

## Efeito do Espaçamento no Desenvolvimento Volumétrico de *Pinus taeda* L.

Rodrigo Lima<sup>1</sup>, Mario Takao Inoue<sup>2</sup>, Afonso Figueiredo Filho<sup>2</sup>,  
Antonio José de Araujo<sup>2</sup>, Sebastião do Amaral Machado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Irati/PR, Brasil

### RESUMO

O espaçamento ideal das árvores de *Pinus taeda* L., com o qual se obtém maior produção de madeira; é uma das questões a serem consideradas nas pesquisas de manejo florestal. O presente trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento das árvores em diferentes espaços vitais de crescimento (entre 1,0 m<sup>2</sup> e 16,0 m<sup>2</sup> por árvore) de um experimento com nove tratamentos de espaçamento inicial implantado na região de Irati-PR. O trabalho baseou-se nas medidas de altura e DAP (diâmetro à altura do peito) em 25 árvores internas da parcela, aos sete anos após plantio das mudas oriundas de pomar de sementes clonal. Análises da variância e regressões foram usadas para interpretação dos resultados. Volumes médios entre 74,75 e 274,89 m<sup>3</sup>/ha foram comprovados. Se o objetivo for a produção volumétrica mesmo com diâmetros pequenos, deve-se optar por espaçamentos menores. Quando se desejam maiores diâmetros, a opção é por espaços maiores. Um melhor desempenho na relação entre volume e diâmetro pode ser obtido com o uso de espaços vitais entre 5,0 m<sup>2</sup> e 8,0 m<sup>2</sup> para cada árvore.

**Palavras-chave:** espaçamento, produção volumétrica, incremento anual.

### Effect of Spacing on the Volumetric Development of *Pinus taeda* L.

### ABSTRACT

The ideal spacing of a tree species is the one that maximizes wood production. Spacing is an important matter to be considered in forest management researches. The present study aimed to evaluate the development of *Pinus taeda* L. in the region of Irati, southern Brazil, grown at different vital spaces (ranging from 1.0 m<sup>2</sup> to 16.0 m<sup>2</sup> per tree), provided by nine different spacing measures between plants of a field experiment carried out in randomized block design with five replications. This study was based on measures of height and diameter at breast height (DBH) on 25 trees within the plot, seven years after the planting of seedlings from a clonal seed orchard. Analyses of variance and regressions were used to interpret the results. Average volumes between 74.75 and 274.89 m<sup>3</sup> per hectare have been verified. Considering production volume even with small diameters, one should opt for smaller spaces; when larger diameters are desired, the option should be for larger spaces. A better performance in the relationship between volume and diameter can be obtained using vital spaces between 5.0 m<sup>2</sup> and 8.0 m<sup>2</sup> for each tree.

**Keywords:** spacing, volume production, annual increment.

## 1. INTRODUÇÃO

Na medida em que a busca pelo aumento da produtividade em plantios florestais é constante, a produção de madeira com boas características depende do uso do manejo florestal e de práticas silviculturais adequadas, cuja prática necessita do conhecimento sobre a dinâmica de crescimento e a interação entre indivíduos no povoamento.

O espaçamento para o crescimento florestal muitas vezes é determinado de maneira empírica, devendo-se a decisão às práticas comuns e à cultura local. Esta constatação pode ser observada nos dias atuais, quando o fator espaçamento ainda não é empregado de forma correta em relação ao objetivo a que se destina o plantio quanto às adaptações às condições locais.

Inúmeros fatores podem ser elencados como determinantes na escolha do espaçamento a ser empregado em plantios florestais, dentre os quais: a forma de crescimento e desenvolvimento radicial; as características do solo; o crescimento e o desenvolvimento das variáveis dendrométricas; a tolerância e a adaptabilidade da espécie escolhida; as práticas silviculturais e técnicas de manejo; os fatores climáticos; as condições de mercado; os métodos de colheita e, principalmente, o objetivo da produção.

A determinação dos espaçamentos depende, frequentemente, da disponibilidade de maquinário e ferramentas usualmente empregados na preparação da área onde será implantada a floresta, do cultivo propriamente dito e da tendência de facilitação da futura colheita.

