

Efeito da Qualidade do Sítio e do Desbaste na Produção de Pinus

Hassan Camil David¹, Sylvio Péllico Netto¹, Julio Eduardo Arce¹,
Ana Paula Dalla Corte¹, Ataiades Marinheski Filho¹,
Emanuel José Gomes de Araújo²

¹Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil

²Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica/RJ, Brasil

RESUMO

O objetivo deste texto foi avaliar estatisticamente o efeito de desbastes e da qualidade de sítio na área basal (G) e no volume total do fuste (v) e do sortimento de *Pinus taeda*. Os desbastes ocorreram entre 8 e 9 anos de idade, cortando uma em cinco linhas de plantio mais 66%, 54%, 42%, 30% e 19% de árvores do dossel inferior. Entre 3 e 4 anos pós-desbaste, foram mensurados diâmetros e cubadas as árvores, possibilitando calcular a G e os volumes. Estruturou-se um delineamento em blocos casualizados, adotando-se blocos e tratamentos como sítios e regimes de desbaste, respectivamente. O v foi modelado por parcela, possibilitando estimar o volume por sortimentos pelo *software* SISPINUS. Concluiu-se que a relação volumétrica entre tratamentos varia para árvores mais grossas. Entre blocos, reduz sua inclinação ao piorar a qualidade do sítio. A capacidade produtiva exerce mais efeito nas variáveis analisadas do que os desbastes variando em peso.

Palavras-chave: desbaste misto, capacidade produtiva, volumetria.

Effect of Site Quality and Thinning in Pine Yield

ABSTRACT

An experiment in *Pinus taeda* stands was conducted aiming to evaluate the effect of thinnings and forest site quality on basal area (G), total volume, stem volume (v) and assortment of *Pinus taeda*. Thinnings occurred between 8 and 9 years old, where the fifth row plus 66%, 54%, 42%, 30% e 19% of the existing trees was cut. Thinnings were followed by measurement of diameters and along the stem to calculate its volume. An analysis of variance in randomized blocks was made adopting the sites as blocks and the mixed thinnings as treatments. Volumetric relation was modeled for the plots and from this, log assortments could be estimated using a software named SISPINUS. In conclusion, thinning affect the volumetric relation especially to larger trees, while its inclination curve reduces from richest sites to poorest sites. Sites exert greater effect than thinnings when considering basal area, total volume, boles volume and volume per assortment.

Keywords: mixed thinning, productive capacity, volumetry.

1. INTRODUÇÃO

Diante das flutuações de oferta e de demanda do setor madeireiro, algumas empresas florestais optam por variar a produção para ampliar o seu nicho de mercado, o que as torna, de certa forma, mais competitivas. Com isso, os desbastes são práticas comumente aplicadas visando à obtenção de multiprodutos, incluindo madeira para laminação, serraria, celulose, entre outras.

O efeito do desbaste está diretamente ligado à estrutura diamétrica do povoamento (Assmann, 1961), em que o baixo índice de densidade de indivíduos estimula a formação de fustes maiores em diâmetro e de maior valor agregado, por atenderem a usos mais nobres, ao passo que em povoamentos mais densos, o espaço para o crescimento radial das árvores é reduzido, tornando-as mais finas e pouco valorizadas no mercado (David, 2014).

Dentre as vantagens de sua aplicação, mencionam-se o aproveitamento de árvores que seriam perdidas em razão da mortalidade natural e a condição propícia ao crescimento diamétrico daquelas remanescentes (Smith, 1997).

O regime de desbaste é o resultado da combinação entre tipo, intensidade e peso de sua aplicação, que geralmente são determinados de acordo com a finalidade da floresta. Entretanto, visto que o índice de sítio é uma medida direta da capacidade produtiva do local, também é considerado um fator determinante para a escolha do peso do desbaste, ou seja, para a quantidade de árvores a serem retiradas (David, 2014; Campos & Leite, 2009).

Embora a sua prática possua um papel importante, muitas vezes a escolha do regime de desbaste se baseia em fundamentos empíricos. Dessa forma, técnicas que auxiliam na sua determinação atuam como uma ferramenta acessória ao manejo florestal (Nogueira et al., 2001; Finger & Schneider, 1999; Finger & Schneider, 1994).

Além disso, poucos trabalhos são desenvolvidos relacionando índice de sítio e regimes de desbaste. Contudo, é prudente levantar a hipótese de que ambos os fatores afetam variáveis dependentes do diâmetro, como o volume da árvore, visto que o crescimento radial das árvores depende da variação da capacidade produtiva do sítio e da densidade de indivíduos (Assmann, 1961).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de regimes de desbastes e da qualidade de sítios na área basal, no volume de fustes e sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* L. localizados no estado de Santa Catarina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e experimento florestal

A pesquisa foi realizada em povoamentos de *Pinus taeda* L. localizados nos municípios de Campo Alegre e Joinville, em Santa Catarina. A área de estudo está contida entre as coordenadas 49°04'01" e 49°15'23" a oeste e 26°03'32" e 26°12'11" a sul. Segundo a classificação de Köppen, a região possui clima Cfb, que corresponde ao subtropical, sem estação seca e com temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C.

Os povoamentos foram plantados com espaçamento de 2,5 m × 2,5 m, o que totaliza 1.600 plantas por hectare. O experimento consistiu em submeter tais povoamentos a cinco regimes de desbaste misto, combinando os métodos sistemático e o seletivo baixo (desbaste alemão) realizados entre 8 e 9 anos de idade.

A sistematização obedeceu à retirada de uma a cada cinco linhas de plantio, ao passo que o peso de seleção das árvores do dossel inferior teve cinco variações, o que diferenciou os cinco regimes de desbaste adotados.

