

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ



IDENTIDADE DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS E VOLUMÉTRICOS DE POVOAMENTOS DE PINUS COM DIFERENTES IDADES SUBMETIDOS AO DESBASTE MECANIZADO

IDENTITY OF HEIGHT-DIAMETER AND VOLUME MODELS OF PINE STANDS WITH DIFFERENT AGES UNDER MECHANIZED THINNING

Recebido em 21/04/2017

Aceito em 01/05/2017

Publicado em 02/05/2017

DOI: dx.doi.org/10.5380/biofix.v2i1.51947

Carla Krulikowski Rodrigues¹

Eduardo da Silva Lopes²

Afonso Figueiredo Filho³

Allan Libanio Pelissari⁴

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná, Brasil
carlacr@gmail.com¹, eslopes@unicentro.br² & afigfilho@gmail.com³

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil
allanpelissari@gmail.com⁴

RESUMO

Objetivou-se neste estudo verificar a identidade de modelos hipsométricos e volumétricos em povoamentos de *Pinus taeda* L., com diferentes idades submetidos ao primeiro desbaste mecanizado. O estudo foi realizado em uma empresa florestal localizada no município de Quedas do Iguaçu, estado do Paraná. Avaliou-se povoamentos nas idades de 7, 8, 9 e 10 anos em sítios de alta produtividade e em condições semelhantes de solo e relevo. Inicialmente realizou-se um inventário florestal e cubagem de 47 árvores distribuídas em 12 classes de diâmetro e quatro idades, sendo testados três modelos para a estimativa da altura total e volume individual das árvores. O melhor modelo selecionado foi avaliado pelo teste de Graybill, para verificação da possibilidade do uso de uma única equação para todas as idades. Os resultados mostraram que todos os modelos testados foram adequados para a estimativa de altura total e volume individual. Para o teste de identidade de modelos, selecionou-se o modelo de Trorey, que apresentou a necessidade de modelos específicos para cada idade, porém, ao comparar apenas a idade 9 e 10 anos, foi possível verificar que tais idades são semelhantes, podendo ser representadas por uma única equação. Para a estimativa de volume individual, selecionou-se o modelo de Schumacher-Hall, constatando-se que é necessário apenas uma única equação para representar todas as idades avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: Altura total, Volume individual, Teste de identidade de Graybill.

ABSTRACT

The aim of this study was to verify the identity of height-diameter and volume models in *Pinus taeda* L. stands, with different ages, under first mechanized thinning. The study was carried out in a forest company located in the municipality of Quedas do Iguaçu, Paraná State. Stands at 7, 8, 9, and 10 years old were evaluated, conducted in sites of high productivity and similar conditions of soil and relief. Initially, a forest inventory was carried out, and scaling 47 trees distributed in 12 diameter classes and four ages. Three models were tested for total height and individual tree volume estimation. Of these, the best selected model was evaluated by the Graybill's test to verify the possibility of using a single equation for all ages. The results showed that all the models tested were adequate for the estimation of total height and individual volume. For the model identity test, the Trorey's model was selected, which presented the need for specific models for each age; however, when comparing only age 9 and 10 years, it was possible to verify that such ages are similar, and may be represented by a single equation. For the individual volume estimation, the Schumacher-Hall's model was selected, showing that only a single equation is required to represent all ages evaluated.

KEYWORDS: Total height, Individual volume, Graybill's identity test.

INTRODUÇÃO

O setor brasileiro de árvores plantadas vem crescendo gradativamente a cada ano. Em 2015, o Brasil totalizou em 7,8 milhões de hectares, sendo 1,6 milhões de hectares representados por *Pinus* spp., em que, destes, 42% se concentram no estado do Paraná (IBÁ, 2016). A sua madeira é utilizada na produção de celulose, painéis, chapas e fabricação de móveis, além de ser extraída a goma de resina, de onde o breu e a terebintina são obtidos e utilizados nas indústrias químicas e farmacêuticas (SHIMIZU, 2006).

