

Equações de volume para condução da regeneração natural de *Pinus elliottii* Engelm

Volume equations for conducting natural regeneration in a *Pinus elliottii* Engelm forest

Linamara Smaniotto FERRARI [1](#); Nelson NAKAJIMA [2](#); Samuel Alves da SILVA [3](#); Roni Djeison ANSOLIN [4](#); Diego MOREIRA [5](#); Lucas CIARNOSCHI [6](#); Luis Fernando Fonseca KASPRZAK [7](#)

Recibido: 17/04/2017 • Aprobado: 19/05/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
 - [2. Material e Métodos](#)
 - [3. Resultados](#)
 - [4. Discussão](#)
 - [5. Conclusões](#)
- [Referências](#)

RESUMO:

Considerando que o processo de condução da regeneração natural de *Pinus elliottii* Engelm através do banco de sementes pode aumentar a variação das características biométricas do povoamento florestal, este trabalho teve como objetivo o ajuste de equações volumétricas e a verificação da possibilidade do emprego de um número menor de modelos para a estimativa dos volumes de 5 projetos. Foram ajustados 3 modelos de equações de volume a partir de um banco de dados composto por 287 árvores cubadas das quais 40 foram selecionadas para a validação do melhor ajuste. Para a tentativa de agrupar os projetos foi realizado um teste de identidade. De maneira geral os ajustes apresentaram coeficientes de determinação ($R^2_{ajus.}$) acima de 0,91 e variação do erro padrão da estimativa ($Sy_x\%$) entre 5,30% a 23,65%. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o proposto por Shumacher-Hall, que reportou boa aderência na validação de dados independentes. O teste de identidade mostrou que as equações não possuem diferença estatística significativa a 95% de confiança,

ABSTRACT:

Considering that the conducting natural regeneration process of *Pinus elliottii* Engelm through the seed bank can increase the variation of the biometric characteristics of the forest stand, this study aimed adjusting volumetric equations and verifying the possibility of using a smaller number of models for the estimation of the volumes for 5 projects. Three models of volume equations were adjusted from a database composed by 287 cubed trees, which 40 were selected for the validation for the best fit. For the attempt to cluster the projects an identity test was performed. In general, the adjustments reported determination coefficients ($R^2_{ajus.}$) above 0.91 and standard error variation estimate ($Sy_x\%$) between 5.30% and 23.65%. The model that best fit for the data was proposed by Shumacher-Hall, who reported good adherence and independent data validation. The identity test showed the equations do not have significant statistical difference at 95% level, indicating the possibility of grouping between the projects for the variable total volume.

indicando a possibilidade de agrupamento entre os projetos para a variável volume total.

Palavras-chave: Teste de identidade; Similaridade de Modelos; Equações de volume

Keywords: Identity test, Models Similarity, Volume equations.

1. Introdução

O Brasil, apesar de deter uma pequena área de árvores plantadas do mundo, contribui anualmente com 17% de toda a madeira colhida, em razão da alta produtividade dos plantios no País (Ibá, 2014). Através de práticas adequadas de manejo, o cultivo de espécies do gênero *Pinus* na região sul do Brasil, promove além do desenvolvimento social e econômico, a contribuição direta para a redução da exploração de florestas nativas ameaçadas (Vasques et al., 2007; Silvestre et al., 2014).

Para suprir a demanda produtiva exigida pelo setor florestal, além dos investimentos ligados a silvicultura e manejo, existe um grande esforço no desenvolvimento de clones e no melhoramento genético dessas espécies, que costumeiramente são introduzidas em campo em forma de mudas, produzidas em viveiros com o devido controle de qualidade, para que possam corresponder a todo o potencial produtivo que possuem (Alcantara et al., 2007; Sartoretto et al., 2008).

Todavia, o Estado do Rio Grande do Sul, através da Resolução CONSEMA Nº 227/2009, criou o Zoneamento Ambiental para Atividade Silvicultural (ZAS), que restringe fortemente a atividade de plantios florestais com espécies exóticas, em determinadas regiões do Estado. Além de que empreendimentos de grande porte, com áreas superiores a mil hectares, devem obrigatoriamente apresentar estudos de balanço hídrico, demonstrando a viabilidade do cultivo florestal.

Uma das regiões que se enquadra estas limitações de plantios consiste na Unidade de Paisagem Natural (PL3), que localiza-se na margem leste da Laguna dos Patos. Diante destas circunstâncias, uma alternativa para a continuidade da produção em florestas de *Pinus elliottii* - em áreas já consolidadas antes do vigor da respectiva Resolução-, consiste na condução da regeneração natural, proveniente do banco de sementes remanescente após a colheita do povoamento florestal. Técnica esta que assemelha-se aos processos silviculturais pioneiros aplicados no sul dos Estados Unidos, região nativa da espécie (Fox et al., 2007).

Por possuir procedência e tratamentos silviculturais não convencionais, os indivíduos de povoamentos florestais provenientes da condução de regeneração natural podem apresentar grande variação nas diversas variáveis biométricas, possibilitando a necessidade de ajuste de diversas equações de volume para um mesmo povoamento.

Destaca-se que o volume constitui uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial de um povoamento florestal, dando subsídios para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas (Thomas, 2006), além de possibilitar o planejamento da produção e uso da madeira.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho consiste em ajustar modelos volumétricos para as áreas com condução de regeneração natural de *Pinus elliottii* e testar a possibilidade de agrupar os modelos nos diferentes projetos da área de estudo através do teste de identidade.

2. Material e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo e coleta de dado

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos em áreas de regeneração natural de *Pinus elliottii*, que se localizam no litoral médio do estado do Rio Grande do Sul, no município de Mostardas – RS.

Os solos da região são classificados em plintossolos álicos, na região de restinga litorânea,

planossolos solódicos, nas planícies alta e média, e areias quartzosas hidromórficas húmidas na planície baixa (Cunha,1997).

Segundo Sbruzzi (2015), o clima predominante na região é subtropical de verões quentes (Cfa), conforme classificação Köppen. A temperatura média anual é de 21°C, com mínima de 3° e máxima de 38°C no verão, pluviosidade média anual de 1.450 mm.