Aos 12 anos de idade dos povoamentos, foram mensurados diâmetros a 1,3 m do solo (dap) das árvores remanescentes, o que possibilitou o cálculo da área basal (G) em m²/ha. Também foram cubadas 185 árvores pelo método de Smalian, selecionadas equitativamente de acordo com a distribuição diamétrica nas parcelas, permitindo o cálculo de volume de fuste individual (v) das árvores e volume total (V) por hectare.

A capacidade produtiva das parcelas foi classificada em quatro sítios florestais, adotando-se 15 anos como idade-índice, cujas alturas dominantes dos sítios I, II, III e IV equivaleram a 27,8 m, 23,3 m, 18,8 m e 14,3 m, respectivamente. A classificação foi feita utilizando pares de dados de altura dominante e idade, que variaram de 2 a 35 anos. O modelo de Prodan foi ajustado para estimar as classes de sítio, conforme David (2014).

Assim, o experimento foi delineado em blocos casualizados (DBC), em que os tratamentos corresponderam

aos regimes de desbaste e os blocos, aos sítios florestais, o que totaliza 20 parcelas experimentais referentes a quatro blocos x cinco tratamentos (Tabela 1).

Os valores médios de G (m²/ha), V (m³/ha) e v (m³) foram calculados por parcela e a diferença foi analisada estatisticamente pelo teste F. Quando pertinente, o teste de Tukey foi aplicado para apontar as médias de tratamentos e blocos que se diferenciaram. A homogeneidade das variâncias das variáveis foi verificada pelo teste de Bartlett. Todas as análises estatísticas foram feitas ao nível de 95% de probabilidade.

2.2. Modelagem do volume

Em cada parcela experimental, o v foi modelado testando-se seis modelos lineares (Tabela 2). Dentre eles, um foi de simples entrada (6), utilizado para se precaver de ajustes ineficazes em eventuais casos em que o volume não dependia da altura, em função do efeito da densidade.

Para os modelos (2), (5) e (6), a discrepância logarítmica foi corrigida por meio do fator de Meyer

(f_M), expresso por $f_M = e^{0.5 \cdot s_{yx}^2}$ (7), em que s_{yx} é o erro-padrão da estimativa (Araújo et al., 2012). Foram testadas três estatísticas como critério de seleção do melhor modelo, em que foram obedecidos o menor erro-padrão da estimativa em porcentagem (s_{yx} %), o maior coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2) e a melhor dispersão gráfica dos resíduos em porcentagem (Araújo et al., 2012).

2.3. Teste de identidade entre modelos

Com o objetivo de reduzir o número de equações de volume, efetuou-se o teste F de Graybill (1976) para identificar a identidade de modelos (Queiroz et al., 2008). O teste foi aplicado quando se selecionou um mesmo modelo para parcelas de um mesmo bloco. Adotou-se a hipótese inicial (H_0) de igualdade estatística entre as equações volumétricas versus a hipótese alternativa (H_1) de não igualdade, o que impediria aplicar uma mesma equação em diferentes parcelas.

O teste baseia-se na diferença da soma de quadrados da regressão (SQReg) dos modelos completos, ajustados

Tabela 1. Desbastes mistos aplicados em povoamentos de *Pinus taeda* em Santa Catarina.

Table 1. Mixed thinnings applied to *Pinus taeda* stands, in Santa Catarina state.

Bloco	Tratamento	Densidade inicial	Remoção de árvores por desbaste		Total de árvores	
			Sistemático	Seletivo	Colhido	Remanescente
1, 2, 3 e 4	1	1.600	20% de 1.600	66% de 1.280	1.165	435
	2	1.600	20% de 1.600	54% de 1.280	1.011	589
	3	1.600	20% de 1.600	42% de 1.280	858	742
	4	1.600	20% de 1.600	30% de 1.280	704	896
	5	1.600	20% de 1.600	19% de 1.280	563	1.037

Tabela 2. Modelos volumétricos ajustados a parcelas experimentais de *Pinus taeda* em Santa Catarina.

Table 2. Volumetric models fitted to experimental plots of *Pinus taeda*, in Santa Catarina state.

Autor	Modelo	Nº
Spurr	$v_i = a_0 + a_1 \cdot \text{dap}^2 \cdot h + \epsilon$	(1)
Schumacher-Halllinear	$\ln(v_i) = a_0 + a_1 \cdot \ln(\text{dap}) + a_2 \cdot \ln(h) + \epsilon$	(2)
Stoate	$v_i = a_0 + a_1 \cdot \text{dap}^2 + a_2 \cdot \text{dap}^2 \cdot h + a_3 \cdot h + \epsilon$	(3)
Naslund	$v_i = a_1 \cdot \text{dap}^2 + a_2 \cdot \text{dap}^2 \cdot h + a_3 \cdot \text{dap} \cdot h^2 + a_4 \cdot h^2 + \epsilon$	(4)
Spurr logarítmico	$\ln(v_i) = a_0 + a_1 \cdot \ln(\text{dap}^2 \cdot h) + \epsilon$	(5)
Husch linear	$\ln(v_i) = a_0 + a_1 \cdot \ln(d) + \epsilon$	(6)

v: volume individual do fuste em m³; h: altura total em m; dap: diâmetro a 1,3 m do solo, em cm; a_i: parâmetros do modelo; ln: logaritmo neperiano; ε: erro aleatório.

separadamente, em cada parcela, pela SQReg do modelo reduzido, ajustado com as parcelas agrupadas. O agrupamento pôde ser feito por bloco, quando o valor de F foi não significativo, indicando aceitação de H_0 .

Nos casos em que os grupos foram formados por três ou mais parcelas e a H_0 foi rejeitada, o número de parcelas foi reduzido um por vez, na tentativa de eliminar aquelas que impediram a aceitação de H_0 .

