

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE ÁRVORES DE SETE ANOS DE IDADE, ORIGINADAS DE ESTACAS E SEMENTES DE *Pinus radiata* D. DON, PROVENIENTES DE GERAÇÃO AVANÇADA DE MELHORAMENTO¹

Freddy MORA²
Adilson DEITOS²
Emmanuel ARNHOLD³
Thatiana Silva DANDOLINI⁴

RESUMO

Árvores originadas de estacas enraizadas de *Pinus radiata* D. Don provenientes de ortets de um ano de idade foram comparadas com árvores provenientes de sementes em dois locais do Sul do Chile, aos sete anos de idade, para as características de altura, diâmetro e volume, e baseado em uma avaliação subjetiva para diâmetro dos galhos e retidão do tronco. Em geral, as árvores originadas de estacas cresceram tanto quanto as árvores provenientes de sementes e demonstraram vantagens em relação à retidão do tronco e menor diâmetro de galhos. Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os dois grupos de árvores para todas as características avaliadas. Até o presente momento, tais resultados indicam que a produção de plantas via estacas enraizadas pode ser um método útil para estabelecimento de plantações comerciais da espécie.

Palavras-chave: árvores de sementes; estacas enraizadas; crescimento; *Pinus radiata*.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente as principais empresas florestais do Chile estão orientando suas linhas de atuação para pesquisa e desenvolvimento de propágulos vegetativos visando ao estabelecimento de suas futuras plantações de pino, acácia, eucalipto e outras espécies.

Pinus radiata D. Don tem-se transformado na espécie exótica de maior interesse comercial do Chile, devido à sua capacidade de adaptação a diversos ambientes com resultados favoráveis de crescimento (Turner & Lambert, 1986). Essa capacidade de se adaptar a diversos tipos de climas e solos ainda não foi estudada em detalhe, porém é muito provável que essa aptidão seja devido à plasticidade genética inerente que essa espécie possui.

ABSTRACT

Pinus radiata D. Don rooted cuttings trees from one-year-old ortets were compared with seedlings at two sites in southern Chile, at seven years old, for total height, stem diameter, stem volume, and a subjective assessment for stem straightness and relative diameter of the branches. In general, cuttings from one-year-old donor trees grew as tall as or taller than the seedlings, and demonstrated advantageous characteristics such as superior stem straightness and small relative diameter of the branches, compared with seedlings of equivalent genetic quality. Nevertheless, no differences were found between stock types in any of measured characteristics at seven years after establishment. At the moment, with these results, plants production via rooted cuttings can be an useful method for establishment of *Pinus radiata* operational plantation.

Key words: seedling trees; rooted cuttings; growth; *Pinus radiata*

As empresas, tradicionalmente, têm estabelecido suas plantações por meio de plantas provenientes de propagação via sementes, porém nos últimos anos têm aumentado o interesse por propagar, de forma intensiva, clones com comprovado desempenho superior, com o objetivo de obter a máxima produção. A propagação vegetativa é usada na silvicultura para diversos propósitos. Esses podem ser resumidos da seguinte maneira: (1) preservar genótipos por meio do uso de bancos clonais; (2) multiplicar genótipos desejados para usos especiais nos pomares operacionais de semente; (3) avaliar genótipos e suas interações com o ambiente por meio de ensaios clonais, e (4) maximizar o ganho genético, quando a propagação vegetativa é usada nos programas operacionais de plantio (Zobel & Talbert, 1984).

(1) Aceito para a publicação em dezembro de 2005.

(2) Doutorando em Genética e Melhoramento. Universidade Estadual de Maringá - UEM. Av. Colombo, 5790 Bloco 05, Sala 01, 87020-900. Maringá, PR, Brasil. E-mail: fmora@universiabrasil.net

(3) Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas pela UFV.

(4) Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas pela UEM.

Esse propósito serve de motivação para que as empresas florestais utilizem essa técnica de propagação no estabelecimento de suas plantações comerciais. Outra vantagem potencial que o método possui nas plantações florestais é a obtenção de um cultivo mais uniforme com oportunidade de obter resultados mais rápidos no melhoramento de árvores (Zobel & Talbert, 1984). O uso da propagação vegetativa para reflorestamento pode ser útil somente se o método não tem efeitos adversos no desenvolvimento dos propágulos dentro do local (Karlsson & Russell, 1990).

