

Influência do espaço vital de crescimento na altura e diâmetro de *Pinus taeda* L.Influence of vital growth space on height and diameter of *Pinus taeda* L.Mario Takao Inoue¹, Afonso Figueiredo Filho² e Rodrigo Lima³**Resumo**

O presente trabalho objetivou avaliar o comportamento de *Pinus taeda* L. em diferentes espaços vitais de crescimento (entre 1 m² e 16 m² por planta) de um experimento com nove tratamentos de espaçamento inicial implantado na região de Irati, PR. Para o presente trabalho coletou-se dados de altura e circunferência a 1,3 m do solo, medidos aos sete anos após plantio das mudas oriundas de sementes de pomar clonal, em 25 árvores internas de cada parcela. Os dados coletados resultaram em variáveis dendrométricas de altura, DAP e área basal, assim como nos respectivos incrementos médios anuais (IMA). Valores de altura das árvores variaram entre 8,5 m e 10,3 m, sendo maiores quanto menor o espaço vital. Em espaços mais largos, os valores de DAP foram maiores, que variaram entre 7,95 cm e 18,78 cm. Valores estimados da área basal foram inversamente proporcionais ao aumento do espaço vital, com valores entre 56,11 m².ha⁻¹ e 17,17 m².ha⁻¹. As árvores alcançaram valores médios de IMA entre 1,2 m.ano⁻¹ e 1,4 m.ano⁻¹ em altura, 1,13 cm.ano⁻¹ e 2,68 cm.ano⁻¹.ano em DAP e 2,45 m².ha⁻¹.ano⁻¹ e 8,01 m².ha⁻¹.ano⁻¹ em área basal, o que demonstra um bom desempenho da espécie para a região. Se o objetivo for a maior ocupação espacial e consequente maior biomassa (representada pela área basal), independente do diâmetro das árvores, pode-se optar por espaços vitais menores, a partir de 1 m². Para obtenção de árvores com diâmetros maiores, recomendam-se espaços vitais mais largos até 12 m². O melhor rendimento para obtenção de elevada área basal com árvores de maiores diâmetros pode estar em um espaço vital entre 4 m² e 6 m² por árvore.

Palavras-chave: espaçamento, área basal, IMA, crescimento juvenil.

Abstract

The present study evaluated the performance of *Pinus taeda* L. in the region of Irati, Southern Brazil, growing at different vital spaces (ranging from 1 m² and 16 m² per tree), provided by nine different areas given to trees in a field trial installed as a randomized block design with five replications, using seedlings from a clonal seed orchard. Data were collected when trees were seven years old after planting; with height and circumference measured 1.3 m above ground in the 25 internal trees in each plot. Data obtained yielded dendrometric variables such as height, diameter at breast height (dbh) and basal area, as well as mean annual increments (MAI). Tree heights varied from 8.51 m to 10.3 m and were higher in smaller areas. In large areas the trees reached greater dbh values: from 7.95 cm to 18.78 cm. The estimated basal area was inversely proportional to the increase in vital space area, ranging from 56.11 m².ha⁻¹ to 17.17 m².ha⁻¹. Mean MAI ranged from 1.21 m.year⁻¹ to 1.44 m.year⁻¹ for height; 1.13 cm.year⁻¹ to 2.68 cm.year⁻¹ for dbh; and 2.45 m².ha⁻¹.year⁻¹ to 8.01 m².ha⁻¹.year⁻¹ for basal area. This is a good performance of *Pinus taeda* in the central-southern region of Paraná State. For a better occupation of space and consequent higher stem biomass production (represented by basal area), independent of tree diameter; a smaller vital space like 1 m² can be chosen. If trees with greater diameter are desired, a larger vital space area of up to 12 m² is recommended. The best yields resulting in great basal area and large diameter can be found at vital spaces between 4 m² and 6 m² per tree.

Keywords: spacing, basal area, MAI, juvenile growth.

¹Eng. Flor., Doutor, Dep. de Engenharia Florestal, Univ. Est. do Centro-Oeste-UNICENTRO, PR. Rodovia PR 153, Km 7, Bairro Riozinho, 84500-000, Irati, Paraná - E-mail: takao@irati.unicentro.br

²Eng. Flor., Doutor, Dep. de Engenharia Florestal, Univ. Est. do Centro-Oeste-UNICENTRO, PR. Rodovia PR 153, Km 7, Bairro Riozinho, 84500-000, Irati, Paraná - E-mail: afonso.figueiredo@pq.cnpq.br

³Eng. Flor., M.Sc., doutorando junto à UFPR. Av. Lothário Meissner, 900, Bairro Jardim Botânico, 80210-170, Curitiba, Paraná - E-mail: rodrigo_eng3@hotmail.com

INTRODUÇÃO

É de conhecimento que na década de 1960 no Sul do Brasil, geralmente o espaçamento utilizado nos plantios com *Pinus* era de 2,0 x 2,0 m. Com o passar do tempo e a diversificação na utilização florestal, tal compasso evoluiu para espaçamentos maiores.