2.4. Sortimento de toras

Para calcular o sortimento de toras, empregou-se o software SISPINUS para prognose do crescimento e da produção de *Pinus* spp. no sul do Brasil, desenvolvido pela Embrapa Florestas (Oliveira, 1995). O simulador possui flexibilidades que permitem gerar cenários de manejo, variando-se o índice de sítio, o regime de desbastes e a inclusão de equações de volume. Com isso, foi possível estimar a produção das 20 parcelas do experimento por meio das equações de volume geradas para cada uma delas, bem como de seu respectivo valor de índice de sítio. O sortimento foi gerado considerando os usos e as dimensões de toras mostrados na Tabela 3.

Assim como efetuado para as variáveis G, V e v, os volumes obtidos por sortimento foram avaliados, estatisticamente, pelo teste F, em um delineamento em blocos ao acaso. O procedimento foi repetido para cada classe de sortimento, exceto para a classe “Resíduo”. O teste de Tukey foi procedido, quando pertinente, ao nível de 95% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Experimentação florestal

O teste de Bartlett indicou homogeneidade das variâncias das variáveis analisadas, em que foram observados valores de Qui-quadrado corrigido (χ^2_{corr})

inferiores ao $\chi^2_{\text{tabelado}} = 7,81$ a 95% de probabilidade. Assim, a ANOVA pôde ser efetuada normalmente.

Foi revelado que os tratamentos e os blocos exerceram efeito nas variáveis área basal [G (m²/ha)], volume total [V (m³/ha)] e volume de fuste individual [v (m³/árv)]. O teste de Tukey foi aplicado para detectar os tratamentos e os blocos que apresentaram médias diferentes entre si.

Na Tabela 4, constam algumas estatísticas descritivas, bem como os resultados do teste F e de Tukey aplicados na análise estatística dos tratamentos (regimes de desbaste) e nos blocos (sítios florestais).

Os valores de $F_{\text{calculado}}$ observados para os tratamentos condizem com a hipótese inicial de que as variáveis G, V e v são afetadas pela densidade do povoamento florestal, em que resultados semelhantes foram encontrados por Inoue et al. (2011), Trevisan et al. (2007), Leite et al. (2006) e Berger et al. (2002).

As diferenças entre médias indicadas pelo teste de Tukey mostraram que os cinco tratamentos exerceram efeito sobre a variável G, ao passo que para V e v, alguns tratamentos apresentaram médias iguais, implicando que o efeito do peso de desbaste foi menor para ambas as variáveis do que para a área basal.

O efeito dos tratamentos foi diretamente proporcional para as variáveis G e V, ao contrário da variável V. Essa constatação era esperada em razão de os menores espaçamentos inibirem o crescimento diamétrico das árvores, embora o volume total seja compensado pelo número de indivíduos, ao comparar com os povoamentos mais espaçados, sendo tal fato também observado por Sanquetta et al. (2004) em povoamentos de *Pinus taeda*.

Em relação aos blocos, os resultados corroboram a hipótese inicial de que os sítios florestais podem afetar as variáveis analisadas, tendo resultados semelhantes sido obtidos por Machado et al. (2008) e

Tabela 3. Sortimento de toras empregado em parcelas experimentais de *Pinus taeda* em Santa Catarina.

Table 3. Log assortments adopted in experimental plots of *Pinus taeda*, in Santa Catarina.

Classe	Uso	Comprimento (m)	Diâmetro (cm)		
			Mínimo		Máximo
S1	Serraria 3	2,5	25,0	+	35,0
S2	Serraria 2	2,5	18,0	+	25,0
S3	Serraria 1	2,4	8,0	+	18,0
S4	Energia	1,0	5,0	+	8,0
Resíduo	-	-	0,0	+	5,0

Fonte: adaptado de David (2014).

Tabela 4. Análises estatísticas e teste de Tukey para variáveis de *Pinus taeda* em Santa Catarina.**Table 4.** Statistical analyzes and Tukey test for variables of *Pinus taeda*, in Santa Catarina.

Tratamento	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)	v (m ³)	Bloco	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)	v (m ³)
1	21,5e	364,8d	0,4190a	1	42,1a	820,3a	0,6249a
2	26,8d	380,5cd	0,3858ab	2	35,8b	444,2b	0,4350b
3	31,6c	394,4bc	0,3631bc	3	27,8c	174,5c	0,2710c
4	36,1b	409,3ab	0,3452c	4	19,1d	136,3d	0,1413d
5	39,8a	420,3a	0,3272c				
F _{calculado}	65,45*	11,72*	11,53*	F _{calculado}	154,25*	2.981,81*	492,17*
Média	31,2	393,8	0,3680	Média	31,2	393,8	0,3680
CV(%)	23,3	5,0	9,7	CV(%)	32,0	69,4	56,8

Valores seguidos de mesma letra são estatisticamente iguais, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey; G: área basal; v: volume de fuste individual; V: volume total; CV(%): coeficiente de variação em porcentagem; *: significativo, ao nível de 5% de significância.

Bartoszeck et al. (2004) para *Mimosa scabrella* (Benth.) e por Gomes et al. (1997) para *Pinus taeda*.

Os valores do coeficiente de variação dos blocos (CV%), em comparação aos dos tratamentos, foram superiores para as três variáveis, indicando que o fator sítio florestal foi apropriadamente isolado por meio do DBC. Em todas as parcelas, também se observou que as médias das variáveis foram estatisticamente diferentes entre os blocos, fato não constatado entre os tratamentos.

Tais resultados confirmam a importância de se classificar sítios florestais quanto à sua capacidade produtiva, pois mesmo em povoamentos distintos em densidade de árvores, ou seja, onde a competição entre indivíduos é desigual, o sítio comportou-se como um fator limitante ao crescimento de árvores de *Pinus taeda* em Santa Catarina.

3.2. Modelagem volumétrica

Os ajustes dos modelos de volume individual resultaram em coeficientes significativos e não significativos a 95% de probabilidade, segundo o teste F. Os valores do erro-padrão da estimativa em porcentagem s_{yx} (%) e do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), bem como os coeficientes de ajuste dos modelos selecionados, constam por parcela na Tabela 5.