O espaçamento é uma das variáveis que atuam sobre o crescimento de um povoamento e que pode ser controlada eficientemente pelo silvicultor, desempenhando um papel muito importante quando se deseja produzir madeira de boa qualidade (Berger, 2000).

A escolha do espaçamento tem como principal objetivo proporcionar para cada árvore o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo (Chies, 2005).

No planejamento para a implantação de uma floresta, a decisão em relação ao espaçamento de plantio é fundamental. Do ponto de vista

silvicultural, considerando-se uma mesma espécie e um mesmo sítio, a escolha de um determinado espaçamento implicará: no número de tratos culturais a serem efetuados; na taxa de crescimento; no volume de madeira produzido; no sortimento de madeira; na taxa de mortalidade e dominância; na idade de estagnação do crescimento; nas práticas de implantação; no manejo e na exploração; no volume da copa; na frutificação, e nos custos de produção, dentre outros aspectos (Sanquetta et al., 2003). Assim, depreende-se a importância da realização de estudos sobre o desenvolvimento das espécies florestais em espaçamentos variados, visando a um melhor conhecimento da sua interação com o meio onde estão inseridas.

Na literatura específica, encontram-se vários estudos relacionados ao espaçamento para produção de *Pinus taeda*. Entre estes, podem-se citar Pienaar & Shiver (1993), Gomes et al. (1997), Sanquetta et al. (1998), Baldwin Junior et al. (2000), Harms et al. (2000), Will et al. (2001), Radtke et al. (2003) e Pauleski (2010). Entretanto, o presente estudo diferencia-se dos demais por apresentar um maior número de tratamentos (espaçamentos), bem como a análise do crescimento em espaços vitais extremos, entre 1,0 m<sup>2</sup> e 16,0 m<sup>2</sup> por árvore.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de nove diferentes espaçamentos no desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Irati encontra-se a 156 km de Curitiba, capital do Estado do Paraná. Está localizado na região Centro-Sul do Estado (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 25° 27' 56" S e 50° 37' 51" W. Encontra-se na região dos Campos Gerais no segundo planalto, em meio à Floresta Ombrófila Mista.

O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é definido como *Cfb* Subtropical Úmido Mesotérmico, de verões frescos, geadas severas e frequentes, sem estação seca. A média das temperaturas dos meses mais frios são inferiores a 11 °C e, dos meses mais quentes, são inferiores a 24,2 °C.

As precipitações ocorrem durante todos os meses do ano. A precipitação média mensal no município é de 193,97 mm. Na região, predominam solos Silticos Argilosos, Litólicos, Coluviais e Saprolíticos (Irati, 2009).

O solo da área experimental classifica-se como Neossolo Regolítico Distro úmbrico léptico (RRdh), com textura muito argilosa (Lima et al., 2009).

### 2.1. Características do experimento

Implantou-se, em 2002, no Campus Universitário de Irati, um experimento com mudas produzidas com sementes de um pomar clonal de *Pinus taeda* L., cedidas pela empresa Klabin do Paraná. Como tratamentos, foram considerados nove espaçamentos, simulando espaços vitais de 1,0 m<sup>2</sup> a 16,0 m<sup>2</sup>. Considerando-se a declividade do terreno, o experimento foi planejado usando delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições, dispostos paralelamente à declividade. Para simular diferentes espaços vitais de crescimento, foram utilizados nove tratamentos de espaçamento entre mudas, conforme Tabela 1.

O preparo de solo foi feito por aração e o plantio foi manual, com perfuração de covas com o uso de

sacho. O controle de formigas cortadeiras foi feito por ocasião do plantio, com o uso de iscas, a base de 10 g por 100 m<sup>2</sup> de terreno.

A limpeza da área experimental foi feita um ano após o plantio por meio de coroamento ao redor das plantas e capina nos espaços entre blocos, sendo repetida anualmente.

Em 2006, aos quatro anos de idade, foi realizada a primeira desrama das árvores, visando à obtenção de um núcleo nodoso de aproximadamente 5,0 cm. A operação foi aplicada em todas as árvores até o verticilo imediatamente abaixo de 1,3 m do solo.