O plantio de pinus é definido com base na finalidade dos produtos que serão gerados na floresta. Se a intenção é produzir madeira para serrarias, são realizados desbastes, para garantir a continuidade da produtividade até o momento do corte raso (DAVEL, 2009). Logo, o momento ideal para a realização de desbastes é quando se identifica a estagnação do crescimento da árvore, devido à competição por espaço, água, luz e nutrientes (SCHENEIDER; SCHENEIDER, 2008). Ao identificar este momento, deve-se realizar o desbaste de modo a garantir um novo período de crescimento das árvores remanescentes. Porém, quando o desbaste é realizado precocemente, pode interferir no aspecto operacional de sua execução, pois, para garantir a rentabilidade da aplicação de desbaste, os povoamentos devem produzir volume de madeira suficiente para que possam justificar os custos da colheita de madeira.

No auxílio das tomadas de decisões, o inventário florestal tem como uma das principais funções dentro do aspecto econômico, a realização de estimativa do estoque de madeira da floresta e sua produção, a fim de melhor conduzir a matéria-prima ao seu determinado uso (GAROSI et al., 2008; MIRANDA et al., 2015). Uma importante ferramenta empregada na estimativa da quantificação da produção em volume de um povoamento florestal são as equações hipsométricas e volumétricas, onde seus parâmetros são determinados por meio de regressão (SILVESTRE et al., 2014).

Muitos modelos estatísticos foram ajustados para a obtenção de estimativas de altura total e volume individual. Entretanto, recomenda-se testar modelos nas diferentes situações existentes dos povoamentos, abrangendo as diferentes idades, sítios, espécies, entre outras condições (MACHADO et al., 2002; MENDONÇA et al., 2015; SILVESTRE et al., 2015).

A necessidade do conhecimento da altura total e do volume de diferentes povoamentos exige um grande esforço de trabalho, visto que mensurar a altura das

árvores e a cubagem consistem em elevados custos de amostragem, além de gerar uma grande quantidade de equações que dificultam o trabalho de estimativa de produção nas empresas florestais (SANQUETTA et al., 2009; MARTINS et al., 2015; NICOLETTI et al., 2016).

Dentro deste contexto, a identidade de modelos destaca-se como uma importante ferramenta na avaliação da influência das diversas variáveis dos povoamentos sobre as equações geradas nas estimativas de parâmetros dendrométricos. Consequentemente, pode-se verificar a semelhança de modelos e verificar a possibilidade de representar um conjunto de equações em diferentes condições experimentais com apenas uma única equação (MARTINS et al., 2015; NICOLETTI et al., 2016).

Nicoletti et al. (2016) ao avaliar a relação hipsométrica em povoamentos de *Pinus taeda* em diferentes fases do ciclo de corte, nas idades de 7, 8 e 18 anos, por meio de ajuste de seis modelos, seguida da aplicação do teste de Graybill, verificaram que é necessário o uso de uma equação para cada idade, pois os modelos reduzidos não se mostraram adequados para a realização das estimativas. Enquanto Mendonça et al. (2015), ao testarem para *Pinus caribaea* e *Pinus oocarpa* a identidade de modelos para a estimativa de volume individual, verificaram que é possível usar um único modelo para representar a variação das duas espécies.

Objetivou-se com o presente estudo verificar a identidade de modelos hipsométricos e volumétricos em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes idades submetidos ao primeiro desbaste mecanizado, a fim de verificar a possibilidade de agrupamentos dos dados em função da variável idade dos povoamentos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em uma empresa florestal localizada no município de Quedas do Iguaçu, estado do Paraná, Brasil, entre as coordenadas geográficas 25°26'27" S e 52°55'17" W.

De acordo com o sistema de classificação climática de Köppen, o clima da região é classificado como subtropical (Cfa), com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes, tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida, e com precipitação média anual de 1.779 mm (CAVIGLIONE et al., 2000).