Conforme demonstra a Tabela 5, a estatística s_{yx} % variou de 6,12% a 11,80%, valores observados para os modelos de Schumacher-Hall e Stoate nas parcelas T1B4 e T2B1, respectivamente. Os valores de R^2_{aj} estiveram entre 0,9428 e 0,9830, para os modelos de Stoate e Näslund, nas parcelas T2B1 e T1B3, respectivamente.

Estudos realizados por Pelissari et al. (2011) em povoamentos homogêneos de pinus tropicais, por Machado et al. (2005) e por Machado et al. (2002), ambos em povoamentos de *Pinus oocarpa* Schiede, indicaram semelhanças entre as estatísticas de precisão apresentadas na Tabela 5. Em um estudo efetuado por Araújo et al. (2012), em fragmentos de *Pinus* sp. com idades avançadas, foram encontradas equações com desempenhos inferiores às apresentadas na Tabela 5.

De modo geral, o modelo de Stoate foi o que apresentou melhor desempenho entre os seis testados, sendo selecionado em oito das 20 parcelas, seguido dos modelos de Näslund e Spurr, selecionados em sete e em três do total das parcelas, respectivamente. Os modelos de Husch linear e Schumacher-Hall linear foram selecionados sem apenas uma parcela.

Foram selecionadas, aleatoriamente, seis parcelas para apresentar os resíduos obtidos na estimativa dos volumes individuais ajustados por modelos da Tabela 5. A Figura 1 ilustra os resíduos dessa amostra de parcelas, os quais estão dispostos em razão do diâmetro a 1,3 m do solo (dap), em centímetros.

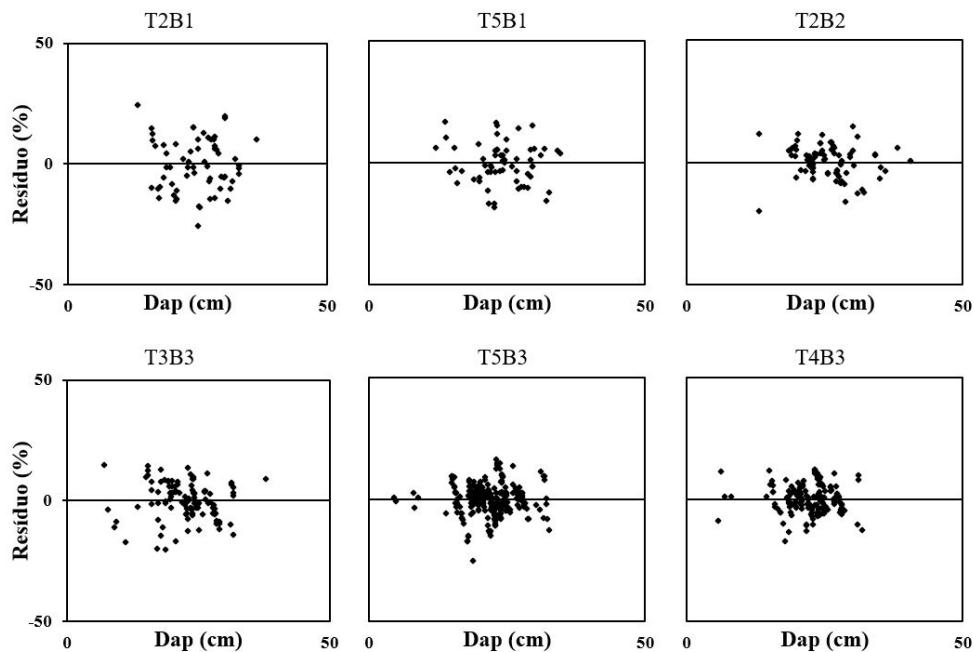
Os seis gráficos da Figura 1 representam os outros 14, pois estes mantiveram comportamento semelhante ao daquela. As equações obtidas propiciaram estimativas não tendenciosas dos volumes com resíduos majoritariamente contidos entre $\pm 25\%$.

A ausência de tendenciosidade nas estimativas do volume ao longo dos diâmetros é relevante, principalmente ao se tratar de árvores com maiores diâmetros e maior volume e valor econômico, indicando que as equações apresentadas na pesquisa são adequadas para estimar essa variável.

Tabela 5. Estatísticas de ajuste de modelos volumétricos para parcelas experimentais de *Pinus taeda* em Santa Catarina.**Table 5.** Fitting statistics of volumetric models for experimental plots of *Pinus taeda*, in Santa Catarina.

Parcela	Autor	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	s_{yx} (%)	R^2_{aj}	Nº
T1B1	Husch	-8,26487	2,31091				7,67	0,9770	6
T2B1	Stoate	-0,24112	0,00054	0,00001	0,01284		11,80	0,9428	3
T3B1	Spurr	0,01355	0,00004				9,91	0,9631	1
T4B1	Näslund		0,00061	-0,00002	0,00006	-0,00051	8,65	0,9580	4
T5B1	Näslund		0,00114	-0,00008	0,00012	-0,00127	8,93	0,9624	4
T1B2	Stoate	0,28342	-0,00051	0,00006	-0,01546		8,34	0,9675	3
T2B2	Stoate	0,13186	-0,00065	0,00006	-0,00365		7,75	0,9722	3
T3B2	Stoate	0,06170	-0,00060	0,00006	0,00124		7,99	0,9551	3
T4B2	Stoate	0,06942	-0,00023	0,00004	-0,00206		7,74	0,9594	3
T5B2	Stoate	0,11752	-0,00048	0,00006	-0,00366		8,51	0,9582	3
T1B3	Näslund		0,00003	0,00006	-0,00007	0,00083	7,12	0,9830	4
T2B3	Näslund		0,00039	-0,00001	0,00004	-0,00021	6,90	0,9725	4
T3B3	Näslund		-0,00001	0,00005	-0,00004	0,00055	7,54	0,9750	4
T4B3	Näslund		0,00025	0,00001	0,00001	0,00002	6,17	0,9707	4
T5B3	Näslund		0,00034	4,24E-06	0,00002	-0,00008	6,52	0,9715	4
T1B4	Sc.-Hall	0,00005	2,12486	0,76893			6,12	0,9814	2
T2B4	Stoate	-0,30639	0,00102	-0,00002	0,01957		7,90	0,9773	3
T3B4	Stoate	-0,13060	0,00061	-4,9E-06	0,00978		7,04	0,9608	3
T4B4	Spurr	-0,00478	0,00004				7,55	0,9520	1
T5B4	Spurr	-0,00329	0,00004				6,98	0,9622	1