Sabe-se que em espaçamentos maiores a formação de galhos é mais acentuada, o que pode trazer eventuais prejuízos à produção de madeira para laminação e serraria, que demandam madeira livre de nós (SUTTON, 1970). Em tais espaçamentos pode ocorrer maior acúmulo de madeira juvenil em relação a espaçamentos menores, e que em idade de corte final pode influir na qualidade tecnológica da madeira (HASELEIN *et al.*, 2000). O espaço vital de crescimento pode afetar também o diâmetro dos ramos, onde ramos mais grossos foram observados em espaços mais largos (INOUE *et al.*, 2009). A disponibilidade do espaço vital de crescimento pode afetar também o comportamento fisiológico de plantas, expresso em outras variáveis, como, por exemplo, a produção de casca verde em *Acacia mearnsii* De Wild, relatada por Klein *et al.* (1992), que demonstraram a maior produção em espaços menores.

Atualmente, com o aprimoramento das tecnologias industriais, a utilização de madeira de diferentes dimensões possibilita que se aproveite matéria prima oriunda de árvores mais jovens, de menores diâmetros. É conhecido que a maior parte dos custos de implantação de florestas ocorre na fase juvenil das árvores (implantação e tratos culturais). Além de fatores de sítio, como solo, disponibilidade de água, nutrientes, radiação, entre outros, e do clima, o espaço vital requerido por uma árvore num talhão é de extrema importância, principalmente nessa fase do crescimento. Assim, o uso de espaçamentos menores abre possibilidades de produção mais eficaz por área plantada. De acordo com as prognoses apresentadas por Gomes *et al.* (1997), maior produção de volume de *P. taeda* em qualquer idade simulada pode ser obtida em espaçamentos mais apertados, fato comprovado igualmente por Leite *et al.* (2006) em idade comparável ao do presente trabalho. A utilização de toras de menor diâmetro de árvores mais jovens pode vir a compensar os custos iniciais do empreendimento.

O espaço vital afeta as variáveis dendrométricas da árvore e, conseqüentemente, do povoamento. Assim, informações sobre o comporta-

mento de tais variáveis são de grande utilidade estratégica, a curto e médio prazo para a tomada de decisões de ordem silvicultural no momento da implantação de novas áreas de plantações florestais.

O objetivo deste estudo foi analisar o efeito de diferentes espaços vitais de crescimento em variáveis dendrométricas de *Pinus taeda* L. com sete anos de idade, com vistas a determinar alternativas ideais de espaço vital para esta espécie. Para o desenvolvimento deste trabalho foram estabelecidas as seguintes hipóteses:

- a) A dimensão do espaço vital disponível para cada árvore afeta o seu crescimento juvenil, espelhado na altura, DAP, área basal e respectivos incrementos médios anuais;
- b) Existe valor de espaço vital individual que propicia uma melhor relação entre biomassa de fuste (área basal) e diâmetros maiores.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no ano de 2002, no Campus Universitário de Irati, na região centro-sul do estado do Paraná, entre as coordenadas 25° 27' 56" de latitude Sul e 50° 37' 51" de longitude Oeste. O clima da região, conforme a classificação de Köppen é definido como Cfb Subtropical Úmido Mesotérmico, de verões frescos, geadas severas e freqüentes, 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 (IRATI, 2008a). Nessa mesma fonte, foi encontrado que na região predominam solos Sílticos Argilosos, Litólicos, Coluviais e Saprolíticos (IRATI, 2008b).

Foram utilizadas mudas de *Pinus taeda* L. oriundas de sementes de pomar clonal da empresa Klabin do Paraná. O preparo do solo consistiu na passagem de grade florestal, seguida de coveamento com sacho. O controle de formigas foi feito com uso de iscas pouco antes do plantio e repetido uma vez durante o primeiro ano. Considerando os solos da região, não foi feito nenhum tipo de adubação durante todo o experimento até a presente data. Durante os dois primeiros anos foram realizadas coroamento e capinas manualmente. Em função da 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: 1,0 x 1,0 m; 2,0

x 1,0 m; 2,0 x 2,0 m; 3,0 x 2,5 m; 3,0 x 3,0 m; 3,5 x 3,0 m; 4,0 x 3,0 m; 4,0 x 3,5 m e 4,0 x 4,0 m, que geraram espaços vitais para cada árvore, respectivamente, de 1,0; 2,0; 4,0; 7,5; 9,0; 10,5; 12,0; 14,0 e 16,0 m².

Devido às características do terreno, o experimento foi implantado em parcelas de dimensões distintas, considerando, no sentido do bloco, independentemente do tratamento, a quantidade fixa de oito plantas. Assim, por exemplo, o tratamento 1 (1,0 x 1,0 m) tem 7 m de distância entre a primeira e a oitava planta, enquanto que o tratamento 9 (4,0 x 4,0 m) tem 28 m de distância entre a primeira e a oitava planta. No sentido entre blocos, as parcelas têm comprimento fixo de 28 m e quantidade diferente de plantas em função do tratamento. A Figura 1 mostra a disposição dos blocos e parcelas do experimento.

O presente trabalho baseia-se nos dados medidos no ano de 2009, quando as plantas estavam com sete anos de idade, desconsiderando-

se a evolução do crescimento desde o plantio. Foram consideradas as medidas de altura (clinômetro eletrônico Haglôf) e DAP (fita métrica) das 25 árvores internas de cada parcela. Além das medidas diretas obtidas em campo, foram calculadas, por interpolação, algumas variáveis dendrométricas para interpretação do comportamento do crescimento do pinus: área basal (G), incrementos médios anuais (IMA) para altura, DAP e área basal, assim como regressões entre as variáveis e o espaço vital.