2.2 Processo de amostragem e coleta de dados

Foram utilizados dados de 287 árvores abatidas em 5 projetos (Tabela 1) e cubadas nos períodos entre 2007, 2009, 2011 e 2013, com idade variando de 4 a 20 anos. Os diâmetros ao longo do fuste foram medidos nas posições de 0,15m - 0,5m - 1m - 1,7m - 2,5 m, tomando-se a partir desse ponto seções de 2,0 em 2,0 m, até o ápice do fuste.

Tendo-se como base uma amplitude diamétrica de 5 cm, foram cubadas pelo menos 2 árvores por classe de Dap (diâmetro a 1,30m de altura), podendo-se observar uma variação de diamétrica de 4,46 à 27,7 cm.

Tabela 1. Número de árvores-amostra (N) e amplitude dos diâmetros (Dap) das árvores cubadas por projeto.
Table 1. Number of sample trees (N) and diameters amplitude (Dap) of cubed trees per project.

Projeto	N	Dap (cm)		
		Mínimo	Médio	Máximo
1	56	9,55	19,93	27,69
2	96	7,00	16,01	27,69
3	73	6,68	13,40	26,10
4	37	4,46	13,98	26,74
5	25	4,46	8,16	18,14

Os cálculos dos volumes das seções foram feitas utilizando-se a fórmula de Smalian:

$$v = \sum \frac{g_i + g_{i+1}}{2} * l_i + g_n * l_n * \frac{1}{3} \quad (1)$$

em que: v = volume total; g_i = área basal na i-ésima posição; l_i = comprimento da secção na i-ésima posição; g_n = área basal do cone; l_n = comprimento do cone.

2.3 Modelos para estimar o volume

Foram ajustados três modelos de volumes (Tabela 2) utilizando-se dados dos cinco projetos juntos, bem como para cada localidade específica.

O critério de seleção dos modelos de regressão mais adequado foi baseada nas estatísticas de: maior coeficiente de determinação (R^2 aj.); menor erro padrão de estimativa (S_{yx}); e, análise de resíduos, para avaliar a não tendenciosidade na distribuição dos resíduos e o percentual de subestimativa ou superestimativa dos volumes.

$$R^2 = 1 - \frac{(n-1)}{(n-p)} * \frac{(SQres)}{(SQtotal)} \quad (2)$$

$$Syx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (vobs - vest)^2}{n-p}} \therefore Syx = \frac{Syx}{\bar{v}} * 100 \quad (3)$$

em que: R^2_{aj} . = coeficiente de determinação ajustado; Syx = erro padrão da estimativa absoluto; $Syx\%$ = erro padrão da estimativa em porcentagem; $vobs$ = volume observado (m^3); $vest$ = volume estimado (m^3); \bar{v} = volume médio; n = número de dados observados; p = número de coeficientes do modelo; $SQres$ = soma dos quadrados dos resíduos e $SQtotal$ = soma total dos quadrados

Tabela 2. Modelos matemáticos para estimativa do volume individual das árvores.
Table 2. Mathematical models for estimating individual tree volume.

Nº	Modelo matemático	Denominação
1	$v = b_0 + b_1 d^2 h$	Spurr
2	$lnv = b_0 + b_1 lnd$	Husch
3	$lnv = b_0 + b_1 lnd + b_2 ln h$	Schumacher-Hall

em que: ln = logaritmo neperiano; h = altura total (m); d = diâmetro, com casca, a 1,3 m do solo (cm); e β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes de regressão.

Conforme Machado e Figueiredo (2002), todos os modelos cuja variável dependente sofreu transformação (logarítmicos) têm seus volumes estimados sujeitos à discrepância logarítmica, havendo a necessidade de corrigir esta desigualdade a fim de não prejudicar a equação. Esta correção pode ser realizada utilizando o Fator de Correção de Meyer para cada volume individual de árvore estimado.

$$Fator\ de\ Meyer = e^{0,5 * Syx^2} \quad (4)$$

em que: Syx^2 = Erro padrão da estimativa (m^3).

2.4 Teste de identidade entre modelos

Após a seleção da melhor equação de volume, para cada projeto e para o conjunto total dos dados, realizou-se o teste de identidade entre os modelos descrito por Graybill (1976) cujo objetivo consistiu em avaliar a possibilidade de agrupar as equações que não apresentassem diferença estatística.

Este teste baseia-se na redução da soma dos quadrados, permitindo verificar estatisticamente, pelo teste de F, a significância da diferença entre o total das somas dos quadrados das regressões ajustadas para cada projeto, isoladamente (modelo completo), e a soma do quadrado da regressão ajustada para o conjunto total dos dados (modelo reduzido). Desta forma, quando o valor de F for maior ou igual ao seu valor tabelar, indica significância ao nível de 95% de probabilidade e rejeita-se a hipótese H_0 , ou seja, as equações diferem-se estatisticamente.

2.5 Validação dos dados

Das 287 árvores que compunham o conjunto total de dados foram utilizadas 40 amostras independentes para validar a equação de volume selecionada. Segundo Prodan et al. (1997) e Kohler (2013), a validação mostra como uma equação, ajustada para um determinado grupo de dados, comporta-se na estimativa de dados independentes daqueles usados no ajuste. De acordo com Sanquetta *et al* (2014), um passo importante para a utilização de modelos é que esses tenham sido previamente validados. A validação de modelos requer duas amostras independentes: uma para ajustar a equação; e a outra para a comprovação. Para tal, foi empregado o teste de Qui-quadrado (χ^2), a 95% de probabilidade, para avaliar a aderência entre os dados, ou seja, se existe diferença estatística.

3. Resultados

3.1 Ajuste dos modelos

Os parâmetros estimados para os três modelos testados para o conjunto total dos dados e por projeto são apresentados na Tabela 3, com os respectivos Coeficientes de Regressão, Coeficientes de Determinação Corrigidos ($R^2_{aj.}$) e Erros Padrões da Estimativa em percentagem ($S_{yx}\%$).

