) em que, o uso de estacas mais lignificadas apresentaram maior dificuldade na formação de raízes quando comparadas com estacas menos lignificadas. Segundo Fachinello et al. (2005), este comportamento está relacionado ao tipo de tecido presente nas regiões menos lignificados, menos diferenciados, maior concentração de promotores e proximidade das regiões de síntese de auxinas.

Jull et al. (1994) observaram para *C. japonica* que os melhores resultados de enraizamento (78%) foram obtidos a partir de estacas tenras de ramos primários, quando comparados com estacas lenhosas de ramos secundários (20%), ambas coletadas na estação de crescimento vegetativo e extraídas de árvores com 10 anos de idade.

Em relação a outras espécies florestais, estudos indicam que propágulos apicais proporcionaram ganhos expressivos no enraizamento de *Pinus taeda* (ANDREJOW; HIGA, 2009), *Eucalyptus globulus* (OLIVEIRA et al., 2012), *Eucalyptus benthamii* (BENIN et al., 2013), *Cedrella fissilis* (XAVIER et al., 2003) e *Piptadenia gonoacantha* (HERNÁNDES et al., 2012). Apesar dos estudos citados terem utilizado miniestacas, material vegetativo diferente do avaliado no presente trabalho, a maior eficiência do enraizamento dos propágulos com a presença do ápice, também observada neste estudo, é reforçada.

Ensaio 2

Na avaliação do efeito da idade das plantas matrizes de *C. lusitanica*, o uso de estacas dos primeiros 0,5 m apicais, a partir de segmentos do eixo primário e secundário dos ramos e na exposição ao talco inerte (0 mg Kg⁻¹ de AIB) resultou em média 38% de enraizamento após oito meses da instalação do ensaio (Tabela 2). A interação entre os dois fatores, idade das matrizes e a exposição ao AIB não foi significativa ($p=0,65$). Os dois fatores testados foram significativos individualmente: concentração de AIB ($p<0,01$) e idade da planta matriz ($p<0,01$). Não foi detectada diferença significativa entre os blocos ($p=0,21$)

Tabela 2. Porcentagem média de enraizamento de estacas de *C. lusitanica*, em função da concentração de AIB e da idade da árvore matriz, oito meses após a indução.

Table 2. Mean rooting percentages of *C. lusitanica* cuttings, relative to the indol-butyric acid (AIB) concentration and the matrix tree age, eight months after induction.

Concentração de AIB (mg Kg ⁻¹)	Idade da planta matriz (ano)		Média Concentração (%)
	12	19	
0	47	29	38 a
2.000	27	10	18 b
4.000	14	6	10 b
Média Idade	29 A	15 B	

O teste de Shapiro-Wilk indicou normalidade dos resíduos ($p=0,50$). Médias seguidas de letras diferentes, indicam valores que diferem pelo teste de Tukey ($p < 5\%$), maiúsculas entre idades e minúsculas entre concentrações. Coeficiente de variação = 92,1%

Observou-se que a utilização de AIB foi prejudicial ao enraizamento das estacas, indicando haver efeito fitotóxico, causando dificuldade de enraizamento e em muitos casos a mortalidade destas, tal como observado por Villa et al. (2003) em estacas lenhosas de amoreira-preta e Alcantara et al. (2008) para estacas de *Pinus taeda*.

O uso de AIB é recomendado no tratamento de estacas de algumas coníferas como *Chamaecyparis* sp., *Thuja orientalis*, *Cedrus* sp., *Cupressus* sp. e *C. japonica* para auxiliar a formação de raízes (HART-MANN et al., 2011). Entretanto, isso não foi confirmado no presente estudo. De forma semelhante, Stumpf et al. (2001) também não obtiveram diferença no enraizamento de estacas de *Chamaecyparis lawsoniana*, quando utilizaram AIB nas concentrações de 0 até 10.000 mg L⁻¹. Emer et al. (2016) também não detectaram respostas positivas para a aplicação de AIB (0 - 8.000 mg L⁻¹) para o enraizamento de estacas semilenhosas de *Campomanesia aurea* O. Berg.

Apesar de ter sido constatado efeito fitotóxico do AIB no enraizamento das estacas, sugere-se testar concentrações mais baixas em novos estudos (0 - 1.000 mg L⁻¹) para confirmação deste resultado.