As análises das variâncias foram executadas com o programa *Sigma*, enquanto que as demais estatísticas foram efetuadas com o programa *Statgraphics Plus 5.1*. Os cálculos foram feitos tomando-se a média da parcela (25 árvores) e no caso da área basal, a somatória das áreas transversais de cada árvore, logaritmizando-se para homogeneidade da variância. A comparação entre médias foi feita pelo teste *least significant difference (LSD)* de Fischer, sempre ao nível de 95% de probabilidade.

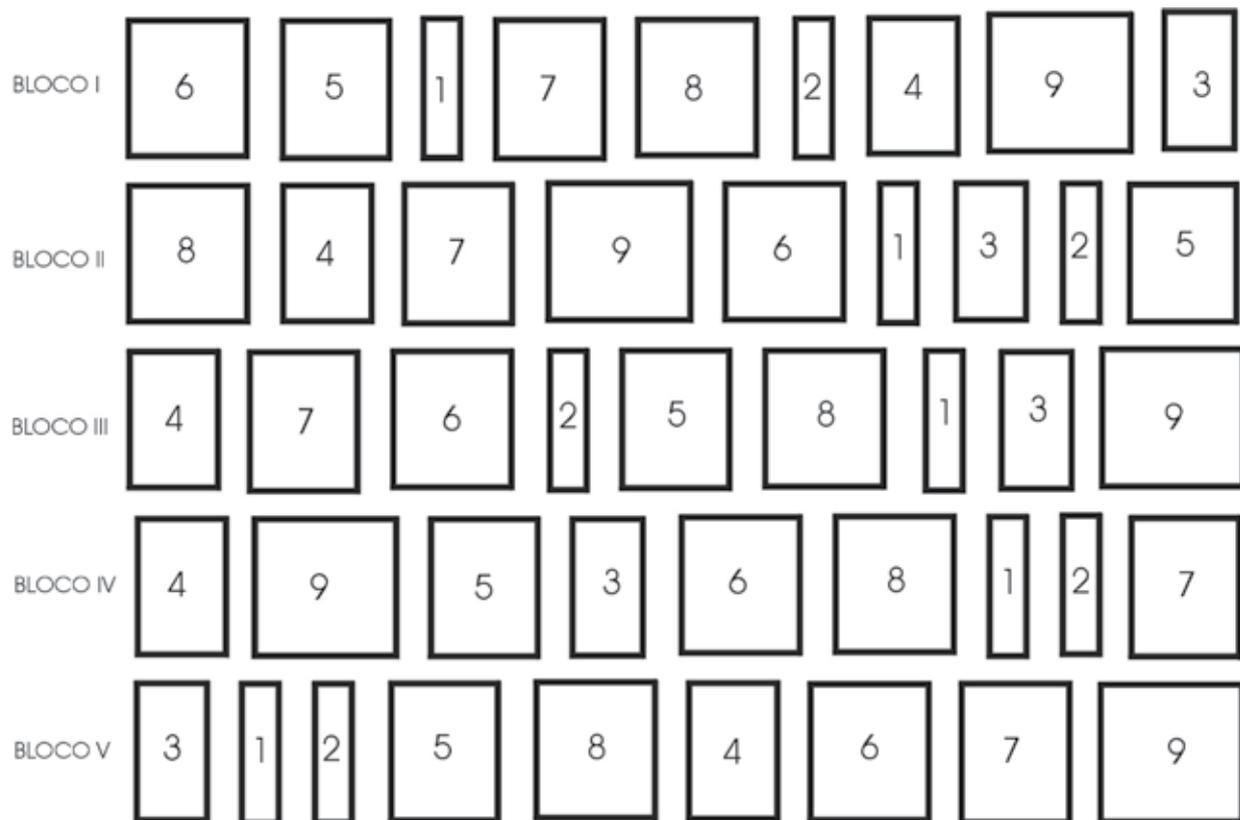


Figura 1. Disposição das parcelas do experimento e respectivas dimensões proporcionais de ocupação do espaço no terreno.

Treatamento [espaçamento]:	1 [1,0 x 1,0m]	4 [3,0 x 2,5m]	7 [4,0 x 3,0m]
	2 [2,0 x 1,0m]	5 [3,0 x 3,0m]	8 [4,0 x 3,5m]
	3 [2,0 x 2,0m]	6 [3,5 x 3,0m]	9 [4,0 x 4,0m]

Figure 1. Plot arrangement of the trial and tree sizes according to area occupation.

Blocks: I to V			
Treatment [spacing]:	1 [1,0 x 1,0m]	4 [3,0 x 2,5m]	7 [4,0 x 3,0m]
	2 [2,0 x 1,0m]	5 [3,0 x 3,0m]	8 [4,0 x 3,5m]
	3 [2,0 x 2,0m]	6 [3,5 x 3,0m]	9 [4,0 x 4,0m]

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes espaçamentos causaram efeitos significantes no crescimento em altura e diâmetro das árvores de pinus, detectados no sétimo ano após o plantio. Na Tabela 1 estão representadas as médias dos valores obtidos para altura, DAP e área basal.

Altura

Da Tabela 1 pode-se extrair que existem diferenças significantes entre alguns tratamentos de espaço vital. O mais evidente é a diferença entre o tratamento 2 (2,0 m²) e o tratamento 9 (16 m²). Se for desconsiderado o tratamento 1 (1,0 m²), que pode ter afetado o ritmo de crescimento em altura das mudas devido a forte concorrência entre as plantas, quer por luz, como por água e nutrientes, verifica-se que existe uma tendência de diminuição da altura com o aumento do espaço vital disponível. Isso pode ser constatado na análise de regressão entre a altura e o espaço vital, conforme mostra a Figura 2.