Tabela 3. Parâmetros estatísticos dos modelos volumétricos ajustados.
Table 3. Statistical parameters of the adjusted volumetric models.

Modelo	Projeto	β_0	β_1	β_2	$S_{yx}\%$	$R^2_{aj.}$
1	Geral	0,00577	0,00004	-	8,80	0,988
2	Geral	-8,93101	2,48829	-	21,55	0,927
3	Geral	-9,59815	1,89597	0,91842	9,00	0,987
1	1	0,00350*	0,00004	-	7,35	0,975
2	1	-8,62777	2,40271	-	20,26	0,807
3	1	-10,11294	1,83760	1,18323	6,04	0,983
1	2	0,00564	0,00004	-	7,52	0,985
2	2	-8,78595	2,43498	-	18,67	0,911
3	2	-9,87617	1,92179	0,99212	7,41	0,986
1	3	0,00667	0,00004	-	6,97	0,991
2	3	-8,84145	2,45040	-	16,76	0,946
3	3	-9,49933	1,81772	0,96761	6,91	0,991
1	4	0,00960	0,00004	-	10,20	0,991

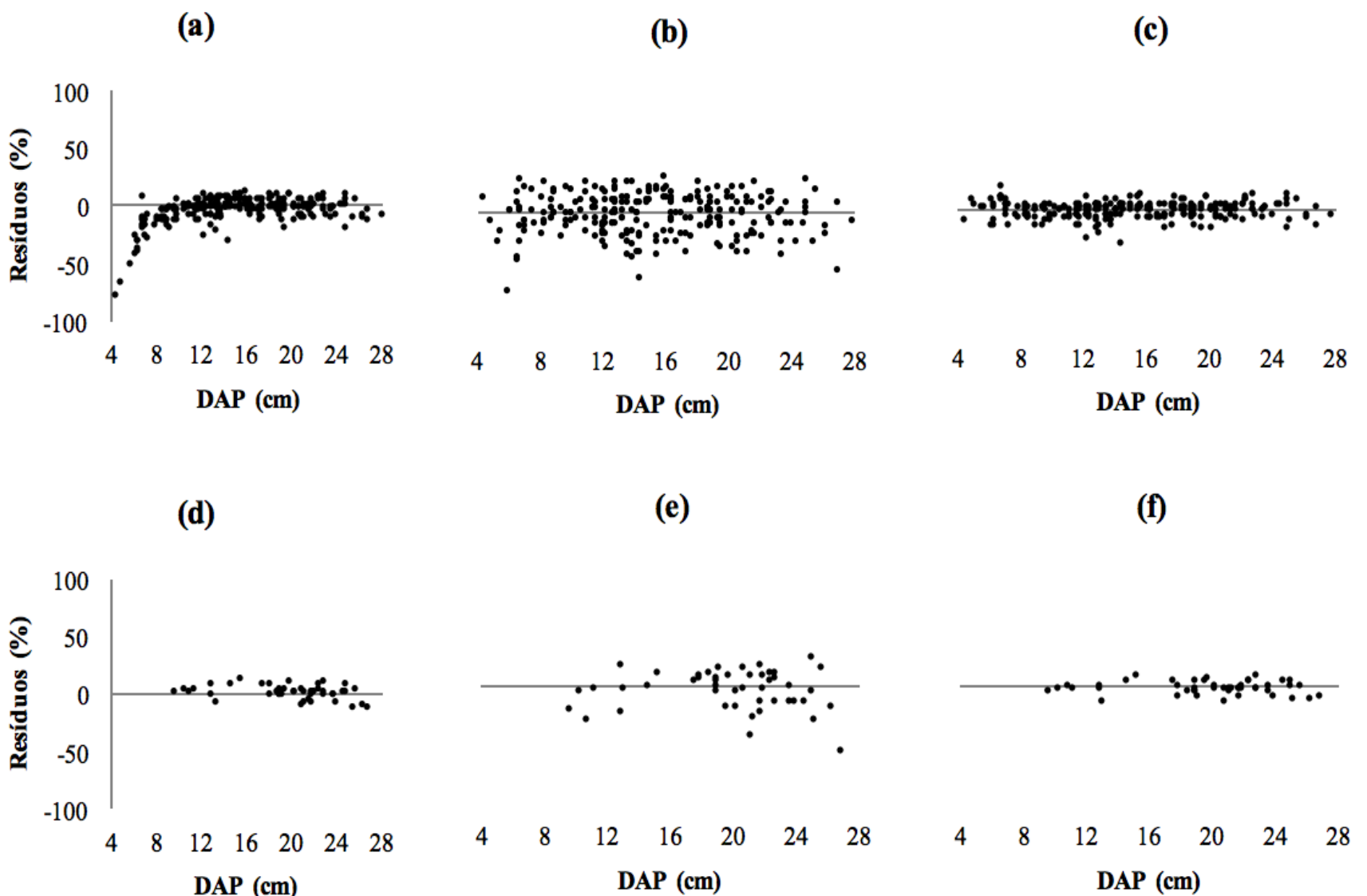
2	4	-9,35218	2,59497	-	17,52	0,972
3	4	-9,40971	1,82641	0,91494	9,51	0,992
1	5	0,00052*	0,00004	-	5,30	0,998
2	5	-8,93101	2,48829	-	23,65	0,961
3	5	-9,55581	2,12327	0,68384	5,68	0,998

Em que: β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes de regressão; $Syx\%$ = erro padrão da estimativa em porcentagem; $R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; F = Resultado do teste F ; e * = significativo ao nível de 5%.