Estudos de Carson (1986) demonstram que os métodos de propagação influenciam os custos de produção, embora seja muito provável que as qualidades genéticas sejam o fator principal que interfira na seleção do método. O presente estudo está baseado em análises de crescimento de um grupo de famílias de *Pinus radiata* a partir de dois experimentos localizados nas regiões VIII e IX do Chile. Este estudo avalia os benefícios esperados ao usar enraizamento de estacas originadas de famílias de irmãos-completos, na comparação com os benefícios obtidos utilizando plantas provenientes de semente de origem genética similar.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Origem Genética das Estacas Enraizadas e Sementes

As estacas enraizadas foram obtidas a partir de ortet de um ano de idade, os quais provêm de polinização controlada do pomar de sementes de *Pinus radiata*, de propriedade da empresa Florestal Mininco S.A. Essas estacas foram enraizadas sob condições ambientais controladas e com um ano de desenvolvimento foram transplantadas no campo para avaliação. As plantas originadas de semente provêm do mesmo pomar de sementes. Realizou-se semeadura ao mesmo tempo em que se obtiveram as estacas, sendo em seguida levadas a campo simultaneamente. Dez árvores parentais foram avaliadas do pomar de sementes, dando origem a cinco famílias de polinização controlada. Os experimentos foram estabelecidos no ano de 1990 nos locais Angol, Província de Malleco, IX Região administrativa do Chile (37°31' latitude; 72°51' longitude; altitude média de 850 m; 934 mm de precipitação média anual;

solos com textura franca argilosa) e Nascimento, Província de Bío-Bío, VIII Região (37°24' latitude; 72°11' longitude; altitude média de 186 m; 1.093 mm de precipitação média anual; solos com textura franca). Para detalhes do manejo aplicado às árvores ver Bilabel (1998).

2.2 Análise Comparativa do Crescimento

As árvores provenientes de sementes (*seedlings*) e estacas (*cuttings*) de origem genética semelhante foram avaliadas aos sete anos de idade, em função do crescimento em altura (H7), diâmetro (D7) e volume (V7). Em ambos os locais foi realizada uma análise comparativa entre as árvores originadas de estacas e de sementes com qualidade genética equivalente (provenientes do mesmo pomar de sementes de polinização controlada). Para o cálculo do volume foi utilizada a fórmula sugerida pela empresa, a qual possui a seguinte expressão:

$$V7 = (\pi/4 * DAP^2 * 1,3 + \pi/12 * DAP^2 * (H - 1,3))/10.000$$

Em que DAP e H representam o diâmetro à altura do peito (em cm), cerca de 130 cm do solo, e altura total da árvore (em metros), respectivamente. V representa o volume em m³.

2.3 Taxa de Crescimento Relativo da Altura

Foi estimada a taxa de crescimento relativo da altura (TCR) para o período de 1992-1997 nas plantas originadas de sementes e estacas enraizadas, e posteriormente estas foram comparadas. A estimativa da taxa de crescimento relativo permite minimizar as possíveis diferenças no tamanho inicial entre as árvores originadas de estacas e as árvores originadas de sementes. TCR é definida como o incremento no tamanho por unidade de medida e pela unidade de tempo, sendo calculado a partir da seguinte expressão:

$$TCR = \frac{\text{Log}_e S_2 - \text{Log}_e S_1}{t_2 - t_1}$$

Em que S₂ e S₁ são os tamanhos das plantas e t₂ e t₁ são os tempos medidos nos períodos dois e um, respectivamente. A unidade para taxa de crescimento é m/m/ano.

MORA, F. *et al.* Análise do crescimento de árvores de sete anos de idade, originadas de estacas e sementes de *Pinus radiata* D. Don, provenientes de geração avançada de melhoramento.