Letras T e B: tratamento e bloco, respectivamente; coeficientes em negrito são estatisticamente significativos pelo teste F de Fisher, a 5% de significância; a_i : parâmetros do modelo; s_{yx} %: erro-padrão da estimativa em porcentagem; R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado.

**Figura 1.** Dispersão de resíduos da estimativa do volume de fustes de *Pinus taeda* em Santa Catarina.**Figure 1.** Distribution of residuals produced by the stem volume estimates of *Pinus taeda*, in Santa Catarina.

As estimativas dos modelos volumétricos apresentados na Tabela 5 podem ser observadas por bloco (sítio florestal), em função do dap, em centímetros (Figura 2). Embora a maioria dos modelos seja de dupla entrada, as linhas das estimativas foram dispostas em função do dap, em razão de esta ser a variável mais importante no cálculo do volume.

O comportamento das estimativas do volume foi relativamente semelhante entre os tratamentos, porém, para as árvores com maiores diâmetros, o volume foi discrepante, caracterizando maior incremento de volume médio nos tratamentos em que o peso de desbaste foi maior, o que era esperado. De modo geral, o volume das árvores mais grossas variou mais em todos os blocos.

Ficou evidente a tendência de as curvas de estimativa reduzirem sua inclinação dos sítios melhores aos piores, indicando que esse fator deve ser adequadamente isolado para modelar o volume de fuste de *Pinus taeda* em Santa Catarina. Além disso, verificou-se que as curvas se deslocam para a direita do eixo das abscissas,

demonstrando que a qualidade de sítio interfere na alocação diamétrica do povoamento.

Em relação aos tratamentos, nota-se que as curvas apresentam leve tendência em suavizar a concavidade com o decréscimo do peso do desbaste, ou seja, as curvas aumentam a abertura dos desbastes mais pesados para os menos pesados, confirmando os resultados obtidos na análise de variância, em que, na média, os maiores volumes foram observados nos tratamentos com desbastes mais pesados.

Os gráficos apresentados na Figura 3 correspondem à variação em função do dap e, apesar de a altura contribuir para o volume individual do fuste, a comparação dos volumes foi feita isolando-se os blocos e, naturalmente, os tratamentos são o mais próximo possível em altura, por esta ser fortemente afetada pelo sítio e pouco afetada pela densidade das árvores (David, 2014).

3.3. Identidade de modelos

A Tabela 6 apresenta os resultados do teste F de Graybill, que foi aplicado almejando reduzir o número de modelos por bloco. Os modelos volumétricos reduzidos

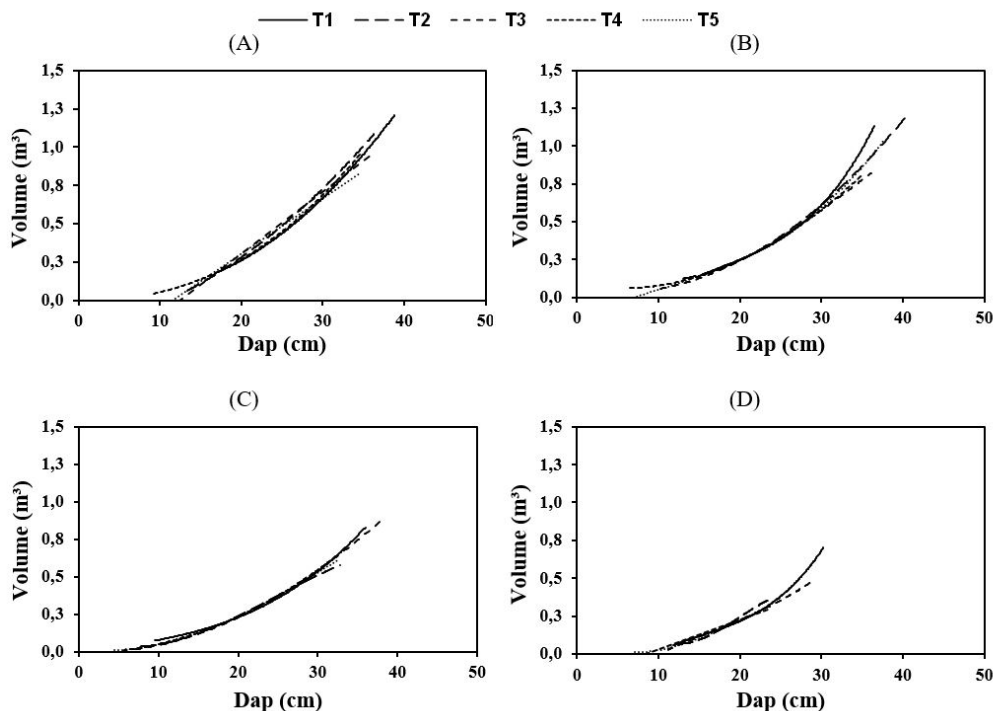


Figura 2. Estimativas de volume de fustes de *Pinus taeda* em parcelas de sítio I (A); II (B); III (C) e IV (D).
Figure 2. Stem volume estimates of *Pinus taeda* in plots in site index I (A); II (B); III (C) and IV (D).