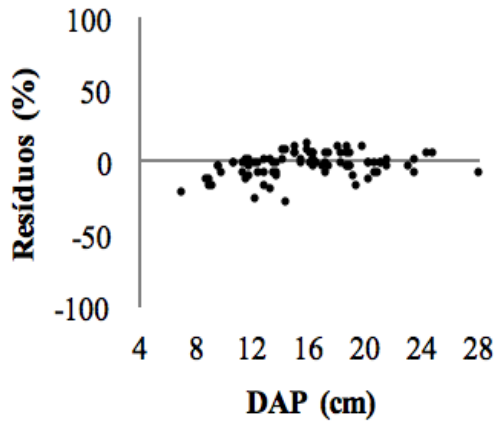
As equações obtidas apresentaram estatísticas de precisão indicando bons ajustes para todos os cenários. De maneira geral, foi verificado, que apenas o ajuste da equação de Husch, no projeto 1, apresentou coeficiente de determinação ($R^2_{aj.}$) abaixo de 0,91. Dentre os demais ajustes apresentaram uma relação dendrométrica muito forte entre a variável volume (v) e as variáveis explanatórias diâmetro (DAP) e altura total (h).

Os valores do erro padrão da estimativa ($Syx\%$) variaram entre 5,30% a 23,65%, porém as equações que melhor se ajustaram em cada cenário não ultrapassaram de 10% de erro.

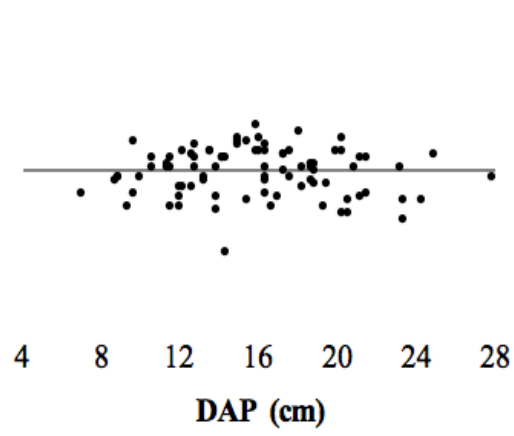
Entretanto, não se recomenda utilizar unicamente o coeficiente de determinação ($R^2_{aj.}$) e erro padrão da estimativa ($Syx\%$) para avaliar o ajuste de um modelo, desta forma analisou-se a distribuição gráfica dos resíduos, apresentada na Figura 1.



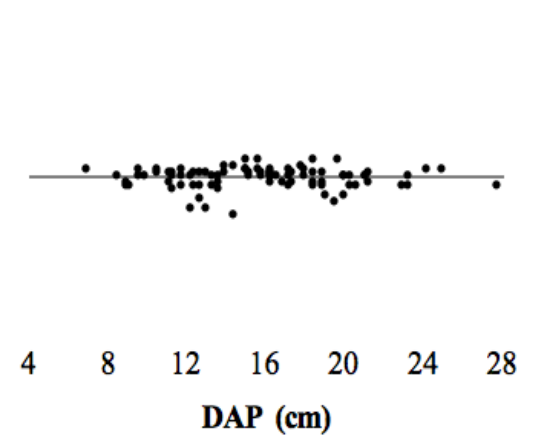
(g)



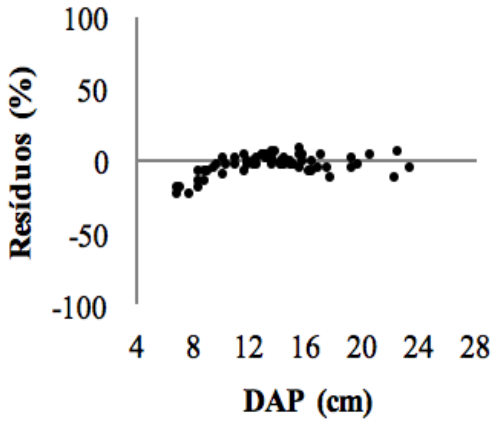
(h)



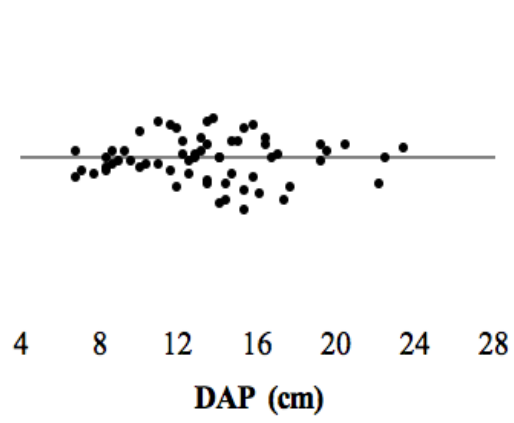
(i)



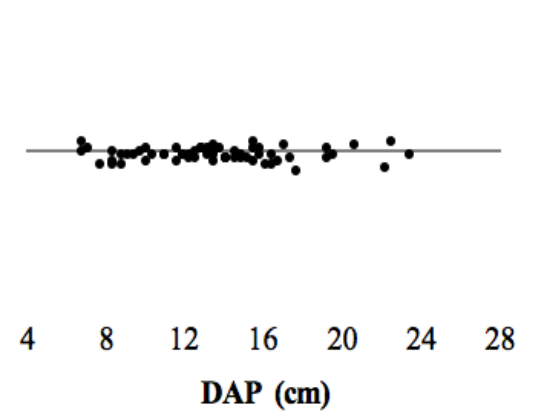
(j)



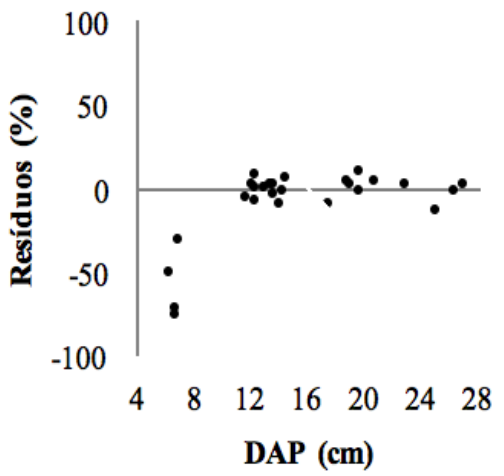
(k)