A idade da árvore matriz afetou de forma significativa o enraizamento das estacas. Estacas coletadas em árvores com 19 anos resultaram em metade do enraizamento observado em estacas coletadas em matrizes com 12 anos (Tabela 2). De fato, estacas coletadas de plantas matrizes adultas são mais difíceis de enraizar quando comparadas com aquelas provenientes de plantas juvenis (VALDÉS et al., 2004). Greenwood e Weir (1994) afirmaram que a diminuição na porcentagem de enraizamento com o aumento da idade, provavelmente, não esteja relacionada somente com a ausência de auxina endógena, mas também pode ser consequência de barreiras químicas, como a presença de inibidores ou também, a ausência de co-fatores de enraizamento.

De acordo com Alcantara et al. (2008), a limitação ao processo de rizogênese de estacas estaria, possivelmente, ligada a presença de inibidores do enraizamento, a existência de poucos grupos de células responsivas a auxina e ausência de sítios receptores específicos.

O percentual de enraizamento ou formação de calos obtidos no Ensaio 2 (até 38%) foram muito superiores aos obtidos no Ensaio 1 (0%). Apesar de uma grande variabilidade entre as repetições no segundo (CV=92,1%), credita-se esta melhora à utilização de apenas 0,5 m apicais dos ramos, de eixos primários e secundários, e não 1,5 m apicais apenas do eixo primário, como realizado no Ensaio 1, o que implica na utilização de segmentos mais lignificados, distantes do ápice dos ramos.

Apesar de não ter sido controlada a posição do ramo na qual a estaca foi retirada (apical ou não), a predominância de estacas apicais com a formação de calos/raízes indicou que a presença do meristema apical pode ter sido benéfica ao enraizamento (Fig. 1C e 1D). Nestes casos, observou-se

um bom desenvolvimento do sistema radicial, que pode ser visualizado também pela emissão de raízes para fora do tubete (Fig. 1E).

Ensaio 3 e 4

Após transformação dos dados e confirmação da normalidade dos resíduos ($p=0,25$), procedeu-se à análise de variância. Observou-se maior porcentagem de enraizamento (19,7%) com o uso da mistura de vermiculita e substrato comercial de casca de pinus decomposta 1:1 (v:v), quando comparada à utilização de areia lavada, que resultou em 9,2% de enraizamento, significativamente inferior ao primeiro ($p=0,01$, coeficiente de variação = 32,6%, dados não apresentados).

Embora a média de enraizamento das estacas com o uso da mistura de vermiculita com substrato comercial tenha sido de 19,7%, verificou-se grande amplitude entre diferentes matrizes (6-78%), indicando haver, possivelmente, controle genético desta característica, além do fator idade, já identificado no Ensaio 2.

A análise do tipo de substrato no enraizamento de estacas de *C. japonica* não apresentou diferenças significativas entre os dois tipos de substrato avaliados ($p=0,37$): 32,7% para areia e 42,7% para a mistura de vermiculita com substrato comercial (coeficiente de variação = 32,4%).

A mistura de vermiculita com o substrato comercial, empregada no presente estudo, favoreceu o enraizamento das estacas de *C. lusitanica* e, embora numericamente superior também para *C. japonica*, não revelou diferença significativa. Este resultado positivo pode estar relacionado à boa drenagem da mistura, mantendo equilíbrio entre ar e água, evitando a morte dos tecidos da base das estacas. O suprimento adequado de água e uma boa relação umidade do ar/água no substrato favorecem a indução e formação das raízes em estacas (ANDREJOW; HIGA, 2009). Estes fatores favorecem também, além da formação das raízes inicialmente, o desenvolvimento de plantas vigorosas.

Um fator importante observado no presente trabalho foi em relação à idade das árvores matrizes, pois o grau de desafio aumenta com o avanço da idade das árvores. O resgate de matrizes adultas, além de árdua tarefa de escalada das árvores, resulta percentuais de enraizamento drasticamente menores quanto maior a idade das matrizes. Os efeitos da lignificação dos tecidos são observados em praticamente todas as espécies arbóreas, mas, principalmente em coníferas (HARTMANN et al., 2011). Essa baixa capacidade de enraizamento, típico nas árvores maduras, faz com que muitas das espécies arbóreas sejam propagadas facilmente apenas no estágio juvenil, porém, muitas das características importantes no momento de seleção são expressas apenas em árvores adultas (RUAUD; PÂQUES, 1995).

Neste contexto, o resgate de material genético superior de árvores adultas de *C. lusitanica* e *C. japonica*, comprovadamente de interesse para o manejo florestal em função de características quantitativas e qualitativas, caracteriza-se como uma etapa fundamental para o início de um programa de melhoramento.