O valor de R² = 0,408 é baixo, embora a probabilidade (p < 0,01) tenha sido altamente significativa. Tal tendência pode ser compreendida considerando maior distribuição dos fotossintatos para as partes baixas da árvore quando esta se encontra com plena disponibilidade de luz, enquanto que sob maior concorrência por espaço vital, a tendência das plantas heliófilas é evidenciar o crescimento apical. Esta análise advém da interpretação dos preceitos apresentados por Assmann em 1970. Tal tendência foi constatada também por Andrade *et al.* (2007) em povoamentos de *Pinus taeda* L. com 17 e 34 anos de idade, desbastados sob diferentes intensidades. Schneider e Finger (1993) observaram que a abertura de espaço vital resultante de diferentes intensidades de desbaste a partir do

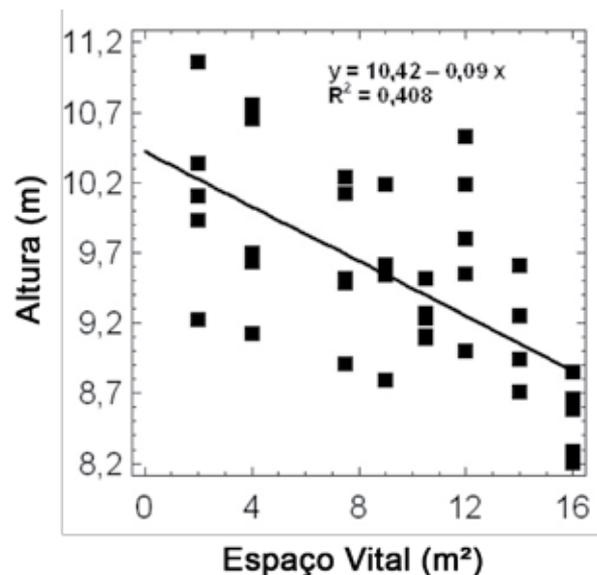


Figura 2. Regressão linear entre altura e espaço vital de *Pinus taeda* L. aos sete anos.

Figure 2. Linear regression between height and *Pinus taeda* L. vital space at age seven.

sétimo ano de idade de *Pinus elliottii* provocou diferenças no crescimento da altura média, mas não no da altura dominante. Por sua vez, Leite *et al.* (2006) concluíram não haver influência significativa dos espaços vitais testados, entre 1,5 m² e 7,5 m² por árvore, na estimativa da altura de *Pinus taeda* L. até o oitavo ano de idade. Estes autores observaram que a partir do décimo ano houve diferença significativa na altura, sendo de até 1,1 m aos 14 anos e a estagnação do crescimento em altura foi observada mais cedo nos espaçamentos maiores do que nos menores.

A maior diferença significativa entre médias de altura foi de 16%, ou seja, 1,6 m entre os espaços vitais de 2 m² (altura de 10,1 m) e 16 m² (altura de 8,5 m), o que aponta para o preceito de que, até os sete anos de idade, a disponibilidade de espaço vital menor para *P. taeda* evidencia a sua busca pelo crescimento apical em comparação a espaços vitais maiores.

Tabela 1. Média de altura (H), do DAP e de área basal (G) e respectivos desvio-padrão e coeficiente de variação de *Pinus taeda* L. aos sete anos de idade em função dos espaçamentos usados.

Table 1. Mean height (H), dbh (DAP) and basal area (G) and their respective standard deviation and coefficient of variation of *Pinus taeda* L. at age seven related to spacing.

ESP (m)	EVD (m ²)	H (m) ± DP (CV)	DAP (cm) ± DP (CV)	G (m ² .ha ⁻¹) ± DP (CV)
1,0x1,0	1,0	9,3 ± 1,1 (11) bcd	7,95 ± 1,14 (14) g	56,11 ± 16,5 (29) a
2,0x1,0	2,0	10,1 ± 0,7 (06) a	10,97 ± 1,11 (10) f	50,98 ± 8,8 (17) a
2,0x2,0	4,0	10,0 ± 0,7 (07) ab	12,91 ± 1,12 (08) e	34,12 ± 5,8 (17) b
3,0x2,5	7,5	9,6 ± 0,5 (05) abc	15,24 ± 1,16 (07) d	25,06 ± 3,6 (14) c
3,0x3,0	9,0	9,7 ± 0,6 (06) abc	16,31 ± 1,29 (08) cd	23,85 ± 3,8 (16) c
3,0x3,5	10,5	9,2 ± 0,2 (02) bcd	16,74 ± 1,65 (10) bcd	21,68 ± 4,3 (20) c
4,0x3,0	12,0	9,6 ± 0,9 (10) abc	17,48 ± 0,72 (04) abc	20,48 ± 1,7 (08) cd
4,0x3,5	14,0	9,0 ± 0,4 (04) cd	18,78 ± 1,21 (06) a	20,19 ± 2,4 (11) cd
4,0x4,0	16,0	8,5 ± 0,2 (03) d	18,73 ± 2,25 (12) ab	17,17 ± 3,8 (22) d

Valores nas colunas seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si ao nível de p < 0,05 pelo teste LSD de Fisher.