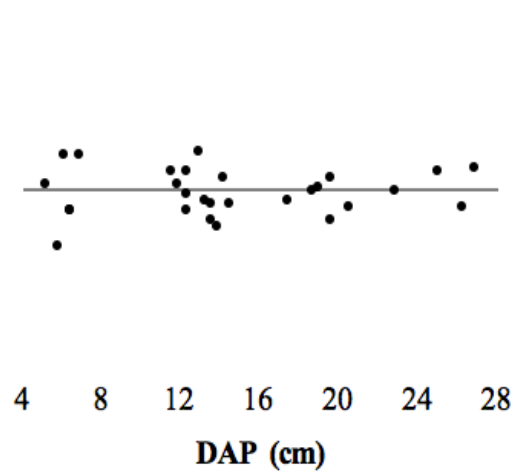
(l)



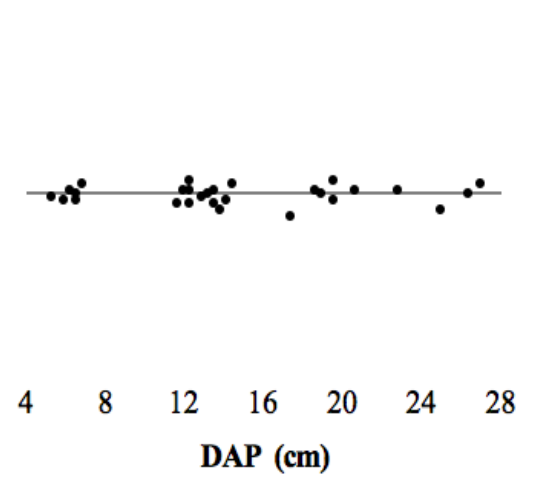
(m)



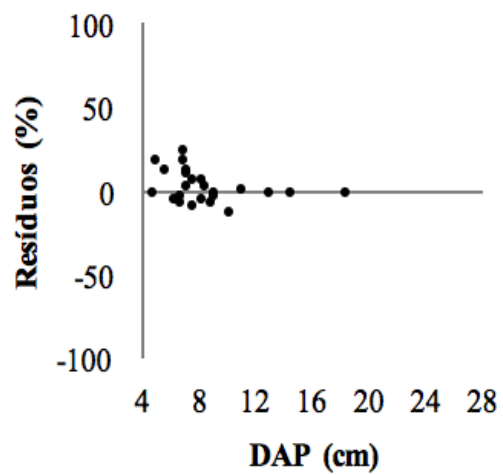
(n)



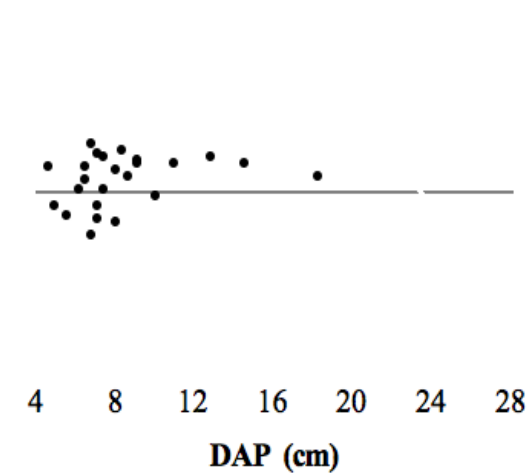
(o)



(p)



(q)



(r)

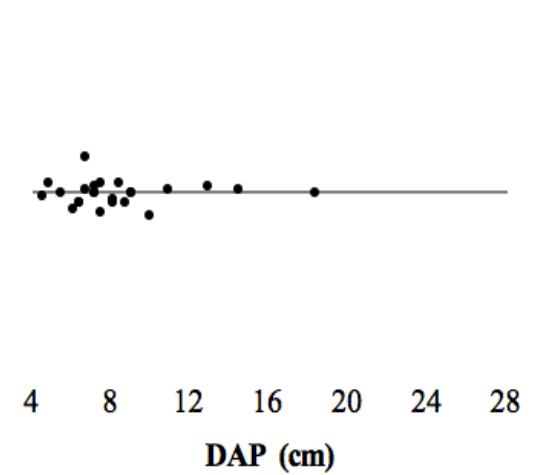


Figura 1. Distribuição gráfica de resíduos volumétricos em função do diâmetro: Equação geral Spurr (a), equação geral Husch (b) e equação geral Schumacher-Hall (c); equação projeto 1 Spurr (d), equação projeto 1 Husch (e) e equação projeto 1 Schumacher-Hall (f); equação projeto 2 Spurr (g), equação projeto 2 Husch (h) equação projeto 2 Schumacher-Hall (i); equação projeto 3 Spurr (j); equação projeto 3 Husch (k); equação projeto 3 Schumacher-Hall (l); equação projeto 4 Spurr (m); equação projeto 4 Husch (n); equação projeto 4 Schumacher-Hall (o); equação projeto 5 Spurr (p); equação projeto 5 Husch (q); e, equação projeto 5 Schumacher-Hall (r).

Figure 1. Graphical volumetric residues distribution as a function of diameter: General equation Spurr (a), general equation Husch (b) and general equation Schumacher-Hall (c); Equation project 1 Spurr (d), equation project 1 Husch (e) and equation project 1 Schumacher-Hall (f); Equation design 2 Spurr (g), equation design 2 Husch (h) equation project 2 Schumacher-Hall (i); Equation project 3 Spurr (j); Equation project 3 Husch (k); Equation project 3 Schumacher-Hall (l); Equation project 4 Spurr (m); Equation project 4 Husch (n); Equation project 4 Schumacher-Hall (o); equation project 5 Spurr (p); Equation project 5 Husch (q); And, equation project 5 Schumacher-Hall (r).

Pode-se observar que embora o modelo de Spurr apresentou uma leve superioridade nos valores estatísticos em relação ao modelo de Shumacher-Hall, o mesmo expõe uma certa tendência em superestimar os volumes com diâmetros abaixo de 10 cm, além de apresentar maior variação na distribuição de resíduos em relação ao modelo Shumacher-Hall.

O modelo de Husch apresentou uma distribuição de resíduos homogênea, todavia, elevada dispersão dos resíduos.