Novos experimentos utilizando técnicas de rejuvenescimento do material devem ser realizados para melhorar o percentual de enraizamento das estacas. Apesar disso, os resultados obtidos no presente estudo podem ser considerados promissores para fins de resgate de matrizes adultas e superiores de *C. lusitanica* e *C. japonica*, principalmente para a primeira, considerada de difícil propagação vegetativa nos poucos trabalhos existentes.

CONCLUSÕES

Conclui-se que *C. japonica* é de mais fácil enraizamento que *C. lusitanica*. O uso do ápice dos ramos no terço superior das árvores de ambas as espécies, independente se localizados no eixo primário ou secundário, resulta em maior enraizamento.

O uso de AIB ($0 - 6.000 \text{ mg L}^{-1}$), tanto em meio líquido quanto em talco inerte, não foram eficientes na indução do enraizamento de estacas obtidas em árvores adultas das duas espécies.

O substrato mais apropriado para o enraizamento de *C. lusitanica* é a mistura de vermiculita fina com substrato comercial de casca de pinus decomposta 1:1 (v:v). Enquanto que para *C. japonica*, tanto a areia lavada como a mistura de vermiculita com substrato resultam percentuais semelhantes de enraizamento.

Enraizamentos na ordem de 40% podem ser esperados para estacas coletadas em árvores adultas (>20 anos) de *C. japonica* e árvores jovens de *C. lusitanica* (12 anos). Entretanto, quando árvores adultas de *C. lusitanica* são a fonte de material vegetativo, apenas 20% de enraizamento pode ser obtido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico, ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013, 142 p.

ACR - ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS. **Anuário Estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2016, ano base 2015**. Lages: ACR, 2016, 105 p.

AIMERS, J. **Final draft to be distributed to the Cypress working group for review**. Rotorua: 2008, 39 p.

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

ANDREJOW, G. M. P.; HIGA, A. R. Potencial de enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. provenientes de brotação apical de mudas jovens. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 4, p. 897-903, 2009.

BENIN, C. C.; PERES, F. S. B.; GARCIA, F. A. O. Enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais em clones de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2013.

CARVALHO, P. E. R. Novas alternativas para reflorestamento. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 11, n. 60, p. 66-67, 2001.

DOBNER JÚNIOR, M.; TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R.; ARCE, J. Crescimento de um povoamento de *Cryptomeria japonica* no Sul do Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 97, p. 39-46, 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina**. Colombo: EMBRAPA, 1988, 113 p.

EMER, A. A.; SCHAFER, G.; AVRELLA, E. D.; DELAZERI, M.; VEIT, P. A.; FIOR, C. S. Influence of indolebutyric acid in the rooting of *Campomanesia aurea* semihardwood cuttings. **Ornamental Horticulture**, v. 22, n. 1, p. 94-100, 2016.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. Propagação vegetativa por estaquia. In: FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C. (Ed.). **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, p. 69-109.

GÉRARD, J.; BEAUCHÊNE, J.; FOUQUET, D.; GUIBAL, D.; LANGBOUR, P.; THEVENON, M. F.; THIBAUT, A.; VERNAY, M. TROPIC 5.0 Caractéristiques technologiques de 215 essences tropicales. Montpellier: CIRAD-Forêt, 2003.

GREENWOOD, M. S.; WEIR, R. J. Genetic variation in rooting ability of loblolly pine cuttings: effects of auxin and family on rooting by hypocotyl cuttings. **Tree Physiology**, Victoria, v.15, n.1, p.41-45, 1994. GURGEL F, O. A. O comportamento florestal das coníferas exóticas. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 129-188, 1964.

HARTMANN, H. T; KESTER, D. E; DAVIES JR, F. T; GENEVE, R. L. **Hartmann and Kester's Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011, 915 p.