### 2.2. Análise dos dados

A cada ano, até 2005, foram medidas apenas as alturas das mudas. A partir de 2006, foram mensurados a altura total (clinômetro eletrônico Haglöf) e o DAP (fita métrica). Tomando-se os valores de altura e DAP das árvores, foi estimado o volume de cada indivíduo utilizando a equação 1:

$$v = g_i \times ht \times f \tag{1}$$

Em que:  $v$  = volume (m<sup>3</sup>);  $g_i$  = área transversal da árvore  $i$  (m<sup>2</sup>);  $ht$  = altura total da árvore  $i$  (m);  $f$  = fator de forma (0,5).



Figura 1. Localização da área de estudo.  
Figure 1. Study area location.

Tabela 1. Caracterização dos tratamentos.  
Table 1. Characterization of treatments.

Tratamento	Espaçamento (m)	Espaço vital (m <sup>2</sup> )	Número de árvores medidas
1	1,0 × 1,0	1,0	25
2	2,0 × 1,0	2,0	25
3	2,0 × 2,0	4,0	25
4	3,0 × 2,5	7,5	25
5	3,0 × 3,0	9,0	25
6	3,0 × 3,5	10,5	25
7	4,0 × 3,0	12,0	25
8	4,0 × 3,5	14,0	25
9	4,0 × 4,0	16,0	25

Posteriormente, os valores médios de volume por árvore foram multiplicados pelo número de árvores estimado correspondente a cada espaçamento, estimando-se assim o volume por hectare. Os incrementos anuais em volume por hectare foram calculados com base no crescimento das 25 árvores centrais de cada parcela. O incremento médio anual foi obtido por meio da equação 2:

$$IMA_x = \frac{X_I}{I} \quad (2)$$

Em que:  $IMA_x$  = incremento médio anual do volume por ha;  $X_I$  = volume obtido na idade I;  $I$  = idade (anos).

O incremento corrente anual foi obtido pela equação 3:

$$ICA_x = X_{I+1} - X_I \quad (3)$$

Em que:  $ICA_x$  = incremento corrente anual do volume por ha;  $X_{I+1}$  = volume obtido na idade I+1;  $X_I$  = volume obtido na idade I.

Na avaliação estatística, inicialmente foi efetuada a análise de homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett ( $\alpha = 0,05$ ). A análise de variância ( $\alpha = 0,05$ ) foi utilizada para avaliar o efeito dos espaçamentos e da idade no desenvolvimento em volume. Posteriormente, aplicou-se o teste estatístico de comparação de médias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Para a interpretação das relações entre as variáveis dendrométricas, foram calculadas regressões

( $\alpha = 0,01$ ). As análises estatísticas foram executadas com o programa *Statgraphics Plus 5.1*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de Bartlett apontou heterogeneidade de variâncias no nível de 5% de significância. Assim, os valores foram logaritimizados e então o teste de Bartlett indicou variâncias homogêneas, aplicando-se, na sequência, as demais análises. Os resultados observados na análise de variância indicam que o espaçamento influencia significativamente o crescimento em volume por hectare, assim como a idade ( $p < 0,05$ ). O teste de Tukey revelou diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos (Tabela 2).

Maiores valores de volume por unidade de área foram verificados nos espaços vitais menos amplos,  $1,0 \times 1,0$  m ( $1,0 \text{ m}^2/\text{árv.}$ ) e  $2,0 \times 1,0$  m ( $2,0 \text{ m}^2/\text{árv.}$ ). Ocorrência esta justificada pelo maior número de árvores nestes espaçamentos, 10.000 árv./ha e 5.000 árv./ha, respectivamente. Tais tratamentos apontaram também maiores coeficientes de variação experimental com 40% e 20%, constituindo-se, porém, valores aceitáveis tratando-se de plantios florestais. Com altas densidades, observou-se a produção de fustes mais tortuosos e pequenos, e diâmetros menores, em relação às densidades mais baixas; tal ocorrência, segundo Dacosta (2008), é característica comum em plantios de *Pinus taeda* L.

