



## ESTRATIFICAÇÃO HIPSOMÉTRICA EM PLANTIOS DE EUCALIPTOS NA REGIÃO SUDESTE DE MATO GROSSO

Diogo Guido Streck Vendruscolo<sup>1</sup>, Ronaldo Drescher<sup>2</sup>, Hudson Santos Souza<sup>1</sup>, Raiane Scandiane da Silva<sup>3</sup>

1. Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá - MT, Brasil. E-mail: diogoguido@hotmail.com
2. Professor Doutor da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá - MT, Brasil
3. Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres – MT, Brasil.

Recebido em: 01/07/2015 – Aprovado em: 31/07/2015 – Publicado em: 21/08/2015

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi testar modelos de regressão e avaliar diferentes formas de estratificação hipsométrica para eucaliptos no município de Itiquira-MT. Foram avaliados povoamentos de três fazendas (I, II e III). As florestas foram implantadas em 2009 sob espaçamento de 3x3 m. Os dados de diâmetro a 1,3 m de altura com casca (DAP) e a altura total (Ht) foram obtidos de 23 parcelas de 400 m<sup>2</sup>. Após a coleta dos dados de DAP e Ht, os mesmos foram empregados para o ajuste de modelos de relação hipsométrica, com diferentes tipos de estratificação. Primeiramente, os modelos foram ajustados a todo o conjunto de dados; estratificado por fazenda e em classes de diâmetros. Dentre os modelos avaliados os de Gompertz e de Trorey apresentaram o melhor desempenho. A estratificação dos dados é recomendada, pois podem aprimorar a acuracidade das estimativas dos inventários e conseqüentemente nas estimativas volumétricas dos povoamentos florestais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inventário florestal, modelos de regressão, estratos.

### STRATIFICATION HIPSOMETRIC IN EUCALYPTUS PLANTATIONS IN THE SOUTHEAST OF MATO GROSSO

#### ABSTRACT

The objective of this study was to test models of regression and evaluate different forms of hipsometric stratification for eucalyptus in Itiquira-MT. Were evaluated stands of three farms (I, II and III). The forests were established in 2009 under spacing of 3x3 m. The diameter data to 1.3 m tall with bark (DBH) and total height (Ht) were obtained of 23 plots of 400 m<sup>2</sup>. After collecting the data DAP and Ht, these were used to fit models hipsometric relation with different types of stratification. First, the models were adjusted for the entire set of data; stratified by farm and per diameters of classes. Among the models evaluated the of Gompertz and Trorey had the best performance. Stratification of the data is recommended as it can improve the accuracy of the estimates of inventories and consequently in volumetric estimates of forest stands.

**KEYWORDS:** Forest inventory, regression models, strata.

## INTRODUÇÃO

O eucalipto é a espécie florestal com maior área plantada no Brasil, correspondendo a cerca de 72% da área total de florestas plantadas (ABRAF, 2013). Além de possuir múltiplos usos, diversas espécies de eucaliptos se adaptaram bem às condições edafoclimáticas de diversas regiões brasileiras, apresentando boa produtividade e rentabilidade em médio prazo.

Segundo a Associação de Reflorestadores do Estado de Mato Grosso (AREFLORESTA), em 2007, o Estado totalizava 50.442 hectares com eucalipto. Em 2012 o Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (IMEA) realizou um levantamento das áreas com plantações de eucalipto via satélite (projeto Siga-MT), os números deste estudo indicaram uma área de mais de 187 mil hectares de eucalipto, representando um aumento de 270% no Estado (FAMATO, 2013).

Com o crescimento da atividade, estudos sobre mensuração florestal, visando à redução de custo é de extrema relevância. A medição da altura em povoamentos florestais é de grande importância para estimativa do volume e qualificação da produção e em determinado local, sendo o volume fundamental na fase de planejamento para qualquer empresa florestal (RIBEIRO et al., 2010).

No entanto, a medição de alturas em povoamentos florestais é uma atividade onerosa, uma vez que, em comparação com a obtenção do diâmetro, a obtenção não é fácil (MENDONÇA et al., 2015). A dificuldade na obtenção das alturas à campo está relacionada com alguns problemas que podem ocorrer, como: falta de visibilidade do topo da árvore em povoamentos densos, bem como a ocorrência de ventos, sobretudo em plantios de eucalipto (MENDONÇA et al., 2011; BINOTI et al., 2013). Com isso, nos inventários florestais é utilizado uma ferramenta que ajuda na economia de tempo e capital, ou seja, os modelos baseados em relações hipsométricas (MENDONÇA et al., 2015).