2.4 Retidão do Tronco e Diâmetro dos Galhos

Em ambos os locais foi realizada uma análise comparativa, em função das características retidão do tronco e diâmetro relativo dos galhos, entre as árvores originadas de estacas e sementes. As medições foram feitas aos sete anos de idade, baseadas em uma avaliação similar à efetuada por Sweet & Wells (1974).

2.5 Análise de Variância

Foi realizada uma análise de variância para cada característica descrita anteriormente. Utilizou-se o procedimento GLM (*general linear model*) do SAS ® 6.12 (SAS Institute, 1996). O modelo linear utilizado foi seguinte:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + F(T)_{ij} + B_k + (T * B)_{ik} + (F(T) * B)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Em que Y_{ijkl} representa o valor observado da l -ésima planta do i -ésimo tipo (sementes ou estacas) no k -ésimo bloco, μ é a média total, T_i representa o efeito do i -ésimo tipo, $F(T)_{ij}$ representa o efeito da j -ésima família dentro do i -ésimo tipo,

B_k representa o efeito do k -ésimo bloco, $(TxB)_{ik}$ representa o efeito da interação tipo-bloco, $(F(T)xB)_{ijk}$ representa o efeito da interação família-bloco, e_{ijkl} representa o efeito residual. Todas as fontes de variação foram consideradas de efeitos fixos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento em Altura, Diâmetro e Volume

Os valores médios da altura, diâmetro e volume das árvores originadas a partir de sementes ou estacas de origem genética equivalente, são apresentados na TABELA 1. As árvores que tem origem via propagação vegetativa apresentaram um valor médio levemente maior no local de Angol e levemente inferior no local de Nascimento, para os três caracteres de interesse aos sete anos de idade. Contudo, essas diferenças não foram significativas ao nível de 1% de probabilidade. A TABELA 2 mostra os resultados do teste de hipóteses para cada fonte de variação do modelo linear proposto para este estudo.

TABELA 1 – Crescimento médio das árvores originadas de estacas (E) e provenientes de sementes (S) de *Pinus radiata* avaliadas aos sete anos de idade.

Caráter	Angol				Nascimento			
	S	cv	E	cv	S	cv	E	cv
Altura (m)	9,93	9,48	10,17	8,06	10,75	9,14	10,38	10,78
Diâmetro (cm)	17,78	9,25	18,2	8,12	14,0	11,66	13,4	12,52
Volume (m ³)	0,105	24,44	0,112	23,13	0,069	27,33	0,063	29,99

Obs.: cv = coeficiente de variação em %.

TABELA 2 – Resultados do teste de hipótese (F) do procedimento GLM do SAS®, para as fontes de variação do modelo linear de efeitos fixos.

Fonte de Variação	Angol			Nascimento		
	H7	D7	V7	H7	D7	V7
Tipo (T)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Família (F(T))	**	**	**	**	ns	ns
T * B	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F(T) * B	**	ns	ns	**	**	**

(**) $p < 0,01$

(ns) não significativa.

Karlsson & Russell (1990) não encontraram diferenças significativas entre árvores originadas de estacas e famílias de polinização aberta de *Chamaecyparis* spp., na altura e diâmetro aos onze anos de idade. Todavia, constataram que estacas originadas de árvores de um ano de idade foram significativamente mais altas que as estacas provenientes de ortets de três e sete anos de idade. Diversos autores têm demonstrado que o crescimento das estacas enraizadas decresce com o incremento da idade do ortet (Sweet, 1972; Sweet & Wells, 1974; Greenwood & Nussbaum, 1981; Roulund, 1981; Greenwood, 1984; Foster *et al.*, 1987; todos em Karlsson & Russell, 1990). Esta tendência, expressada pelos propágulos vegetativos, é chamada efeito de maturação do ortet, sendo de considerável interesse nos estudos de propagação vegetativa, pois pode influir nos resultados finais da avaliação de caracteres quantitativos (Zobel & Talbert, 1984). Neste estudo não foi possível quantificar as diferenças devidas à idade do ortet, pois todos os propágulos vegetativos foram originados a partir de indivíduos de igual idade (um ano) e, portanto, com mínimo efeito de maturação do ortet. Sweet (1973) mostrou que o uso de estacas velhas para plantações de *Pinus radiata* pode, durante os três primeiros anos de crescimento, reduzir o diâmetro do tronco em 20% e o volume em 40%, comparado com o material juvenil. Holden *et al.* (1995) afirmam que a propagação por estacas possui muitas vantagens óbvias, porém, também apresenta desvantagens em relação ao grau de dependência com a idade do ortet. Esses pesquisadores também descreve que a idade ótima do ortet do *Pinus radiata* é de três anos, em que muitas das vantagens fisiológicas das estacas podem ser obtidas sem incorrer em desvantagens que são aparentes com incremento da idade do ortet.