**Tabela 2.** Média do volume estimado ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ), desvio padrão e coeficiente de variação (CV%) de *Pinus taeda* L. aos sete anos de idade.

**Table 2.** Mean of estimated volume ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ), standard deviation and coefficient of variation (CV%) of *Pinus taeda* L. at age seven.

Tratamento	Espaçamento (m)	Espaço vital ( $\text{m}^2$ )	Volume estimado ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )	Desvio Padrão	CV (%)
1	$1,0 \times 1,0$	1,0	274,89 <sup>a</sup>	110,7	40
2	$2,0 \times 1,0$	2,0	259,77 <sup>a</sup>	54,6	20
3	$2,0 \times 2,0$	4,0	170,05 <sup>b</sup>	33,9	19
4	$3,0 \times 2,5$	7,5	125,26 <sup>bc</sup>	19,8	16
5	$3,0 \times 3,0$	9,0	117,30 <sup>bc</sup>	24,3	19
6	$3,0 \times 3,5$	10,5	102,49 <sup>bc</sup>	19,9	19
7	$4,0 \times 3,0$	12,0	104,05 <sup>bc</sup>	14,5	15
8	$4,0 \times 3,5$	14,0	91,66 <sup>bc</sup>	13,7	15
9	$4,0 \times 4,0$	16,0	74,75 <sup>c</sup>	17,6	19

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey no nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ); CV%: coeficiente de variação.

Means followed by the same letter in the column do not differ significantly by Tukey test at 5% significance ( $p < 0,05$ ); CV%: coefficient of variation.

Os tratamentos com espaçamentos: 3,0 x 2,5 m; 3,0 x 3,0 m; 3,0 x 3,5 m; 4,0 x 3,0 m e 4,0 x 3,5 m apresentaram comportamento volumétrico homogêneo, com médias estatisticamente semelhantes pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Menor produção em volume por hectare foi verificada no tratamento 9, em espaçamento mais amplo (4,0 x 4,0 m), obviamente em razão do menor número de indivíduos por unidade de terreno (625 árv./ha). No caso de espaçamentos menos densos, o espaço para o crescimento de cada árvore é ampliado, proporcionando melhor crescimento e desenvolvimento da planta, e promovendo maiores diâmetros, maior conicidade e bom desenvolvimento radicial e da copa; esse conjunto de características contribui diretamente na qualidade e na quantidade da produção em termos individuais.

Analisando-se estatisticamente os incrementos médios e correntes anuais em volume por hectare de *Pinus taeda* L., sete anos após o plantio, comprovou-se o efeito significativo do espaçamento na evolução volumétrica.

Aos quatro anos, observaram-se valores de IMA de 1,45 m<sup>3</sup>/ha.ano (16,0 m<sup>2</sup>) até 10,65 m<sup>3</sup>/ha.ano (2,0 m<sup>2</sup>). No quinto e também no sexto ano, foi possível comprovar que os espaços vitais com 1,0 e 2,0 m<sup>2</sup> apresentaram maiores valores de incremento médio em volume. Aos sete anos de idade, foram encontrados valores entre 10,68 m<sup>3</sup>/ha.ano (16,0 m<sup>2</sup>) e 39,27 m<sup>3</sup>/ha.ano (1,0 m<sup>2</sup>).

Quanto ao incremento corrente anual, entre quatro e cinco anos, os espaçamentos de 1,0 x 1,0 m (10.000 árv./ha) e 2,0 x 1,0 m (5.000 árv./ha) foram responsáveis pelos maiores valores, com 67,15 m<sup>3</sup>/ha.ano e 56,42 m<sup>3</sup>/ha.ano, respectivamente. Entre cinco e seis anos, observou-se um decréscimo no incremento corrente em volume por hectare no espaçamento menos amplo (1,0 m<sup>2</sup>), o que se mostrou um fato isolado, já que os demais tratamentos apontaram valores crescentes. No último ano estudado, os valores variaram de 30,36 m<sup>3</sup>/ha.ano até 106,96 m<sup>3</sup>/ha.ano. O tratamento com 16,0 m<sup>2</sup> (625 árv./ha) apresentou os menores valores médios ao longo das idades avaliadas.

Alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,85$ ) foi comprovado nas análises de regressão entre IMA em volume por hectare e espaço vital ( $p < 0,01$ ), bem

como entre ICA em volume e espaço vital ( $R^2 = 0,91$ ); confirmou-se, assim, a propensão de menores valores das referidas variáveis em espaçamentos mais amplos, conforme Figura 2.

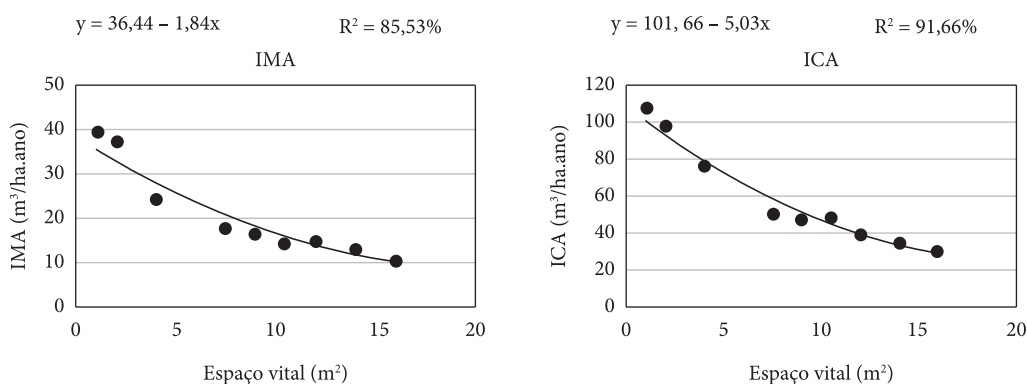
Shimizu et al. (1981), testando procedências de *Pinus taeda* em espaço vital de 6,25 m<sup>2</sup>/árv., verificaram, aos seis anos de idade, que o incremento médio anual volumétrico variou entre 5,28 e 26,64 m<sup>3</sup>/ha.ano. Mesmo considerando-se a diferença de um ano de idade, os valores do presente trabalho mostram-se compatíveis (17,52 m<sup>3</sup>/ha.ano no espaço de 7,5 m<sup>2</sup> e 24,78 m<sup>3</sup>/ha.ano no espaço de 4,0 m<sup>2</sup>).

Em estudo realizado por Leite et al. (2006), os autores apresentaram um valor máximo para incremento médio anual em volume de 21,5 m<sup>3</sup>/ha.ano aos sete anos de idade e de 39,3 m<sup>3</sup>/ha.ano para a idade de 14 anos. Para a idade mais jovem, os valores são comparáveis com os do presente estudo.

Os resultados obtidos nesta pesquisa apontam para o uso de espaçamentos mais amplos quando se deseja obter diâmetros maiores com menor produção volumétrica, enquanto que o uso de espaçamentos menores pode proporcionar árvores mais altas, menores diâmetros e produção volumétrica superior por unidade de área. Entretanto, de acordo com Lewis & Ferguson (1993), a tendência nas plantações de *Pinus* nas regiões tropicais e subtropicais é a adoção de densidades menores de árvores por hectare, entre 1.000 e 1.500, pois o espaçamento inicial de plantio interfere na altura de inserção dos primeiros galhos, o que pode determinar menor volume de madeira livre de nós e, conseqüentemente, influenciar sobremaneira no seu uso final.

Para algumas finalidades, o interesse é voltado para a produção volumétrica (energia); em outros casos, desejam-se árvores de maiores diâmetros (madeireiras e serrarias). No caso dos espaçamentos intermediários, notou-se que o espaço vital com 5,0 m<sup>2</sup>/árv. apresenta boa relação entre diâmetro individual e volume por hectare, com diâmetro médio acima de 13,0 cm e volume por unidade de área acima de 200 m<sup>3</sup>.