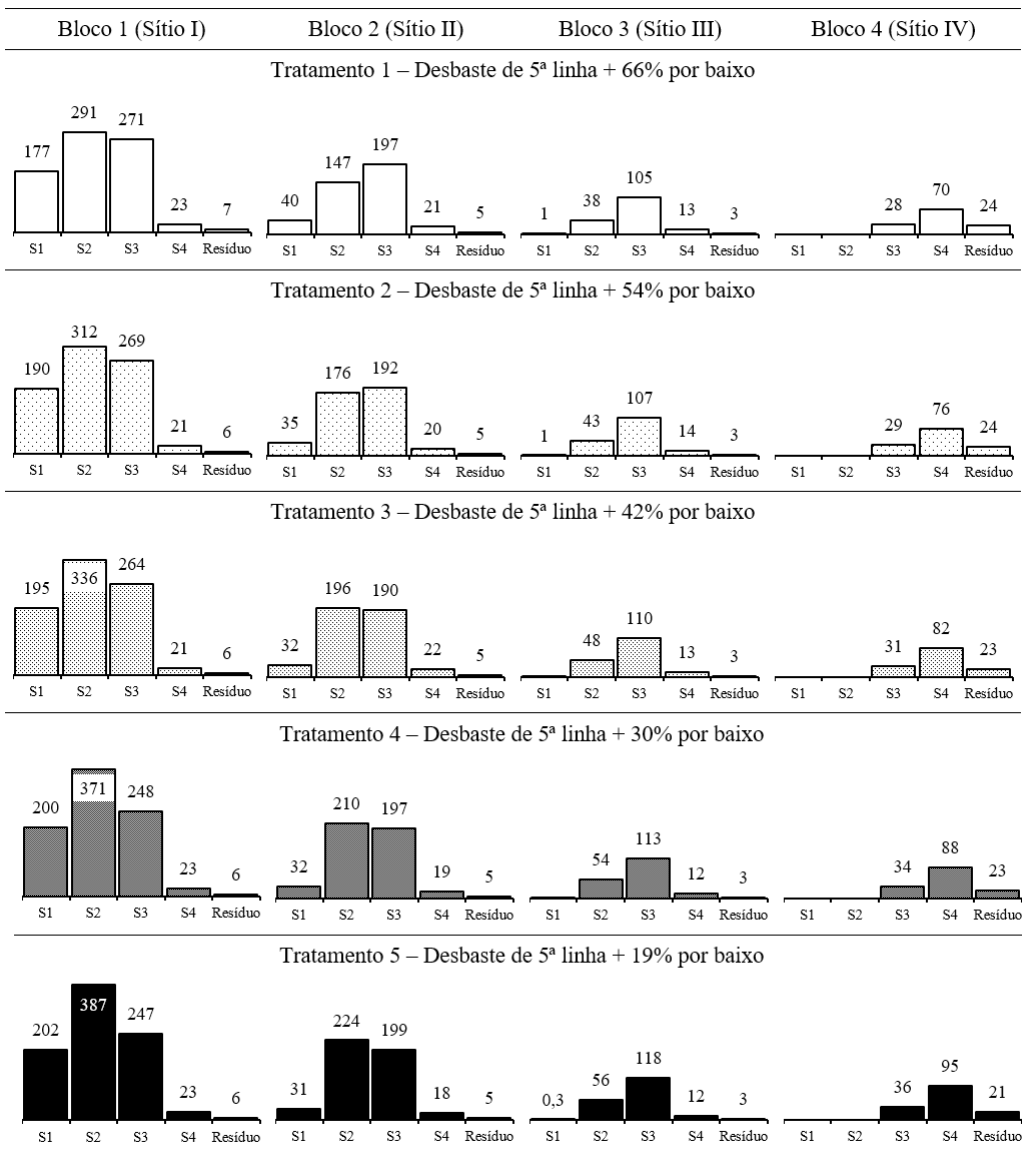


Figura 3. Volume (m^3/ha) por classe de sortimento em parcelas experimentais de *Pinus taeda* em Santa Catarina.
Figure 3. Volume (m^3/ha) by class of assortment in experimental plots of *Pinus taeda*, in Santa Catarina.

apresentaram coeficientes de ajuste significativos e não significativos ao nível de 95% de probabilidade, segundo o teste F. O erro-padrão da estimativa, em porcentagem (s_{yx} %), e o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) tiveram valores próximos àqueles observados nos modelos completos.

O teste indicou possibilidade de agrupamento de quatro parcelas do bloco 2 (sítio II). Na tentativa de agrupar os cinco tratamentos do bloco 2 (sítio II),

a rejeição de H_0 derivou na tentativa de outras combinações, em que foi possível obter aceitação de H_0 ao retirar a parcela T5B2 das demais. No bloco 3 (sítio III), foi possível agrupar as cinco parcelas, e no bloco 4 (sítio IV), dois pares de parcelas.

Finalmente, *a priori*, as 20 equações geradas (uma por parcela) puderam ser reduzidas a 11, pois as quatro equações mostradas na Tabela 6 substituíram nove das originais.

3.4. Sortimento de toras

Os volumes por sortimento obtidos pela estimativa do *software* SISPINUS estão apresentados por tratamento e bloco na Tabela 7.

Em relação ao efeito dos blocos (sítios) na obtenção dos volumes por sortimento, os resultados apresentados na Figura 3 corroboram a análise de variância mostrada na Tabela 4, pois os gráficos em barras tornaram clara a

influência da qualidade do sítio no potencial produtivo em volume, resultados parecidos aos observados por Gomes et al. (1997), que relacionou regimes de manejo de *Pinus taeda* com a obtenção de multiprodutos.