Holden *et al.* (1995) observaram que as estacas provenientes de árvores de três anos de idade crescem tanto quanto árvores originadas de sementes, podendo até superar seu crescimento em uma plantação de *Pinus radiata* de sete anos de idade. As árvores provenientes de estacas, avaliadas neste estudo, mostraram um crescimento satisfatório em comparação com as árvores originadas de sementes de origem genética equivalente.

Na Nova Zelândia, diversos estudos foram realizados com *Pinus radiata* para determinar a idade adequada do ortet que permita minimizar os efeitos adversos de maturação. Ortet de três anos de idade foram considerados ótimos, porque as estacas apresentaram uma porcentagem aceitável de enraizamento (próximo a 80%) (Thulin & Faulds *apud* Holden *et al.* (1995)). Karlsson & Russell (1990) demonstram que a condição da estaca enraizada no plantio é um fator que não deveria ser subestimado. Sweet & Wells (1974) comprovaram que o crescimento das estacas de *Pinus radiata* é influenciado pelo vigor dos propágulos na ocasião do plantio. Essa qualidade inicial afeta o crescimento das plantas por um ou mais anos dentro do local. Foster *et al.* (1986) também demonstraram que a condição das estacas no momento do plantio possui grande impacto subsequente ao estabelecimento e crescimento das estacas enraizadas. Neste experimento os propágulos vegetativos exibiram um crescimento aceitável devido, em parte, às condições similares do vigor e tamanho que tiveram as plantas e estacas no plantio. A análise de variância rejeitou a hipótese nula para o efeito da família dentro do tipo (F(T)ij, TABELA 2), para os caracteres altura, diâmetro e volume no local de Angol, e apenas para altura no local de Nascimento. Burdon *et al.* (1992) encontraram diferenças altamente significativas entre famílias originadas de polinização aberta de *Pinus radiata*, em um ensaio de progênie de oito anos de idade. Holden *et al.* (1995) avaliaram 11 ensaios de propagação vegetativa de *Pinus radiata* e concluíram que as árvores originadas de estacas cresceram tanto como as árvores de sementes com origem genética equivalente. A taxa de crescimento relativo, ou TCR, permite comparar as diferenças pré-existentes no tamanho das plantas (Sweet & Wells, 1974). Os valores médios da taxa de crescimento relativos ao período 1992-97 são mostrados na TABELA 3, para ambos os tipos de plantas e locais. A análise de variância não revelou diferenças significativas entre as árvores que cresceram via estacas ou sementes. Sweet & Wells (1974) observaram que as árvores originadas de sementes incrementaram sua taxa de crescimento muito mais rapidamente que os propágulos vegetativos de *Pinus radiata*, nos primeiros anos após o plantio.

MORA, F. *et al.* Análise do crescimento de árvores de sete anos de idade, originadas de estacas e sementes de *Pinus radiata* D. Don, provenientes de geração avançada de melhoramento.