Yero et al. (1992), testando espaçamentos de 3,0 x 2,0 m; 3,0 x 2,5 m, e 3,0 x 3,0 m concluíram que estes são os mais aconselhados para o



**Figura 2.** Regressão entre os incrementos em volume por hectare e espaço vital.  
**Figure 2.** Regression between the volume increments per hectare and vital space.

desenvolvimento de *Pinus maestris*, quando avaliados os índices de sobrevivência, diâmetro, volume e área basal. Nesse caso, os espaçamentos utilizados pelos autores citados encaixam-se na faixa intermediária de tratamentos avaliados nesta pesquisa, entre 6,0 e 9,0 m<sup>2</sup>/árv., confirmando os bons resultados obtidos.

Blanco et al. (1988), em estudos realizados em um plantio experimental de 14 anos, avaliando o comportamento de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, em cinco espaçamentos diferentes, variando de 3,0 × 1,0 m até 3,0 × 3,0 m, concluíram que o espaçamento 3,0 × 2,5 m resultou em melhor altura e diâmetro.

Sanquetta et al. (1998) sugeriram que a combinação ideal de espaçamento de plantio e regime de desbaste, para a produção de madeira para laminação num horizonte de 20 anos, estaria nos espaçamentos de 2,5 × 2,8 m a 2,5 × 4,4 m (entre 7,0 e 11,0 m<sup>2</sup>/árv.), sem a adoção de qualquer desbaste.

Smith & Strub (1991) relataram que, para espécies de *Pinus* da região sul dos Estados Unidos, os melhores espaçamentos estão na faixa de 2,4 × 2,4 m a 3,0 × 3,0 m, os quais proporcionam um número entre 1.000 e 1.600 árvores por hectare. Essa faixa de espaçamento tem a vantagem de permitir acesso de equipamentos pequenos e médios para operações de manutenção e manejo do povoamento.

No presente estudo, os espaços vitais entre 5,0 e 8,0 m<sup>2</sup>/árv. apresentaram ótimos resultados quando se objetiva boa relação entre diâmetros amplos e produção volumétrica. Possivelmente, conforme os

valores observados, o encontro das curvas de ICA e IMA em volume por hectare ocorrerá aos 9/10 anos, sendo este o momento de máxima capacidade produtiva. A realização de um desbaste até essa idade terá resposta positiva.

#### 4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir, nas condições do presente estudo e até a idade de sete anos, que para *Pinus taeda* L.:

- O espaçamento afetou o crescimento em volume por hectare, bem como a evolução dos incrementos anuais desta variável. Os espaçamentos mais densos (1,0 m<sup>2</sup> e 2,0 m<sup>2</sup>) apresentaram maiores incrementos anuais em volume por unidade de área;
- A diferença entre tratamentos de mais de 28 m<sup>3</sup>/ha.ano confirma a propensão de maiores incrementos anuais em volume conforme for menor o espaço vital disponível. O desenvolvimento da espécie para a região pode ser considerado muito bom; e
- Para as condições avaliadas, a melhor relação entre produção volumétrica e diâmetros amplos pode estar nos espaços vitais entre 5,0 m<sup>2</sup> e 8,0 m<sup>2</sup> para cada árvore.

Recomenda-se a adoção de espaçamentos menores, quando se objetiva a produção volumétrica, mesmo com diâmetros menores. Para árvores com diâmetros maiores, deve-se optar por espaçamentos mais amplos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Pessoal de Nível Superior – CAPES, ao Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná – UFPR e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, pelo importante apoio para a realização deste trabalho.

## STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 22/12/2010

Aceito: 20/12/2012

Publicado: 30/06/2013

## AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

### Rodrigo Lima

Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Av. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil  
e-mail: rodrigo.eng3@gmail.com

### Mario Takao Inoue

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Rod. PR 153, Km 7, Riozinho, CEP 84500-000, Irati, PR, Brasil  
e-mail: takao@irati.unicentro.br

## REFERÊNCIAS

Baldwin Junior VC, Peterson KD, Clark III A, Ferguson RB, Strub MR, Bower DR. The effects of spacing and thinning on stand and tree characteristics of 38 year old loblolly pine. *Forest Ecology and Management* 2000; 137: 91-102. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00340-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00340-0)

Berger R. *Crescimento e qualidade da madeira de um clone de Eucalyptus saligna Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilidade* [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2000.