Além disso, notou-se que o fator sítio afetou o volume por classes de sortimento, mostrando que há tendência de a classe de maior volume deslocar-se do sortimento 1 para o sortimento 4, à medida que piora a qualidade do sítio. Por isso, em alguns tratamentos

Tabela 6. Teste F de Graybill para modelos volumétricos ajustados para parcelas de *Pinus taeda* em Santa Catarina. **Table 6.** Graybill F test applied to volumetric models fitted for *Pinus taeda* plots, in Santa Catarina state.

Parcelas agrupadas	Modelo reduzido								F	H ₀
	Nº	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	s _{yx} %	R ² _{aj} *		
T4B1 e T5B1	4	-	0,00085	-0,00005	0,00008	-0,00083	8,83	0,9600	2,53*	R
T1B2, T2B2, T3B2, T4B2 e T5B2	3	0,18111	-0,00059	0,00006	-0,00711	-	8,20	0,9610	11,33*	R
T1B2, T2B2, T3B2 e T4B2	3	0,18008	-0,00060	0,00006	-0,00702	-	8,00	0,9612	1,58 ^{ns}	A
T1B3, T2B3, T3B3, T4B3 e T5B3	4	0,00019	0,00002	-0,00001	0,00023	-	7,01	0,9713	0,15 ^{ns}	A
T2B4 e T3B4	3	-0,21685	0,00073	-0,00001	0,01594	-	7,89	0,9630	0,28 ^{ns}	A
T4B4 e T5B4	1	-0,00597	0,00004	-	-	-	7,20	0,587	0,20 ^{ns}	A

Letras T e B, A e R: tratamento e bloco, aceita-se e rejeita-se, respectivamente; coeficientes em negrito são estatisticamente significativos pelo teste F a 5% de significância; ^{ns}: não significativo. *: significativo pelo teste F a 5% de significância; a_j: parâmetros do modelo; s_{yx} %: erro-padrão da estimativa em porcentagem; R²_{aj}: coeficiente de determinação ajustado.

Tabela 7. Análises estatísticas e teste de Tukey para volume por sortimento de *Pinus taeda* aos 12 anos de idade em Santa Catarina.

Table 7. Statistical analyzes and Tukey test for volume by assortment of *Pinus taeda* with twelve years old, in Santa Catarina.

Tratamento	Sortimento 1	Sortimento 2	Sortimento 3	Sortimento 4
1	54,6	118,8b	150,3	31,4
2	56,3	132,9ab	149,1	32,6
3	56,9	144,9ab	148,6	34,5
4	58,0	158,7a	147,9	35,6
5	58,2	166,9a	149,8	36,8
F _{calculado}	0,26 ^{ns}	4,20*	0,06 ^{ns}	0,67 ^{ns}
Média	56,8	144,4	149,1	34,2
CV(%)	2,3	12,0	0,6	5,7
Bloco	Sortimento 1	Sortimento 2	Sortimento 3	Sortimento 4
1	192,6a	339,5a	259,8a	22,1b
2	34,1b	190,7b	194,7b	19,8b
3	0,5c	47,5c	110,4c	12,8b
4	0,0d	0,0d	31,5d	82,0a
F _{calculado}	1.264,43*	329,38*	817,28*	184,48*
Média	56,8	144,4	149,1	34,2
CV (%)	140,2	91,9	57,7	81,4

Valores seguidos de mesma letra são estatisticamente iguais, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey; S_i: classe de sortimento i; CV(%): coeficiente de variação em porcentagem; ^{ns}: não significativo; *: e significativo ao nível de 5% de significância.

dos sítios III e IV, não foram observados volumes dos sortimentos 1 e 2, bem como a proporção de resíduo aumentou em relação às outras classes.

Quanto ao efeito dos tratamentos, poucas diferenças de volume por classe de sortimento foram observadas pelos gráficos. Contudo, houve tendência em aumentar o volume para os tratamentos de maior para menor peso do desbaste, provavelmente em razão da compensação em número de árvores. As análises estatísticas e o teste de Tukey aplicados aos blocos e tratamentos por sortimento podem ser visualizados na Tabela 7.

Conforme indica a Tabela 7, o teste F confirmou que os tratamentos não exerceram efeito no volume por sortimento, exceto no sortimento 2, referente ao uso para serraria 2, embora seu valor de $F_{\text{calculado}}$ tenha sido próximo de ser não significativo.

Também se observou um forte efeito dos blocos aos volumes por sortimento, tendo havido diferença entre todos os blocos, exceto para o sortimento 4, referente ao uso para energia, o qual teve apenas um bloco distinto dos demais.

A heterogeneidade entre os blocos foi confirmada pelos valores de coeficiente de variação, que foram todos superiores a 50%, ao contrário do que ocorreu para os tratamentos, cujo valor foi inferior a 12%, indicando que o volume obtido por sortimento foi mais homogêneo em razão dos regimes de desbaste.

Apesar de o teste F ter indicado igualdade entre os tratamentos para a maioria dos sortimentos, em geral se observou tendência de acréscimo das médias dos volumes à medida que se reduzia o peso do desbaste.

Esses resultados revelam uma relação importante entre o tempo de desbaste e o tempo de obtenção de sortimentos de uso mais nobre, pois poder-se-ia esperar que os regimes de maior peso de desbaste alcançassem, em média, maior volume para os sortimentos de maior dimensão diamétrica (sortimento 1). Contudo, vale salientar que essa pesquisa foi desenvolvida com povoamentos aos 12 anos, com desbastes aplicados entre 8 e 9 anos. Sendo assim, nessa idade, considera-se insuficiente que os povoamentos apresentem distinção entre volume por sortimento.

Sanquetta et al. (2004) avaliaram o efeito de espaçamentos de plantio e regimes de desbaste em *Pinus taeda* e constataram que a obtenção de madeira para fins mais nobres, como laminação, foi alcançada aos 20 anos de idade.