De acordo com a avaliação dos modelos testados por meio do coeficiente de determinação (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa (S_{yx}) e análise da distribuição gráfica de resíduos, o modelo de Schumacher-Hall mostrou-se o mais adequado.

3.2 Teste de identidade dos modelos

A Tabela 4, apresenta o resultado do teste de identidade, ao nível de 95% de probabilidade.

Tabela 4. Resultado do teste de identidade em relação a equação geral dos dados.

Table 4. Identity test result in relation to the data general equation.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Ftabelado
Modelo Completo	15	1610,496			
Modelo Reduzido	3	1610,210			
Diferença	12	0,286	0,024	6,304ns	43,111
Resíduo	232	0,876	0,004		
Total	247	1611,372			

em que: GL= graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados dos resíduos; QM = Quadrado médio dos resíduos; F= calculado; Ftabelado=Resultado do teste F; ns= Não significativo ao nível de 95% de probabilidade.

Observa-se que para a combinação geral, entre todos os projetos, o F calculado apresentou-se menor que o F tabelado, a 95% de probabilidade, aceitando-se a hipótese de nulidade H_0 . Isto significa que a soma dos quadrados dos resíduos de cada projeto é estatisticamente igual à soma de quadrados do modelo geral. Dessa forma, é possível inferir que os ajustes feitos com os dados estratificados em projetos não diferem da equação geral.

3.3 Teste de validação do modelo

A validação apresentou um $R^2_{ajus.}$ de 0,987, um erro padrão de 10,46% e um Qui-quadrado calculado de 0,03, sendo este valor menor que valor tabelar, ao nível de 95% de probabilidade

(54,57), ou seja, a equação apresenta aderência entre os dados.

De acordo com a análise gráfica dos resíduos em função do Dap (Figura 2) os dados apresentaram boa distribuição, embora exista uma leve tendência a subestimação nos menores diâmetros, não ultrapassando a amplitude entre -20% e 20%.

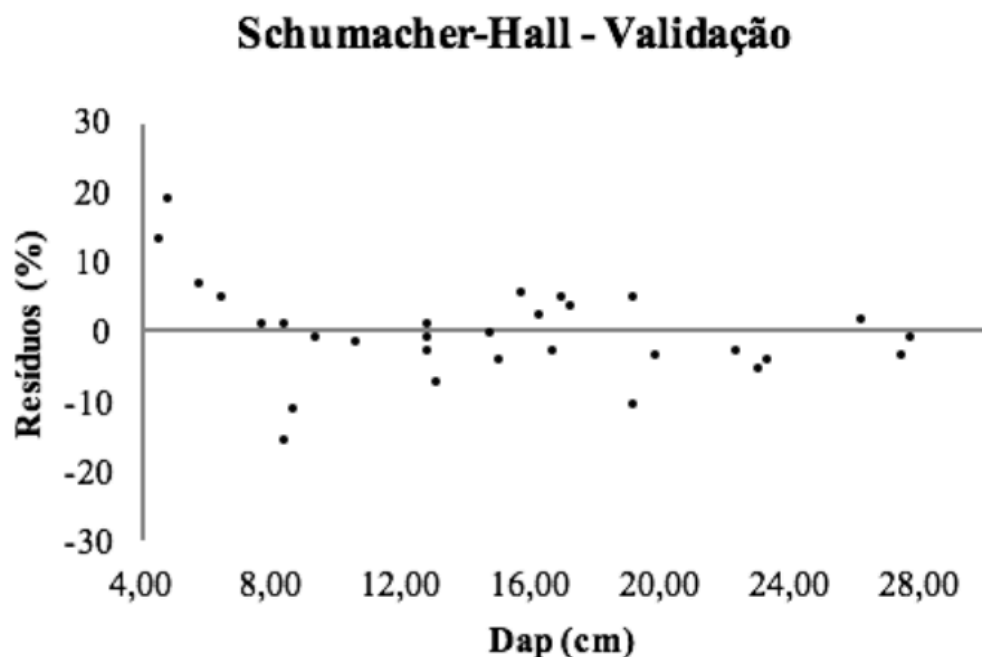


Figura 2. Distribuição gráfica de resíduos para validação do modelo de Schumacher-Hall.
Figure 2. Graphical residues distribution for validation of the Schumacher-Hall model.

4. Discussão

No que se diz respeito ao ajuste de equações volumétricas, Thomas et al. (2006) compararam 9 modelos de equações de volume ajustados com dados de cubagem e análise de tronco de árvores provenientes de plantios de *Pinus taeda* L. no município de Ponte Alta do Norte no estado de Santa Catarina. Os autores utilizaram árvores de diferentes idades, selecionadas aleatoriamente e distribuídas por classe de diâmetro. Como critério de seleção do melhor ajuste, o autor utilizou o valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos (VP). Semelhante a esse trabalho, o modelo selecionado foi o de Schumacher-Hall que apresentou o coeficiente de determinação ajustado de 0,9929 (R^2 ajust.) e o erro padrão da estimativa (Syx) de 0,0970m³.

Machado et al. (2002), também encontraram resultados semelhantes ao testarem 9 modelos de volume para diferentes idades e regimes de desbastes em plantações de *Pinus oocarpa* localizados na região sudoeste de São Paulo. Utilizando o coeficiente de determinação ajustado de (R^2 aj.), erro padrão da estimativa em percentagem (Syx%) e análise gráfica dos resíduos como critérios de seleção do melhor ajuste, os autores chegaram à conclusão de que o modelo proposto por Meyer foi o melhor, seguido dos modelos propostos por Spurr, Stoate e Schumacher-Hall. Todos os ajustes apresentaram coeficiente de determinação ajustado (R^2 aj.) entre 0,8496 e 0,9964 e erro padrão da estimativa em percentagem (Syx%) entre 5,70% e 13,61%. A semelhança entre esses resultados e os obtidos no presente trabalho mostra que os ajustes dos modelos volumétricos para as áreas com condução de regeneração natural de *Pinus elliottii* apresentaram ótimos resultados e ficaram muito próximos aos valores que normalmente se obtém em condições de plantio.