Sweet (1973), em avaliações de uma plantação com três anos de idade de *Pinus radiata*, realizadas em um ensaio montado especialmente para comparar as taxas de crescimento entre plantas originadas de sementes e estacas obtidas de árvores de idades diferentes, mostrou que os propágulos juvenis (estacas obtidas de ortet de seis anos de idade) diferiram amplamente em crescimento e forma dos propágulos velhos (enxertos de estacas provenientes de ortet mais velhos), sugerindo que o desenvolvimento de estacas enraizadas, em comparação com plantas originadas de semente, possui uma correlação com a idade do ortet. As plantas originadas de estacas, que foram avaliadas neste estudo, mostraram uma taxa de crescimento similar àquelas originadas por sementes, devido, provavelmente, ao seu estado juvenil no momento do plantio (um ano de idade fisiológica) com um efeito de maturação mínimo. A taxa de crescimento relativo varia no decorrer do desenvolvimento da árvore por efeito da maturação do indivíduo ou porque os fatores ambientais não permanecem constantes (Medina, 1977). Segundo Lambeth *et al.* (1994), a taxa de crescimento médio depende da qualidade do plantio, condições de tempo atmosférico posterior ao plantio e controle de enfermidades. O amplo intervalo de tempo entre uma medição e outra não permite interpretar o padrão de incremento real anual do período de crescimento dos cinco anos.

Contudo, essas taxas de crescimento permitem observar o incremento no tamanho médio do período estudado. Em estudo similar com *Pinus radiata*, Shelbourne & Thulin (1974), Sweet (1973) e Sweet & Wells (1974) utilizaram taxas de crescimento relativo com intervalos de um e dois anos.

Retidão do tronco e diâmetro dos galhos

A TABELA 3 mostra os valores médios da avaliação subjetiva realizada para os caracteres retidão do tronco e diâmetro dos galhos, para os dois tipos de propagação e experimentos. Em ambos os locais, as árvores originadas de estacas tiveram uma média superior em retidão do tronco e diâmetro dos galhos. Porém, essas diferenças não foram significativas, estatisticamente, ao nível de 1% de probabilidade. Fielding (1970) avaliou ensaios de propagação vegetativa de *Pinus radiata* usando estacas provenientes de ortet de 5 a 24 anos de idade, e verificou que as árvores que crescem via estacas têm um tronco mais reto e diâmetro dos galhos menores que as árvores que crescem via sementes, com uma idade equivalente depois do plantio. Pesquisa realizada por Sweet & Wells (1974) demonstrou que árvores originadas de sementes de *Pinus radiata* tiveram troncos menores e menos retos que a maioria dos propágulos vegetativos.

TABELA 3 – Valores médios da taxa de crescimento relativo da altura (TCR), retidão do tronco (RT) e diâmetro dos galhos (DG) por local e tipo de propagação.

Tipo de propagação	Angol			Nascimento		
	TCR	RT	DG	TCR	RT	DG
Estacas	0,33	1,92	2,43	0,41	3,06	2,95
Sementes	0,34	1,76	2,28	0,41	2,94	2,84

Klomp & Hong (1985) comprovaram que as árvores de *Pinus radiata* que crescem a partir de estacas possuem vantagens tais como: menor malformação e uma frequência maior de troncos aceitáveis em comparação a plantas que crescem generativamente. Porém, Zobel & Talbert (1984) afirmam que o principal problema que ocorre quando se trabalha com propágulos vegetativos, é que estes freqüentemente crescem de maneira desigual, dependendo de sua origem e da idade do ortet.

O termo ciclofisis é aplicado aos efeitos da idade e topofisis aos efeitos da origem (Libby, 1974). Os propágulos vegetativos avaliados neste estudo possuem um efeito de topofisis depreciável, devido, provavelmente, à sua curta idade fisiológica. Burdon & Shelbourne (1974) recomendam utilizar árvores provenientes quando ainda são jovens para a obtenção de propágulos vegetativos, pois estes tendem a eliminar os efeitos adversos devidos a topofisis.

4 CONCLUSÕES

Neste estudo, as árvores que cresceram via estacas, originadas de ortets de um ano de idade, apresentaram características semelhantes às árvores provenientes de sementes, em retidão do tronco e diâmetro relativo dos galhos. Também os propágulos vegetativos exibiram um crescimento satisfatório, igualando ou até mesmo superando o crescimento mostrado pelas árvores originadas de sementes de qualidade genética equivalente.