Na região de estudo, predominam-se os solos do tipo Neossolo lítólico, com relevo suavemente ondulado,

apresentando uma declividade média de 8% e altitude média de 566 m acima do nível do mar (CABRAL, 2014).

Os povoamentos estudados foram de *Pinus taeda* L. implantados nos anos de 2008, 2007, 2006 e 2005, com idades de 7, 8, 9 e 10 anos no momento das avaliações do primeiro desbaste comercial (Tabela 1). A densidade inicial foi de 1.667 árvores por hectare (espaçamento de 3,0 m x 2,0 m).

Para auxiliar na determinação do estoque de volume, foi realizado um inventário florestal antes da execução dos desbastes nos povoamentos em diferentes idades, com a mensuração do diâmetro a 1,3 m do solo (*DAP*), da altura total (*h*) e das alturas dominante (*Hdom*) nas parcelas. O inventário foi realizado com auxílio de fita métrica para medir a circunferência a 1,3 m do solo (*CAP*) de todas as árvores das parcelas e o Vertex para medição da altura total de 20% das árvores das parcelas, sem considerar as árvores dominantes.

Tabela 1. Características dos plantios de *Pinus taeda* L.

| Informações | Idade dos povoamentos (anos) | | | |
|------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|
| | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ano de plantio | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 |
| Ano da poda baixa | 2012 | 2011 | 2010 | 2009 |
| Taxa de mortalidade (%) | 12,0 | 11,0 | 14,0 | 15,0 |
| <i>DAP</i> médio (cm) | 18,1 | 18,3 | 19,6 | 19,1 |
| <i>Hdom</i> (m) | 14,9 | 16,1 | 17,9 | 17,9 |
| <i>h</i> média (m) | 12,8 | 13,6 | 15,2 | 15,6 |
| <i>VMI</i> (m ³) | 0,160 | 0,173 | 0,225 | 0,215 |

DAP = diâmetro a 1,3 m do solo; *Hdom* = altura dominante; *h* = altura total; e *VMI* = volume médio individual das árvores.

O inventário florestal se iniciou com a identificação e marcação das árvores a serem retiradas no desbaste misto. Em seguida, foram utilizadas dez parcelas alocadas aleatoriamente em cada idade, para obtenção de um limite de erro admissível de 10%, com o dimensionamento de 630 m², possuindo 15 m de largura e 42 m de comprimento. Esta dimensão em largura proporcionava a medição da quinta linha do plantio a ser removida na operação de desbaste sistemático e as quatro linhas adjacentes, onde as árvores inferiores seriam removidas pelo desbaste seletivo. Enquanto que o comprimento utilizado garantia que a quantidade de árvores a serem mensuradas fosse de aproximadamente 105 árvores por parcela.

As informações obtidas serviram de base para gerar a distribuição diamétrica, sendo o número de classes obtido pela fórmula de Sturges, que foi utilizada para auxiliar na seleção das árvores, visando a sua cubagem. Portanto,

considerando-se 12 classes de diâmetro, que variaram de 3,5 cm a 33,5 cm, foram selecionadas 17, 9, 10 e 11 árvores, nas idades de 7, 8, 9 e 10 anos, respectivamente. A variação do número de árvores amostras entre as diferentes idades se deve ao uso de apenas uma fórmula para determinar a distribuição diamétrica e quando a idade não possuía indivíduos em uma classe diamétrica, eram amostrados mais indivíduos na idade onde a classe era existente, para atender a necessidade de amostrar no mínimo três árvores por classe nas quatro idades dos povoamentos.

As árvores selecionadas foram derrubadas e retirados os seus galhos para facilitar as medições. Em seguida, com uma trena foi mensurada a altura total de cada árvore, para o cálculo das alturas relativas para posterior medição dos diâmetros, sendo estas a 0,1 e 1,3 m, e a 15%, 25%, 35%, 45%, 55%, 65%, 75%, 85% e 95% da altura total. Para calcular o volume de cada seção do fuste foi utilizado o método de cubagem de Smalian, descrito por Machado e Figueiredo Filho (2006).