O trabalho realizado no oeste do estado do Rio Grande do Sul, no município de Alegre, em áreas arenizadas, por Elesbão (2011) testou 4 modelos de volume para *Pinus elliotti* e *Pinus taeda* sem casca. Utilizando o coeficiente de determinação ajustado de (R^2 aj.), erro padrão da estimativa em percentagem (Syx%), Índice de Furnival e análise gráfica dos resíduos como critérios de seleção do melhor ajuste, o autor concluiu de que o modelo de Schumacher-Hall foi o melhor modelo ajustado, considerando o valor ponderado dos escores dos parâmetros

estatísticos. Todos os ajustes apresentaram coeficiente de determinação ajustado (R^2 aj.) entre 0,80 e 0,89 e erro padrão da estimativa (Syx) entre 0,0199 e 0,3171. Considerando os valores encontrados no presente trabalho serem levemente superiores aos encontrados por Elesbão (2011) para coeficiente de determinação ajustado (R^2 aj.) e erro padrão da estimativa (Syx) ambos apresentam ótimos resultados, a leve diferença nos valores pode ser atribuída a característica de sítio de cada região, assim como pelo trabalho de Elesbão (2011) ser realizado em áreas arenizadas e degradadas.

Em pesquisas realizadas com ajuste de equações volumétricas para *Pinus taeda* o modelo de Schumacher Hall foi o que apresentou o melhor ajuste, conforme relatado por Korler (2013), Mora (2014), Thomas (2006). Melo (2013) trabalhando com *Pinus caribaea var hondurensis* e Aragão (2016) trabalhando com *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea var hondurensis* obtiveram resultados semelhantes, tendo como melhor modelo ajustado o de Schumacher-Hall.

Ao ajustar equações para estimar o volume total e do fuste de árvores de várias espécies em três diferentes regiões de Cerrado *Sensu stricto* ao longo da bacia do rio São Francisco no estado de Minas Gerais, Rufini et al., (2010), utilizaram o teste de identidade com o intuito de identificar possíveis semelhanças entre os ajustes das regiões, e assim poder utilizar um único modelo de equação para estimar o volume de todas elas. Os modelos que apresentaram os melhores resultados foram os de Schumacher-Hall e Spurr logaritmizados e o teste de identidade identificou que duas das três regiões apresentaram similaridade, assim, podendo ser usadas as mesmas equações para a estimativa do volume de ambas.

Camolesi et al., (2010) usou o teste de identidade para o agrupamento de modelos de volume para Candeia (*Eremanthus erythropappus*) em três municípios do estado de Minas Gerais identificando a possibilidade de usar a mesma equação para dois municípios, já Queiroz et al., (2008) usou o teste para avaliar a possibilidade de agrupamento de modelos de funções de afilamento para estimar volumes ao longo do fuste de *Mimosa scabrella* por classe de idade e para o conjunto total dos dados, após selecionar o modelo proposto por Hradetzky (1976) como o mais adequado, os autores concluíram que o mesmo modelo ajustado poderia ser usado para as classes de idade 13 a 15 e 16 a 19 anos. Esses trabalhos têm como semelhança com o presente trabalho o uso do teste de identidade como ferramenta de otimização do processo de ajuste de equações e estimativa dos volumes individuais.

Outros autores utilizaram o teste de identidade com outros objetivos, como por exemplo Nogueira et al., (2008) que utilizaram o teste para analisar o efeito do espaçamento na forma do fuste de árvores de *Pinus taeda* L no planalto serrano do estado de Santa Catarina, concluindo que os espaçamentos menores resultaram em forma menos cônica que os maiores. Leite e Andrade, (2003) utilizaram o teste em povoamentos de híbrido entre *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* no nordeste do estado da Bahia para analisar se as equações hipsométricas devem ser obtidas por parcela, apenas em função do Dap e se as equações volumétricas devem ser locais, em função apenas do Dap, concluindo que a variável Hd deve ser considerada e que as equações volumétricas devem ser regionais.

Andrade et al., (2006), ao pesquisarem sobre a influência de três sistemas de amostragem na estimativa da relação hipsométrica e do volume de árvores em um fragmento de Mata Atlântica, através do teste de identidade comprovaram a hipótese levantada de que uma equação hipsométrica estimada em cada parcela e/ou classe de diâmetro em floresta inequiana, não difere da equação hipsométrica estimada empregando os dados agrupados em um único lote. A grande variabilidade de emprego do uso do teste de identidade mostra a versatilidade que essa ferramenta possui na área estatística florestal.

5. Conclusões

Constatou-se que embora sejam áreas de regeneração os mesmos apresentaram excelentes resultados estatísticos, apresentando-se equivalente a resultados obtidos em plantios, sendo o modelo proposto por Schumacher e Hall que melhor se ajustou de acordo com as variáveis

testadas.

O teste de identidade indicou a possibilidade de agrupamento entre os projetos para a variável volume total que após a etapa de validação apresentou bons resultados estatísticos e aderência.