Blanco JJ, Ramos L, Romero FA, Friol P, Herrero G. Comportamiento de *Pinus tropicalis* en cinco

espaciamientos de plantación en los suelos ferralíticos cuarcíticos amarillos de Viñales, Cuba. *Baracoa* 1988; 18(2): 21-30.

Chies D. *Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da Madeira serrada de Pinus taeda L* [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2005.

Dacosta LPE. *Relações biométricas em povoamentos jovens de Pinus taeda L. na província de Corrientes, República da Argentina* [tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2008.

Gomes FS, Maestri R, Sanquetta CR. Avaliação da produção em volume toral e sortimentos de povoamentos de *Pinus taeda L.* submetidos a diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. *Ciência Florestal* 1997; 7(1): 101-126.

Harms WR, Whitesell CD, Debell DS. Growth and development of loblolly pine in a spacing trial planted in Hawaii. *Forest Ecology and Management* 2000; 126: 13-14. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00079-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00079-1)

Irati. Prefeitura Municipal. Tipos predominantes de Solos. [cited 2009 set.]. Available from: <http://www.irati.pr.gov.br/municipio/geografia.asp>.

Leite HG, Nogueira GS, Moreira AM. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda L.* *Árvore* 2006; 30(4): 603-613.

Lewis NB, Ferguson IS. *Management of radiata pine*. Melbourne, Sidney: Inkata Press; 1993. 404 p.

Lima R, Inoue MT, Lombardi KC, Blum H, Sampietro JA. Carbono orgânico no solo em função do espaço vital de crescimento de *Pinus taeda L.* In: *Resumos do XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*; 2009; Fortaleza. Fortaleza; 2009. v. 1, p. 463- 583.

Pauleski DT. *Influência do espaçamento sobre o crescimento e a qualidade da madeira de Pinus taeda L* [tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2010.

Pienaar LV, Shiver BD. Early results from an old-field loblolly pine spacing study in the Georgia piedmont with competition control. *Southern Journal of Applied Forestry*. 1993; 17: 193-196.

Radtke PJ, Westfall JA, Burkhart AW. Conditioning a distance-dependent competition index to indicate the onset of intertree competition. *Forest Ecology and Management* 2003; 175: 17-30. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00118-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00118-4)

Sanquetta CR, Mora AL, Borsato R, Vidal MAS, Peixoto AMM, Chiaranda R. Efeito do espaçamento de plantio em reflorestamentos de *Pinus taeda L.* em Jaguariaíva-PR. *Acadêmica* 2003; 1(1): 55-61.

Sanquetta CR, Rezende AV, Gaiad D, Schaaf LB, Zampier AC. Produção de madeira para laminação em

povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes densidades e regimes de desbaste: uma abordagem experimental. *Floresta* 1998; 28(1-2): 80-96.

Shimizu JY, Higa AR. Variação racial do *Pinus taeda* L. no Sul do Brasil até o sexto ano de idade. *Boletim de Pesquisa Florestal* 1981; (2): 1-25.

Smith WD, Strub MR. Initial spacing: how many trees to plant. In: Duryea ML, Dougherty PM. *Forests regeneration manual*. Dordrecht: Keuwer Ac. Publishers; 1991. p. 281-289. PMCID:1977510. [http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-3800-0\\_15](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-3800-0_15)

Will RE, Barron GA, Colter Burkes E, Shiver B, Teskey RO. Relationship between intercepted radiation, net photosynthesis, respiration, and rate of stem volume growth of *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* stands of different densities. *Forest Ecology and Management* 2001; 154: 155-163. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00625-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00625-3)

Yero L, Gonzalez A, Molina G, Torres JY, Herrero GE. Estudio sobre el desarrollo del *Pinus maestrensis* Bajo Nueve, tipos de espacimientos en su habitat natural, la Sierra Maestra. *Baracoa* 1992; 22(1): 73-83.