Foram testados três modelos hipsométricos (1, 2, 3) e três volumétricos (4, 5, 6), a fim de obter o melhor modelo para a estimativa da altura total e do volume individual das árvores, para cada povoamento avaliado.

$$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 \quad \text{Não referenciado (1)}$$

$$h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 \quad \text{Trorey (2)}$$

$$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) \quad \text{Stoffels (3)}$$

$$v = \beta_0 + \beta_1 DAP \cdot h^2 + \beta_2 DAP^2 \quad \text{Omerod (4)}$$

$$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP^2 \cdot h) \quad \text{Spurr-Var combinada (5)}$$

$$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \beta_2 \ln(h) \quad \text{Schumacher e Hall (6)}$$

\ln = logaritmo neperiano; *h* = altura total (m); *DAP* = diâmetro a 1,3 m do solo (cm); *v* = volume individual das árvores (m³); e β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes da regressão.

Os modelos matemáticos testados foram selecionados com as seguintes estatísticas: coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), erro-padrão da estimativa em porcentagem ($Syx\%$), recalculados para a variável de interesse quando esta sofreu alguma transformação, e significância dos coeficientes de regressão (β_i). Além disso, realizou-se a análise gráfica de resíduos, a fim de verificar a ocorrência ou não de tendenciosidade nas estimativas da variável dependente.

O modelo mais adequado para a estimativa de altura total e volume individual, foi avaliado pelo teste de identidade de modelos, conforme descrito por Graybill (1976), para a verificação da possibilidade do uso de uma única equação para todas as idades avaliadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros estatísticos dos modelos de relação hipsométrica e volumétrica testados para o conjunto de dados agrupados em função da variável idade. Nota-se que as equações hipsométricas apresentaram coeficiente de determinação ajustados semelhantes, assim como, o erro padrão de estimativa em porcentagem, nos três diferentes modelos avaliados. Enquanto nos modelos volumétricos, verificou-se a semelhança dos três modelos testados, onde os mesmos apresentaram valores elevados de coeficiente de determinação ajustado, e erro-padrão de estimativa aceitáveis, sendo todas as regressões significativas.

A relação hipsométrica dos povoamentos avaliados apresentaram, de maneira geral, correlação fraca, evidenciada pelos baixos valores de coeficientes de determinação ajustados ($R^2_{aj.}$). Isto pode ser explicado pelo comportamento dinâmico da relação altura-diâmetro, cuja curva hipsométrica se desloca para as classes diamétricas maiores e aumenta o seu grau de achatamento com o avanço da idade (PELLISSARI et al., 2014).

Pelissari et al. (2014) explicaram que os coeficientes de determinação ajustados vão reduzindo à medida que aumenta a idade do povoamento, sendo encontrado valores baixos em plantios que se encontram mais desenvolvidos. Outra questão que pode explicar tais valores encontrados, é a alta produtividade dos povoamentos avaliados, pois, segundo Barros et al. (2002), povoamentos que apresentam homogeneidade das alturas podem apresentar baixa correlação com os diferentes diâmetros existentes nos povoamentos.

Ao analisar os parâmetros estatísticos dos modelos avaliados, verificou-se que todos foram similares, tanto entre os modelos hipsométricos como entre os volumétricos. Porém, para avaliar a identidade de modelos foi selecionado o modelo de Trorey (Modelo 2) para o ajuste da relação hipsométrica, enquanto, o modelo selecionado para o ajuste da relação volumétrica foi o de Schumacher-Hall (Modelo 6). De acordo com Campos e Leite (2017), o modelo de Schumacher-Hall é considerado um modelo sempre muito eficiente, devido às suas propriedades estatísticas, pois quase sempre se obtém resultados não tendenciosos (Figura 1).