ESP: Espaçamento adotado; EVD: Espaço vital disponível por planta; DP: Desvio-padrão; CV: Coeficiente de variação em %

DAP

O efeito do espaço vital de crescimento foi fundamental para o desenvolvimento do diâmetro das árvores de pinus aos sete anos de idade.

Os dados da Tabela 1 indicam que, para a variável DAP houve um bom controle experimental, tendo em vista os valores baixos dos coeficientes de variação (valor médio máximo de 14%). A cada espaço vital testado entre 1 m² até 7,5 m² as árvores tiveram valores médios de DAP estatisticamente diferentes, crescentes de acordo com o aumento do espaçamento utilizado. Existe um segundo agrupamento homogêneo nos valores de DAP entre os espaços de 7,5 m² a 10,5 m², que se sobrepõe parcialmente com valores de até 12 m². Um terceiro agrupamento parcialmente homogêneo é formado pelos valores entre 12 m² e 16 m², que diferem estatisticamente dos tratamentos entre 1 m² até 7,5 m². As árvores do maior espaçamento alcançaram diâmetros 2,3 vezes maiores do que as do menor espaçamento. Pode-se visualizar ainda a tendência nítida de aumento do DAP conforme o aumento do espaço vital disponível. Esta tendência foi comprovada pela análise de regressão, mostrada na Figura 3.

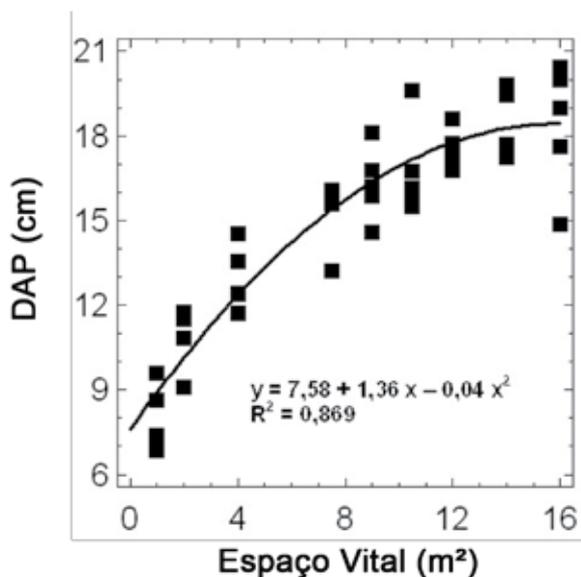


Figura 3. Regressão entre DAP e espaço vital de *Pinus taeda* L. aos sete anos.

Figure 3. Regression between dbh and *Pinus taeda* L. vital space at age seven.

Os valores observados de DAP estão correlacionados com o espaço vital disponível às plantas de acordo com uma equação do segundo grau, que mostra um aumento crescente do diâmetro conforme o aumento do espaço vital até um ponto de estabilidade, que pode situar-se em espaço vital entre 12 m² e 16 m² por árvore. A constatação do presente trabalho está de acordo com os

preceitos já mencionados por Assmann (1970), em que a maior disponibilidade de espaço vital propicia mais o desenvolvimento do diâmetro nas partes baixas das árvores do que nas partes mais elevadas. Maior crescimento em diâmetro em espaços vitais maiores também foi constatado por Leite *et al.* (2006) em *P. taeda* entre 1,5 m² e 7,5 m² e nas idades entre 4 e 14 anos.

Considerando a observação pontual no sétimo ano de idade, os resultados apontam que nos espaços vitais maiores, entenda-se "de luxo", as árvores de *P. taeda* aproveitaram a disponibilidade de luz para incrementar mais o desenvolvimento em diâmetro do que em altura. Nesse aspecto, pode-se esperar que árvores crescendo em espaçamentos mais apertados apresentem conicidade de fuste menor do que aquelas sob espaços mais amplos, fato que melhora a qualidade da madeira de árvores jovens (ASSMANN, 1970). Os resultados indicam que para o desenvolvimento diamétrico até a idade pesquisada a disponibilidade de espaço vital maior do que 12 m² não contribui para o aumento do DAP.

Área Basal

Para a variável área basal, a Tabela 1 mostra que houve também um controle estatístico, com coeficientes de variação entre 8% a 29%. A área basal acumulada no sétimo ano foi maior no espaço vital de 1 m², que não se difere da acumulada no espaço de 2 m². À medida que o espaço aumenta os valores diminuem progressivamente. No espaçamento de 2 x 2 m as plantas acumularam área basal média de 34,12 m².ha⁻¹. As árvores do menor espaçamento alcançaram área basal 3,3 vezes mais elevada do que as do maior espaçamento. Os resultados comprovam a tendência nítida de diminuição da área basal conforme o aumento do espaço vital individual. Isso se deve à quantidade de árvores por unidade de área de terreno, que variou de 10.000 a 625 árvores por hectare. Mesmo apresentando diâmetros menores, as árvores plantadas em espaço vital disponível menor acumularam área basal muito superior do que as plantadas em espaçamentos mais largos. Este comportamento foi comprovado por meio da análise de regressão mostrada na Figura 4.

A regressão ($R^2 = 0,791$) altamente significativa ($p < 0,01$) entre a área basal e o espaço vital, confirma a tendência verificada de menores valores de G nos espaçamentos maiores. Tal constatação tem implicações silviculturais de certa importância, pois a maior ou menor ocupação

da área de produção por produto final, no caso madeira de fuste, interfere em decisões de planejamento da produção e, portanto, sobre questões econômicas do empreendimento.