Referências

- Alcantara, G. B., Ribas, L. L. F., Higa, A. R., Ribas, K. C. Z. & Koehler, H. S. (2007). Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. *Revista Árvore*, 31 (3), 399-404.
- Andrade, V. C. L. D., Martins, S. V., Calegario, N. & Chichorro, J. F. (2006). Influência de três sistemas de amostragem na estimativa da relação hipsométrica e do volume de árvores em um fragmento de Mata Atlântica. *Revista Scientia Forestalis*, (70) 31-37.
- Aragão, M. A. Barreto, P. A. B. Leite, M. V. S. Carvalho, F. F. & Virgens, A. P. Identidade de (2006). Modelos para Estimar o Volume de árvores de *Pinus oocarpa* e de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. In: IV SEEFOR-BA – Vitória da Conquista – 02 à 04 de Março de 2016.
- Camolesi, J. F., Scolforo, J. R. S., Oliveira, A. D. D., Acerbi Júnior, F. W., Rufini, A. L. & Mello, J. M. D. (2010). Ajuste, seleção e teste de identidade de modelo para volume e número de moirões da candeia (*Eremanthus erythropappus*). *Revista Cerne*, 16 (4), 431-441.
- Cunha, N. G. da. (1997). Caracterização dos solos de São José do Norte, Tavares e Mostardas - RS. Pelotas, RS: EMBRAPA/CPACT: UFPel, 47p. il. (Documentos CPACT; 7/94) 2ª ed.
- Conselho Estadual do Meio Ambiente (Rio Grande do Sul). (2009). Resolução nº 227, de 20 de novembro de 2009. Publicado no DOE, dia 27 de novembro de 2009.
- Fox, T. R., Jokela, E. J. & Allen, H. L. (2007). The development of pine plantation silviculture in the southern United States. *Journal of Forestry*, 105 (7), p. 337-347.
- Graybill, J. (1976). Theory and application of the linear model. *Belmont: Duxbury*, 1976.
- IBA – Indústria Brasileira de Árvores. (2014). Relatório IBÁ 2014. São Paulo: IBÁ.
- Kohler, S. V, Koehler, H. S & Filho, A. F. (2013). Modelos de Afilamento para *Pinus taeda* por Classes de Idade. *Floresta e Ambiente*, 20 (4), 470-479.
- Larreta, B. V., González, J. G. A., Rivas, J. J. C. & Calderón, O. A. G. (2010). Construcción de curvas dinámicas de índice de sitio para *Pinus cooperi* Blanco. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33 (4), 343-351.
- Leite, H. G. & Andrade, V.C.L. (2002). Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. *Revista Árvore*, 26, 321-328.
- Leite, H. G. & Andrade, V. C. L. (2003). Importância das variáveis altura dominante e altura total em equações hipsométricas e volumétricas. *Revista Árvore*, 27 (3), 301-310.
- Machado, S. A., Conceição, M. B. & Figueiredo, D. J. (2002). Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 4 (2), p. 185-197.
- Machado, S. D. A., Augustynczyk, A. L. D., Nascimento, R. G. M., Téo, S. J.; MIGUEL, E. P., Figura, M. A. & Silva, L. C. R. D. (2009). Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. *Ciência Rural*, 39 (8), 2428-2434.
- Mello, J. M., Batista, J. L. F., Ribeiro Júnior, P. J. & Oliveira, M. S. (2005). Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de *Eucalyptus grandis*. *Revista Scientia Forestalis*, 69, 25-37.
- Melo, L. C. Barreto, P. A. B. Oliveira, F. G. R. B. & Novaes, A. B. (2013). Estimativas Volumétricas em Povoamento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no Sudoeste da Bahia. In: IV CONEFOR; III SEEFOR - Vitória da Conquista (BA), 25 a 28 de Novembro de 2013.

- Môra, R., Filho, A. F., Kohler, S. V. & Miranda, R. O. V. (2014). Modelos para estimativas volumétricas de fuste de *Pinus taeda* L. *Enciclopédia Biosfera*, 10 (19). 13p.
- Nogueira, G. S., Leite, H. G., Reis, G. G. & Moreira, A. M. (2008). Influência do espaçamento inicial sobre a forma do fuste de árvores de *Pinus taeda* L. *Revista Árvore*, 32 (5), 855-860.
- Oliveira, M. L. R., Leite, H. G., Garcia, S. L. R., Campos, J. C. C., Soares, C. P. B. & Santana, R. C. (2009). Estimação do volume de árvores de clones de eucalipto pelo método da similaridade de perfis. *Revista Árvore*, 33 (1), 133-141.
- Prodan, M. et al. (1997). *Mensura Forestal*. San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 586p.
- Queiroz, D. et al. (2008). Identidade de modelos em funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Benth em povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba/PR. *Revista Floresta*, 38 (2), 339-349.
- Rufini, A. L., Scolforo J. R. S., Oliveira, A. D. & Mello, J. M. (2010). Equações volumétricas para o cerrado sensu stricto, em Minas Gerais. *Revista Cerne*, 16 (1), 1-11.
- Sanquetta, C.R. et al. (2014). Inventários florestais: planejamento e execução. 3 ed. Curitiba: *Multi-graphic Gráfica e Editora*, 406p.
- Sartoretto L. M., Saldanha, C. W. & Corder, M. P. M. (2008). Transformação genética: estratégias e aplicações para o melhoramento genético de espécies florestais. *Ciência Rural*, 38 (3), 861-871
- Sbruzzi, J. B. (2015). Análise da dinâmica da embocadura da Lagoa do Peixe-RS utilizando dados de sensoriamento remoto orbital. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre.
- Silva, M. D. (2015). Os cultivos florestais do pampa, no sul do Rio Grande do Sul: Desafios, perdas e perspectivas frente ao avanço de novas fronteiras agrícolas. *Floresta*, 42 (1), 215-226.
- Silvestre, R., Bonazza, M. S. M., Lima, G. C. P., Koepsel, D. A., Marco, F. T.; Ciarnoschi, L. D., Scariot, R. & Morês, D. F. (2014). Equações volumétricas em povoamentos de *Pinus taeda* L. no município de Lages-SC. *Nativa*, 2 (1), 1-5.
- Thomas, et al. (2006). Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. *Ciência Florestal*, 16 (3), 319-327.
- Vasques, A. G., Nogueira, A. S., Kirchner, F. F. & Berger, R. (2007). Uma síntese da contribuição do gênero *Pinus* para o desenvolvimento sustentável no sul do Brasil. *Floresta*, 37 (3), 1-6.

1. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Florestal, Curitiba, Paraná, Brasil. Email: linamara_ferrari@hotmail.com

2. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Florestal, Curitiba, Paraná, Brasil

3. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Florestal, Curitiba, Paraná, Brasil

4. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Florestal, Curitiba, Paraná, Brasil

5. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Florestal, Curitiba, Paraná, Brasil

6. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Florestal, Curitiba, Paraná, Brasil

7. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Florestal, Curitiba, Paraná, Brasil

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 42) Año 2017
Indexada en Scopus, Google Scholar

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]