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros estatísticos do modelo de Trorey e Schumacher-Hall, ajustados para cada idade avaliada. De acordo com os parâmetros estatísticos obtidos, foi verificado que a análise de regressão, tanto para o modelo hipsométrico quanto para o modelo volumétrico, foi significativa em todas as

idades, com o coeficiente de determinação ajustado e erro-padrão da estimativa considerados aceitáveis.

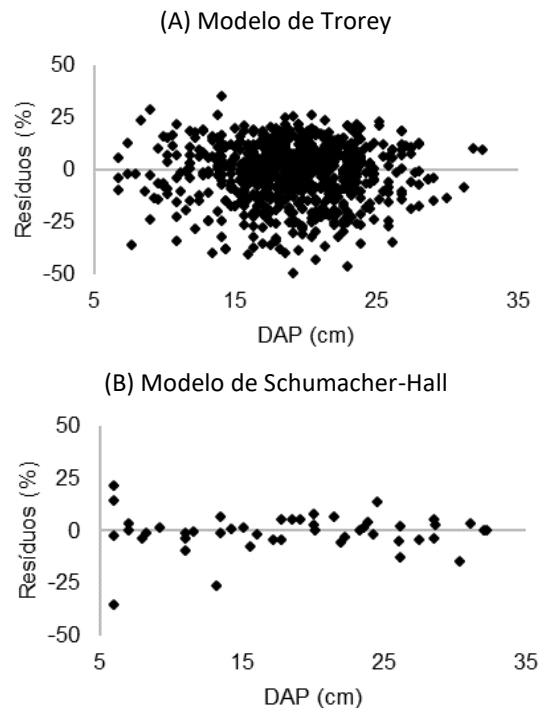


Figura 1. Distribuição dos resíduos de modelos avaliados.

O teste de identidade aplicado entre os modelos ajustados de Trorey, no conjunto de dados agrupados com todas as idades avaliadas, mostrou-se significativo ao nível de 1%, indicando que não é recomendável aplicar uma única equação ajustada para todo o conjunto de dados (Tabela 4). Entretanto, nas idades 9 e 10 anos, pode-se utilizar uma única equação ajustada para representar o conjunto de dados destas duas idades.

Tabela 4. Análise de variância para o teste de identidade de Graybill dos modelos hipsométricos e volumétricos testados

| Combinação (anos) | QM (diferença) | QM (resíduo) | Fc | Teste |
|----------------------------|----------------|--------------|-------|-------|
| Modelo hipsométrico | | | | |
| 7, 8, 9 e 10 | 89,191 | 2,610 | 34,17 | S |
| 9 e 10 | 1,615 | 2,904 | 0,556 | NS |
| 8 e 9 | 19,115 | 3,238 | 5,904 | S |
| 7 e 8 | 6,933 | 2,340 | 2,963 | S |
| Modelo volumétrico | | | | |
| 7, 8, 9 e 10 | 0,005 | 0,009 | 0,57 | NS |
| 9 e 10 | 0,005 | 0,006 | 0,85 | NS |
| 8 e 9 | 0,003 | 0,005 | 0,59 | NS |
| 7 e 8 | 0,001 | 0,011 | 0,13 | NS |

QM = quadrado médio; Fc = estatística F calculada; NS = não significativo, não rejeita-se H_0 ; e S = significativo ao nível de probabilidade de 1%, rejeita-se H_0 .