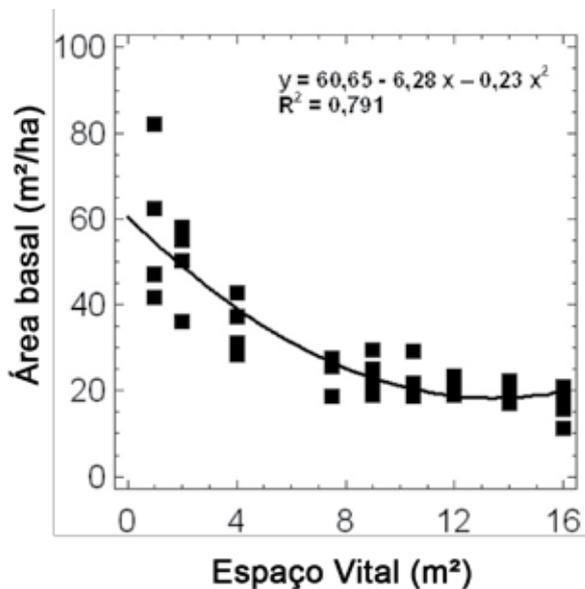


Figura 4. Regressão entre área basal e espaço vital de *Pinus taeda* L. aos sete anos.

Figure 4. Regression between basal area and *Pinus taeda* L. vital space at age seven.

A tendência nas plantações de *Pinus* nas regiões tropicais e sub-tropicais é a adoção de densidades menores de árvores por hectare, entre 1000 a 1500, 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 (LEWIS; FERGUSON, 1993). Nos estudos realizados por Leite *et al.* (2006) em *P. taeda* também foram encontrados valores maiores de área basal nos espaçamentos menores até a idade de oito anos. Os valores relatados por estes autores são comparáveis aos do presente estudo, ou seja, em torno de 55 m².ha⁻¹ no espaço de 1,5 m² e em torno de 25 m².ha⁻¹ no espaço de 7,5 m². Segundo os mesmos autores, a estagnação do crescimento foi atingida mais cedo nos espaços menores.

Ocupação da área disponível para produção

O aproveitamento dos fatores de produção é otimizado na medida em que ocorre a cobertura total do espaço pela vegetação. Assim, espaçamentos menores entre árvores contribuem para o mais rápido fechamento do dossel pelas copas. Conforme resultados deste trabalho, o pinus apresentou maior relação altura/DAP em espaçamentos mais apertados, indicando menor conicidade. O crescimento das árvores

é distribuído diferencialmente entre biomassa do fuste, dos ramos e folhagem e das raízes, de acordo com a disponibilidade do espaço vital. Em estudos com *Pinus taeda* e *P. elliottii*, Burkes *et al.* (2003) constataram que, para ambas as espécies, a eficiência do crescimento (relação entre biomassa do fuste e biomassa foliar) foi significativamente menor nos espaçamentos maiores (740 árvores por hectare) em comparação a espaçamentos menores (2.220, 3.700 e 4.440 árvores por hectare). Estes autores concluíram que a limitação do crescimento da biomassa do fuste relacionada ao hectare, que ocorreu conforme o aumento da densidade do talhão, não se deve à distribuição, mas provavelmente à limitação oriunda da produção primária líquida. No presente estudo, a ocupação do espaço produtivo pode ser ilustrado pelo crescimento diametral e pela área basal de acordo com os espaçamentos, conforme mostra a Figura 5.

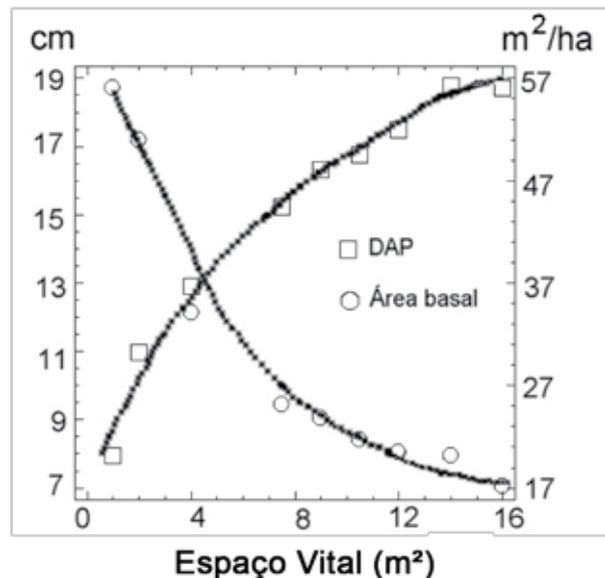


Figura 5. Intersecção aproximada dos valores médios de DAP e de área basal relacionados aos espaços vitais por árvore.

Figure 5. Approximate intersection of mean dbh values and basal area related to vital space per tree.

Da Figura 5 é possível avaliar o desempenho da espécie na ocupação do espaço vital disponível individualmente: maior densidade de árvores por hectare propiciou maior ocupação na forma de maior área basal, enquanto que menor densidade propiciou melhor desempenho diametral individual. A projeção dessas duas variáveis mostra intersecção num valor de espaço vital que pode estar entre 4 m² e 6 m² por árvore. Isto aponta tal valor de espaço vital como ponto de melhor rendimento, ou seja, maior área basal (em torno de 40 m².ha⁻¹) combinado com maior DAP (em torno de 14 cm). Como

a área basal pode refletir a biomassa produzida (GOLDSMITH *et al.*, 1986), os resultados deste trabalho mostram que uma maior produção de biomassa de fuste pode ser esperada em espaços vitais menores, no presente caso, a partir de 1 m² por árvore.