A produção de plantas via estacas enraizadas, provenientes de árvores de geração avançada, pode ser um método adequado para o estabelecimento de plantações comerciais de *Pinus radiata*, pois permite transferir integralmente as características desejáveis dos indivíduos superiores, característica particular da propagação vegetativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BILABEL, P. Interacción genotipo x ambiente en progenies de *Pinus radiata* D. Don, originadas a través de polinización controlada. 1998. 47 f. Tesis (Licenciatura en Ciencias Forestales) - Universidad de Talca, Talca.
- BORRALHO, N. M. G.; COTIERILL, P. P.; KANOWSKI, P. J. Genetic control of growth of *Eucalyptus globulus* in Portugal. II. Efficiencies of early selection. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v. 41, n. 2, p.70-77, 1992.
- BURDON, R. D.; SHELBORNE, C. J. A. The use of vegetative propagules for obtaining genetic information. *New Zealand Journal of Forestry Science*, Rotorua, v. 4, p. 418-425, 1974.
- _____.; BANNISTER, M. H; LOW, C. B. Variance structures and heritabilities in juvenile clones. *New Zealand Journal of Forestry Science*, Rotorua, v. 4, p. 187-210, 1992.
- CARSON, M. J. Advantages of clonal forestry for *Pinus radiata*. Real or imagined. *New Zealand Journal Forestry Science*, Rotorua, v. 16, p. 403-415, 1986.
- FIELDING, H. Trees grown from cutting compared with trees grown from seed (*Pinus radiata* D. Don). *Silvae Genetica*, Frankfurt, v. 19, p. 54-63, 1970.
- FOSTER, G. S. Trends in genetic parameters with stand development and their influence on early selection for volume growth in loblolly pine. *Forest Science*, Washington, D.C., v. 32, p. 944-959, 1986.
- HOLDEN, D.G. *et al.* Growth and predicted value of *Pinus radiata* cuttings and seedlings on a fertile farm site. *New Zealand Journal of Forestry Science*, Rotorua, v. 25, p. 283-300, 1995.
- KARLSSON, L; RUSSELL, J. Comparisons of yellow cypress trees of seedlings and rooted cuttings origins after 9 and 11 years in the field. *Canadian Journal of Forest Research*, Ottawa, v. 20, p.37-42, 1990.
- KLOMP, B. K.; HONG S.O. Performance of *Pinus radiata* seedlings and cuttings to age 15 years. *New Zealand Journal Forestry Science*, Rotorua, v. 15, p. 281-297, 1985.
- LAMBETH, C., ENDO, M.; WRIGHT, J. Genetic analysis of 16 clonal trials of *Eucalyptus grandis* and comparisons with seedling checks. *Forest Science*, Washington, v. 4, p. 397-411, 1994.
- LIBBY, W .J. The use of vegetative propagules in forest genetics and tree improvement. *New Zealand Journal Forestry Science*, Rotorua, v. 4, p. 440-447, 1974.
- MEDINA, E. **Introducción a la ecofisiología vegetal**. Washington, D.C.: OEA, 1977. 97 p.
- SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system user's guide**. Release 6.12. Cary: SAS Institute, 1996. 956 p.
- SHELBORNE, C. J. A.; THULIN, I. J. Early results from a clonal selection and testing programme with radiata pine. *New Zealand Journal Forestry Science*, Rotorua, v. 4, p. 387-398, 1974.
- SWEET, G. B. The effect of maturation on the growth and form of vegetative propagules of radiata pine. *New Zealand Journal Forestry Science*, Rotorua, v. 3, p. 191-210, 1973.
- _____.; WELLS, L. G. Comparison of the growth of vegetative propagules and seedlings of *Pinus radiata*. *New Zealand Journal Forestry Science*, Rotorua, v. 4, p.3 99-409, 1974.

MORA, F. *et al.* Análise do crescimento de árvores de sete anos de idade, originadas de estacas e sementes de *Pinus radiata* D. Don, provenientes de geração avançada de melhoramento.

TURNER, J.; LAMBERT, M. J. Nutrition and nutritional relationships of *Pinus radiata*. **Annual Review of Ecology and Systematics**, California, v. 17, p. 325-350, 1986.

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