Tabela 2. Parâmetros estatísticos dos modelos hipsométricos e volumétricos ajustados para o povoamento de *Pinus taeda* com os dados agrupados em função da idade

| Nº | Coeficientes da regressão | | | R ² aj. | Syx% | F | IM |
|------------------------------|---------------------------|-----------|------------|--------------------|-------|----------|-------|
| | β_0 | β_1 | β_2 | | | | |
| Modelos hipsométricos | | | | | | | |
| 1 | 1,92916** | 0,05707** | -0,00018** | 0,281 | 13,34 | 167,39* | 1,009 |
| 2 | 5,63341** | 0,65504** | -0,01003** | 0,282 | 13,33 | 151,01* | - |
| 3 | 1,55932** | 0,37257** | - | 0,280 | 13,35 | 332,35* | 1,009 |
| Modelos volumétricos | | | | | | | |
| 4 | -0,02617** | 0,00003** | 0,00029** | 0,987 | 9,15 | 1689,79* | - |
| 5 | -9,71921** | 0,93862** | - | 0,987 | 9,00 | 8007,25* | 1,004 |
| 6 | -9,92292** | 1,80049** | 1,09969** | 0,989 | 8,35 | 4152,79* | 1,002 |

R²aj. = coeficiente de determinação ajustados; Syx = erro padrão da estimativa em porcentagem; IM = índice de Meyer; F = valor do teste F, em que * indica significância ao nível de probabilidade de 5% pelo teste F; e β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes da regressão, em que ** indica significância dos coeficientes de regressão ao nível de probabilidade de 1% pelo teste t.

Tabela 3. Parâmetros estatísticos dos modelos de relação hipsométrica ajustados para o povoamento de *Pinus taeda* com 7, 8, 9 e 10 anos de idade

| Id | Coeficientes da regressão | | | R ² aj. | Syx% | F | IM |
|------------------------------|---------------------------|-----------|------------------------|--------------------|-------|----------|-------|
| | β_0 | β_1 | β_2 | | | | |
| Modelos hipsométricos | | | | | | | |
| 7 | 6,45211** | 0,48177** | -0,00699 ^{ns} | 0,331 | 10,77 | 51,37* | - |
| 8 | 5,94503** | 0,59606* | -0,00928 ^{ns} | 0,290 | 12,24 | 40,18* | - |
| 9 | 5,06401* | 0,81414* | -0,01431* | 0,321 | 12,64 | 46,19* | - |
| 10 | 8,04159* | 0,52624* | -0,00669 ^{ns} | 0,292 | 9,06 | 36,64* | - |
| Modelos volumétricos | | | | | | | |
| 7 | -9,73803** | 1,81486** | 1,00572** | 0,995 | 7,15 | 1135,04* | 1,007 |
| 8 | -9,81733** | 1,80943** | 1,05486* | 0,985 | 6,67 | 667,37* | 1,001 |
| 9 | -12,46178** | 1,60674** | 2,20717 ^{ns} | 0,930 | 13,05 | 309,97* | 1,004 |
| 10 | -11,51333** | 1,54584** | 1,95977** | 0,994 | 5,84 | 1097,76* | 1,002 |

Id = idade do povoamento (anos); R²aj. = coeficiente de determinação ajustados; Syx = erro padrão da estimativa em porcentagem; IM = índice de Meyer; F = valor do teste F, em que * indica significância ao nível de probabilidade de 5% pelo teste F; e β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes da regressão, em que ** e * indicam significância dos coeficientes de regressão ao nível de probabilidade de 1% e 5% pelo teste t, respectivamente, e ^{ns} não significância.

Na análise de variância para o teste de identidade de Graybill no modelo de Schumacher-Hall, nas diferentes combinações do conjunto de dados em função da idade, foi verificado que é possível o modelo reduzido ser utilizado para a estimativa do volume individual. Isto mostra que, nas diferentes idades dos povoamentos avaliados, as características são semelhantes, podendo ser amostradas em conjunto, o que facilita os cálculos e reduz os custos de amostragem.

CONCLUSÕES

A relação hipsométrica para os povoamentos avaliados apresentaram uma relação fraca, devido a homogeneidade das alturas apresentadas nos diferentes diâmetros existentes nos povoamentos, sendo todos os modelos

testados considerados adequados para a estimativas de alturas dos povoamentos avaliados.