Desempenho em incremento médio anual (IMA)

Valores dendrométricos, medidos ou interpolados em relação ao tempo servem para interpretar o potencial de crescimento de árvores em talhão. No presente caso, os incrementos anuais foram obtidos com os dados medidos aos sete anos divididos pela idade do plantio. Os valores das estatísticas do IMA para altura, DAP e área basal estão apresentados na Tabela 2.

A análise da variância mostrou haver diferenças significantes entre espaçamentos testados para as variáveis consideradas. O IMA para altura variou entre 1,2 a 1,4 metros por ano, com tendência geral de diminuição dos valores incrementais de acordo com o aumento do espaço vital de crescimento, embora significância estatística tenha sido detectada somente entre os valores relativos aos espaços vitais entre 2 m² e 14 a 16 m². Por outro lado, o IMA para o DAP mostrou comportamento inverso, ou seja, a tendência de aumento dos valores conforme maior o espaço vital de crescimento. Os valores médios variaram entre 1,13 a 2,68 cm por ano, o que mostra um bom desempenho de pinus para a região e compatíveis com a idade das árvores.

Estudos mais antigos sobre o desempenho no Sul do Brasil de *P. taeda* de origens diferentes mostram valores diferenciados. Dados apresentados por Baldanzi (1978), que testou várias

procedências da espécie, aos nove anos de idade, indicaram que o IMA para altura variou entre 1,1 a 1,5 m.ano⁻¹ e para o DAP, entre 1,46 a 2,29 cm.ano⁻¹. Os resultados para diversas procedências da espécie aos seis anos de idade, apresentados por Shimizu e Higa (1981), mostraram que o IMA para a altura variou de 0,8 a 1,5 m.ano⁻¹ e para o DAP, de 1,29 a 2,14 cm.ano⁻¹. O conhecido desempenho sigmoidal do crescimento das árvores conforme o avanço da idade indica que o IMA tende a diminuir conforme as árvores passam do estágio juvenil para o adulto. A interpretação dos dados apresentados por Leite *et al.* (2006) confirma tal tendência, pois árvores de 14 anos resultaram em IMA médio para altura e DAP de 1,2 m.ano⁻¹ e de 1,60 cm.ano⁻¹, respectivamente. Comparando-se com os incrementos anuais em altura publicados pelos autores citados, os do presente trabalho são compatíveis. Já em relação aos incrementos anuais da faixa superior em DAP, os resultados desta pesquisa foram superiores, chegando-se à diferença em IMA médio de até 19%. Tais dados indicam um bom desempenho da espécie para as condições do presente experimento, principalmente se considerar que não houve nenhum tipo de adubação durante todo o tempo de estudo.

Na interpretação dos dados apresentados por Leite *et al.* (2006), resultou que aos sete anos de idade o maior IMA para a área basal foi de 7,14 m².ha⁻¹.ano⁻¹ e para 14 anos, 5 m².ha⁻¹.ano⁻¹, valores comparáveis com os do presente trabalho. Aqui, os valores variaram entre 2,45 a 8,01 m².ha⁻¹.ano⁻¹, com diferenças altamente significativa entre os tratamentos. Os valores de IMA para a área basal seguem a tendência inversa à do diâmetro, ou seja, o IMA diminuiu conforme

Tabela 2. Média de incremento anual para altura (IMA h), DAP (IMA DAP) e área basal (IMA G), com os respectivos desvio-padrão e coeficiente de variação em %, de *Pinus taeda* L. aos sete anos de idade em função dos espaçamentos usados.

Table 2. Mean annual increment for height (IMA h), dbh (IMA DAP) and basal area (IMA G), according to the respective values of standard deviation and coefficient of variation (%) of *Pinus taeda* L. at age seven, related to spacing.

Espaçamento (m)	IMA h ± DP (CV) (m.ano ⁻¹)	IMA DAP ± DP (CV) (cm.ano ⁻¹)	IMA G ± DP (CV) (m ² .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
1,0x1,0	1,3 ± 0,1 (11) bcd	1,13 ± 0,16 (14) g	8,01 ± 0,11 (13) a
2,0x1,0	1,4 ± 0,1 (6) a	1,56 ± 0,15 (10) f	7,28 ± 0,08 (10) a
2,0x2,0	1,4 ± 0,1 (7) ab	1,84 ± 0,16 (9) e	4,87 ± 0,07 (11) b
3,0x2,5	1,4 ± 0,1 (5) abc	2,17 ± 0,16 (8) d	3,58 ± 0,07 (13) c
3,0x3,0	1,4 ± 0,0 (6) abc	2,32 ± 0,18 (8) cd	3,40 ± 0,06 (13) c
3,0x3,5	1,3 ± 0,0 (2) bcd	2,39 ± 0,23 (10) bcd	3,10 ± 0,07 (16) c
4,0x3,0	1,4 ± 0,1 (10) abc	2,49 ± 0,10 (4) abc	2,90 ± 0,03 (7) cd
4,0x3,5	1,3 ± 0,1 (4) cd	2,68 ± 0,17 (6) a	2,88 ± 0,05 (12) cd
4,0x4,0	1,2 ± 0,0 (3) d	2,62 ± 0,32 (12) ab	2,45 ± 0,10 (28) d

Valores nas colunas seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si ao nível de p<0,05 pelo teste LSD de Fisher.