Para essa idade, os autores notaram que um certo manejo sem desbaste propiciou volume para laminação com média estatisticamente igual à de regimes com aplicação do desbaste, considerando-se densidades de plantio entre 900 e 1.430 plantas/ha, destacando-se que o desbaste exerce maior efeito para povoamentos com plantio mais densos.

Tais confirmações pertinentes a povoamentos conduzidos até idades mais avançadas consideram precoce a conclusão de que os sortimentos não são afetados pelos regimes de desbastes experimentados, demandando, assim, a realização de uma pesquisa em povoamentos mais velhos.

4. CONCLUSÕES

As variáveis área basal, volume total e volume de fuste individual estão submetidos a um maior efeito da qualidade dos sítios florestais do que aos regimes de desbaste.

Os modelos de Stoate e Näslund são os dois melhores para estimar o volume de fuste individual. Diferentes regimes de desbaste fazem a relação volumétrica variar, sobretudo para as árvores mais grossas. A inclinação das curvas de estimativa do volume tende a diminuir com a redução da qualidade do sítio.

Sítios superiores em capacidade produtiva fornecem maior proporção de volume para sortimentos mais nobres e essa proporção diminui para os sítios menos produtivos. A variação do peso de desbaste não influenciou significativamente o volume por classe de sortimento, porém salienta-se que essa conclusão se refere a povoamentos aos 12 anos de idade.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 15 maio, 2014

Aceito: 18 abr., 2016

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Hassan Camil David
Departamento de Engenharia Florestal,
Universidade Federal do Paraná – UFPR,
Avenida Prof. Lothário Meissner, 632, Bairro
Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, PR,
Brasil
e-mail: hassancamil@gmail.com

REFERÊNCIAS

- Araújo EJG, Pelissari AL, David HC, Scolforo JRS, Péllico S No, Morais VA. Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira* 2012; 32(71): 257-268. <http://dx.doi.org/10.4336/2012.pfb.32.71.257>.
- Assmann E. *Waldertragskunde*. Muenchen: BLV Verlagsgessellschaft; 1961.
- Bartoszeck ACPS, Machado SA, Figueiredo A Fo, Oliveira EB. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracinga da região metropolitana de Curitiba, PR. *Revsta Árvore* 2004; 28(4): 517-533.
- Berger R, Schneider PR, Finger CAG, Haselein CR. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. *Ciência Florestal* 2002; 12(2): 75-87.
- Campos JCC, Leite HG. *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 3. ed. Viçosa: Editora UFV; 2009.
- David HC. *Avaliação de sítio, relações dendrométricas e otimização de regimes de manejo de Pinus taeda L. nos estados do Paraná e de Santa Catarina* [dissertação]. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná; 2014.
- Finger CAG, Schneider PR. Determinação de regimes de desbaste para povoamentos de *Pinus elliottii* E. do Planalto Ocidental no estado de Santa Catarina. *Ciência Florestal* 1994; 4(1): 43-59.
- Finger CAG, Schneider PR. Determinação do peso do desbaste para florestas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, com base no índice de espaçamento relativo. *Ciência Florestal* 1999; 9(1): 79-87.
- Gomes FS, Maestri R, Sanquetta CR. 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* 1997; 7(1): 101-126.
- Graybill FA. *Theory and application of the linear model*. Belmont: Duxbury Press; 1976.
- Inoue MT, Figueiredo A Fo, Rodrigo L. Influence of vital growth space on height and diameter of *Pinus taeda* L. *Scientia Forestalis* 2011; 39(91): 377-385.
- Leite HG, Nogueira GS, Moreira AM. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. *Revsta Árvore* 2006; 30(4): 603-612.
- Machado SA, Bartoszeck ACPS, Figueiredo A Fo, Oliveira EB. Efeito da densidade e do sítio sobre as curvas de distribuição diamétrica em Bracingais Nativos (*Mimosa scabrella* Benth.) da região metropolitana de Curitiba. *Ambiência* 2008; 4(1): 37-50.
- Machado SA, Conceição MB, Figueiredo DJ. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. *Revista Ciências Exatas e Naturais* 2002; 4(2): 185-197.
- Machado SA, Urbano E, Conceição MB. Comparação de métodos de estimativa de volume para *Pinus oocarpa* em diferentes idades e diferentes regimes de desbastes. *Boletim de Pesquisa Florestal* 2005; (50): 81-98.
- Nogueira GS, Leite HG, Campos JCC, Souza AL, Couto L. Determinação da idade técnica de desbaste em plantações de eucalipto utilizando o método dos ingressos percentuais. *Scientia Forestalis* 2001; (59): 51-59.
- Oliveira EB. *Um sistema computadorizado de prognose do crescimento e produção de Pinus taeda L., com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo* [tese]. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná; 1995.
- Pelissari AL, Lanssanova LR, Drescher R. Modelos volumétricos para pinus tropicais, em povoamento homogêneo, no Estado de Rondônia. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 2011; (31): 173-181.
- Queiroz D, Machado AS, Figueiredo A Fo, Arce JE, Koehler HS. Identidade de modelos em funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Benth em povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba/PR. *Revista Floresta* 2008; (38): 339-349.
- Sanquetta CR, Rezende AV, Gaiad D, Schaff LB, Zampier AC. Produção de madeira para laminação em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes densidades e regimes de desbaste: uma abordagem experimental. *Revista Floresta* 2004; 28(1): 83-99.
- Smith DM. *The practice of silviculture: applied forest ecology*. Hoboken: John Wiley & Sons; 1997.
- Trevisan R, Haselein CR, Santini EJ, Schneider PR, Menezes LF. Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal* 2007; 17(4): 377-387. <http://dx.doi.org/10.5902/198050981969>.