Os modelos ajustados para a estimativa de volume individual das árvores apresentaram parâmetros estatísticos satisfatórios, com elevados valores de coeficientes de determinação ajustados e baixo erro-padrão de estimativa, sendo todos os modelos testados considerados adequados para as estimativas nos povoamentos avaliados.

Com a aplicação do teste de identidade de Graybill no modelo de Trorey para a estimativa de altura total, foi verificada a necessidade de utilizar equações específicas para cada idade, sendo o modelo reduzido inadequado para ser utilizado em tais estimativas. Porém, nos povoamentos com 9 e 10 anos, foi possível verificar a

semelhança e a possibilidade do agrupamento dos dados em função da idade dos povoamentos.

A equação de Schumacher-Hall, obtida pelo conjunto de dados agrupados pela variável idade pode ser utilizada para a estimativa de volume individual para as diferentes idades avaliadas no presente estudo.

REFERÊNCIAS

BARROS, D. A.; MACHADO, S. A.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. **Boletim Pesquisa Florestal**, n. 45, p. 3-28, 2002.

CABRAL, O. M. J. V. **Avaliação operacional da colheita de madeira em desbastes de *Pinus taeda* L.** 2014. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro Oeste Irati, Irati, 2014.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** 5. ed. Viçosa: UFV, 2017. 636 p.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná.** Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 20/11/2016.

DAVEL, M. **Manejo de plantaciones: Boletín Técnico.** Argentina: Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, Universidad Nacional de la Patagonia, 2009. 16 p.

GAROSI, V. A.; GORENSTEIN, M. R.; GOMES, J. E. Inventário florestal e recomendações de manejo para a floresta estadual de Assis – Instituto Florestal, SP. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**, v. 7, n. 12, p. 1-27, 2008.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of linear model.** Pacific Grove: Belmont Duxbur, 1976. 704 p.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual da IBÁ 2016, ano base 2015.** Brasília: IBÁ, 2016. 96 p. Disponível em: <<http://www.iba.org>>. Acesso em: 30/08/2016.

MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO, D. J. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 2, p. 185-197, 2002.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria.** 2 ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2006. 316 p.

MARTINS, R. M.; LEITE, M. V. S.; CABACINHA, C. D.; ASSIS, A. L. Teste de identidade de modelos volumétricos para povoamentos de *Eucalyptus* sp. em sete municípios de Minas Gerais. **Enciclopédia biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1818-1833, 2015.

MENDONÇA, A. R.; PACHECO, G. R. VIEIRA, G. C.; ARAÚJO, M. S.; INTERAMNENSE, M. T. Identidade de modelos para estimativa do volume de pinus. **Nativa**, v. 3, n. 4, p. 281-286, 2015.

MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Plena**, v. 11, n. 3, p. 1-8, 2015.

NICOLETTI, M. F.; SOUZA, K.; SILVESTRE, R.; FRANÇA, M. C.; ROLIM, F. A. Relação hipsométrica para *Pinus taeda* L. em diferentes fases do ciclo de corte. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 80-89, 2016.

PELISSARI, A. L.; FIGUEIREDO FILHO, A.; CALDEIRA, S. F.; MACHADO, S. do A. Geostatistic applied to spatial modeling of hypsometric relationships in forest stands. **American International Journal of Contemporary Research**, v. 4, n. 7, p. 67-76, 2014.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; CÔRTE, A. P. D.; FERNANDES, L. A. V. **Inventários florestais: planejamento e execução.** Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2009. 319 p.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal.** Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566 p.

SHIMIZU, J. Y. **Pinus na silvicultura brasileira.** Colombo: EMBRAPA, 2008. 223 p.

SILVESTRE, R.; BONAZZA, M.; STANG, M.; LIMA, G. C. P.; KOEPEL, D. A.; MARCO, F. T.; CIARNOSCHI, L. D.; SCARIOT, R.; MORAES, D. F. Equações volumétricas em povoamentos de *Pinus taeda* L. no município de Lages - SC. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 2, n. 1, p. 1-5, 2014.