DP : Desvio-padrão; CV : Coeficiente de variação em %

o aumento do espaço vital de crescimento. Os valores mais elevados do IMA para a área basal nos espaços vitais menores estão relacionados à maior densidade de árvores por unidade de área. Tais valores indicam um bom desempenho da espécie para as condições do experimento.

CONCLUSÕES

Considerando-se as condições do experimento com *Pinus taeda* L. na idade de sete anos, pode-se concluir:

1. Diferença entre tratamentos de mais de 1,6 m na altura média das árvores apóiam o princípio de que espaços vitais de crescimento mais apertados propiciam maior crescimento nesta variável.
2. Diâmetro das árvores mais do que duas vezes maiores em espaçamentos mais largos confirmam que o desenvolvimento diametral é diretamente proporcional à disponibilidade de espaço vital de crescimento.
3. Área basal 3,3 vezes maior em espaços apertados comprovam a tendência de diminuição desta variável conforme o aumento do espaço vital individual.
4. Com incrementos anuais maiores do que 1,2 m em altura e DAP entre 1,13 e 2,68 cm, pode-se concluir que o desempenho da espécie na região é muito bom.
5. O trabalho apresenta indicadores dendrométricos que servem para balizar decisões de ordem silvicultural, principalmente quanto ao espaçamento inicial: se o objetivo for a maior ocupação espacial e conseqüente maior biomassa de fuste (representada pela área basal), independente do diâmetro das árvores, pode-se optar por espaços vitais menores a partir de 1 m²; para obtenção de árvores com diâmetros maiores, recomenda-se espaços vitais mais largos até 12 m².
6. O melhor rendimento para obtenção de elevada área basal com árvores com diâmetros maiores pode estar em um espaço vital entre 4 m² e 6 m² por árvore.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSMANN, E. The principles of forest yield study. New York: Pergamon Press, 1970. 506p.
- ANDRADE, C.M.; FINGER, C.A.G.; THOMAS, C.; SCHNEIDER, P.R. Variação do incremento anual ao longo do fuste de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e densidades populacionais. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.17, n.3, p.239-246, 2007.
- BALDANZI, G. Experimentação com *Pinus taeda* na Estação de Pesquisas Florestais de Rio Negro, Paraná. *Floresta*, Curitiba, v.9, n.1, p.5-7, 1978.
- BURKES, E.C.; WILL, R.E.; BARRON-GAFFORD, G.A.; TESKEY, R.O.; SHIVER, B. Biomass Partitioning and Growth Efficiency of Intensively Managed *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* Stands of Different Planting Densities. *Forest Science*, Bethesda, v.47, n.2, p.224-234, 2003.
- GOLDSMITH, F.B.; HARRISON, C.M.; MORTON, A.J. Description and analysis of vegetation. In: Moore, P.D.; Chapman, S.B. (Eds). *Methods in plant ecology*. Oxford: Blackwell Science, 1986. p.437-524.
- GOMES, F.S.; MAESTRI, R.; SANQUETTA, C.R. Avaliação da produção em volume total e sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos a diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.7, n.1, p.101-126, 1997.
- HASELEIN, C.R.; CECHIN, E.; SANTINI, E.J.; GATTO, D.A. Características estruturais da madeira de *Pinus elliottii* Engelm aos 30 anos de idade. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.10, n.2, p.135-144, 2000.
- INOUE, M.T; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARAUJO, A.J.; LIMA, R. Growth of *Pinus taeda* L. at early stage as function of vital space. In: WORLD FORESTRY CONGRESS, 13, 2009, Buenos Aires, Argentina. WORLD FORESTRY CONGRESS, 13., 2009, Buenos Aires. *Anais...* Buenos Aires: FAO, 2009. p.805.
- IRATI. Prefeitura Municipal. **Clima**. 2008a. Disponível em: <<http://www.irati.pr.gov.br/municipio/clima.asp>> Acesso em: jul. 2008.
- IRATI, Prefeitura Municipal. **Tipos predominantes de Solos**. 2008b. Disponível em: <<http://www.irati.pr.gov.br/municipio/geografia.asp>> Acesso em: jul. 2008.
- KLEIN, J.E.M.; SCHNEIDER, P.R; FINGER, C.A.G.; FLEIG, F.D. Produção de madeira e casca de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) em diferentes espaçamentos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.2, n.1, p.87-97, 1992.
- LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S.; MOREIRA, A.M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. *Revista Árvore*, Viçosa, v.30, n.4, p.603-613, 2006.
- LEWIS, N.B.; FERGUSON, I.S. **Management of radiata pine**. Melbourne: Inkata Press, 1993. 404p.

SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Influência da intensidade do desbaste sobre o crescimento em altura de *Pinus elliottii* E. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p.171-184, 1993.

SHIMIZU, J.Y.; HIGA, A.R. Variação racial do *Pinus taeda* L. no Sul do Brasil até o sexto ano de idade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.2, p.1-25, 1981.

SUTTON, W.R.J. Effects of initial spacing on branch size – a summary of results do date. In: SUTTON, W.R.J. (Ed). FRI SYMPOSIUM PRUNING AND THINNING PRACTICE, 12., 1970, Rotorua, New Zealand. **Anais...Rotorua, New Zealand: Forest Service Institute**, 1970. p.106-107.

Recebido em 25/03/2011
Aceito para publicação em 12/09/2011