- HERNÁNDEZ, W.; XAVIER, A.; PAIVA, A. N. de. Propagação vegetativa de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (MART.) MACBR.) por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 813-823, 2012.
- JULL, L. G.; WARREN, S. L.; BLAZICH, F. A. Rooting 'Yoshino' cryptomeria stem cuttings as influenced by growth stage, branch order, and IBA treatment. **Hortscience**, Alexandria, v. 29, n. 12, p. 1532-1535, 1994.
- KRATZ, D.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F. Propagação assexuada de *Cupressus lusitanica*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 161 - 164, 2010.
- 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 indolbutírico relacionada aos aspectos anatômicos. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Paulínia, v. 13, n. 4, p. 422-438, 2011.
- NICHOLAS, I. **Best practice with farm forestry Timber species**. Bulls: NZFFA, 2008, 86 p. (Eletronic Handbook Series).
- 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*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 507-516, 2012.
- PEREIRA, J. C. D.; HIGA, R. C. V. **Propriedades da madeira de *Cupressus lusitanica* Mill.** Colombo: Embrapa Florestas, 2003, 5 p. (Comunicado técnico, 107).
- PEREIRA, J. C. D.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Propriedades da madeira do cedrinho japonês**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003, 4 p. (Comunicado técnico, 88).
- PIRES, I. E.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, R. L.; RESENDE JR., M. F. R. **Genética Florestal**. Viçosa: Editora Arka, 2011. 318 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna: R Development Core Team, 2011.
- RUAUD, J. N.; PÂQUES, M. Somatic embryogenesis and rejuvenation of trees. In: JAIN, S.; GUPTA, P.; NEWTON, R. (Ed.). **Somatic embryogenesis in woody plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1995. v. 1, p. 99-118.
- RAUSCHKOLB, D.; DOBNER JR., M. Crescimento de *Cupressus lusitanica* no Planalto Sul de Santa Catarina. In: MENSUFLO - ENCONTRO BRASILEIRO DE MENSURAÇÃO FLORESTAL. 3., 2016, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2016. p. 51-54. Disponível em: < http://cmq.esalq.usp.br/IIIMensuFlor/lib/exe/fetch.php?media=anais_iii_mensuflo.pdf >. Acesso em 10 nov. 2017.
- SANTOS, F. M.; PINTO, J. E. B. P.; ALVARENGA, A. A.; OLIVEIRA, J. A.; OLIVEIRA, A. A.; OLIVEIRA, L. P. Produção de mudas de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. por meio da propagação sexuada e assexuada. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Paulínia, v. 11, n. 2, p. 130-136, 2009.
- SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, S. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.
- SHEKIN, D. **Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures**. 3 ed. Oxford: Chapman & Hall, 2004. 184 p.
- SHIMIZU, J. Y.; MAIOCHI, R. A. Criptoméria como espécie alternativa para produção de madeira no Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 54, p. 63-70, 2007.

SHIMIZU, J. Y.; RIBAS JR., U.; CANCELA, K. C.; MAIOCHI, R. A. **Cedrinho como alternativa para a produção de madeira em pequenas propriedades rurais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006, 3 p. (Comunicado Técnico, 172)

SHYUR, L. F.; HUANG, C. C.; LO, C. P.; CHIU, C. Y.; CHEN, Y. P.; WANG, S. Y.; CHANG, S. T. Hepatoprotective phytochemicals from *Cryptomeria japonica* are potent modulators of inflammatory mediators. **Phytochemistry**, n. 69, n. 6, p. 1348 – 1358, 2008.

STUMPF, E.R.T.; GROLLI, P. R.; SCZEPANSKI, P. H. G. Efeito do ácido indolbutírico, substrato e tipo de estaca no enraizamento de *Chamaecyparis lawsoniana* Parl. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.2, p.101-105, 2001.

TAKATA, K.; TERAOKA, Y. Genotypic effects on the variation of wood quality and growth traits in plantation forest made by cutting cultivars of Japanese Cedar. **Journal of Wood Science**, Heidelberg, v. 48, n. 2, p. 106-113, 2002.

VALDÉS, A. E.; FERNÁNDEZ, B.; CENTENO, M. L. Hormonal changes throughout maturation and ageing in *Pinus pinea* **Plant Physiology and Biochemistry**, v.42, n. 4, p.335-340, 2004. VILLA, F.; PIO, R.; CHALFUN, N. N. J.; GONTIJO, T. C.; DUTRA, L. F. Propagação de amoreira-preta utilizando estacas lenhosas. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 829- 834, 2003.

YAMASHITA, T.; KASUYA, N.; NISHIMURA, S.; TAKEDA, H. Comparison of two coniferous plantation in central Japan with respect to forest productivity, growth phenology and soil nitrogen dynamics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 200, n. 1- 3, p. 215-226, 2004.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA, M. L. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003.

ZHU, J.; TADOOKA, N.; TAKATA, K.; KOIZUMI, A. Growth and wood quality of Sugi (*Cryptomeria japonica*) planted in Akita prefecture (II). Juvenile/mature wood determination of aged trees. **Journal of Wood Science**, Heidelberg, n. 51, n. 2, p. 95-101, 2005.

Recebido em 01/02/2017

Aceito em 03/08/2017