Dessa forma, no inventário florestal, mede-se o diâmetro de todas as árvores na parcela e a altura de parte delas e, por meio dos pares altura-diâmetro mensurados, estabelece-se uma equação matemática que possibilite estimar as alturas das demais árvores da parcela (RIBEIRO et al., 2010; THIERSCH et al., 2013; MENDONÇA et al., 2015). Essa metodologia é bastante empregada em florestas equiâneas e apresenta boa precisão em razão da homogeneidade dos plantios (CURTO et al., 2014).

A relação hipsométrica sofre influência de diversos fatores, como o sítio, a idade, o tamanho da copa, a espécie e a posição sociológica (MACHADO et al., 2008). Mas, conforme BARTOSZECK et al. (2002), BARROS et al. (2002) e THIERSCH et al. (2013), os modelos de relação hipsométrica que consideram outros fatores além do diâmetro a altura do peito (DAP), fatores como: sítio, idade, densidade, dentre outros, são de difícil obtenção, dessa forma uma alternativa é a estratificação dos dados.

A estratificação de um povoamento florestal refere-se à distinção de áreas ou grupos com características semelhantes, incluindo as características dendrométricas, baseada em uma ou mais variáveis e critérios predeterminados (MIRANDA, 2012). Busca-se, com isso, uma redução na variabilidade da variável de interesse dentro de cada um dos estratos (MIRANDA et al., 2014).

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi testar equações de relação hipsométrica e avaliar diferentes formas de estratificação dos dados para eucaliptos no município de Itiquira, MT.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização do local e coleta de dados

O estudo foi realizado no município de Itiquira, região sudeste de Mato Grosso. De acordo com a classificação climática de Köppen a região possui clima tropical do tipo Aw (tropical com estação seca). A altitude varia de 200 a 300 m, a precipitação média entre 1600 e 1900 mm e a temperatura média varia entre 22 a 24 °C (ALVARES et al., 2013).

Foram avaliados povoamentos provenientes de três fazendas (I, II e III). As florestas foram implantadas em 2009 com espaçamento de 3x3 m. Os dados foram obtidos de 23 parcelas de 400 m<sup>2</sup> medidas no ano de 2014, sendo que os povoamentos das fazendas I e III são híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* e da fazenda II são de origem seminal. Foram medidos os diâmetros a 1,3 m de altura com casca (DAP) e a altura total (Ht) de todas as árvores da parcela.

Após a coleta dos dados de DAP e Ht, os mesmos foram empregados para o ajuste de modelos de relação hipsométrica, com diferentes tipos de estratificação. Primeiramente, os modelos foram ajustados para todo o conjunto de dados, ou seja, sem estratificação. Ainda, foi avaliado o desempenho dos ajustes ao se estratificar os dados por fazenda e em classes de diâmetros. Ao avaliar os ajustes por classes de diâmetro, os dados foram estratificados em três classes. Seguindo a metodologia de SOUZA (1999), foi determinado a partir do diâmetro médio do conjunto de dados das três fazendas, o respectivo desvio padrão ( $\sigma$ ). No entanto, para que não houvesse grande diferença no número de árvore em cada classe, foi empregada a relação da média mais ou menos 0,5 desvios padrões ( $d \pm \sigma/2$ ), sendo que as árvores inseridas nesse intervalo representaram a classe 2 e aquelas acima e abaixo dessa, as classes 1 e 3, respectivamente (Figura 1).



**FIGURA 1.** Número de árvores por classe de diâmetro para o ajuste de modelos hipsométricos em povoamentos de eucaliptos em Itiquira, MT.

Na Tabela 1 estão apresentadas as estatísticas descritivas dos diâmetros (DAP) e altura total (Ht) por fazenda.

**TABELA 1.** Estatística descritiva do diâmetro a 1,3 m de altura (DAP) e altura total (Ht) de povoamentos de eucalipto em Itiquira, MT.

Dados	Variáveis	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão	CV (%)
Fazenda I	DAP (cm)	5,5	13,7	20,0	3,36	24,60
	Ht (m)	10,5	20,3	25,4	3,11	15,28
Fazenda II	DAP (cm)	2,0	14,3	27,9	4,93	34,47
	Ht (m)	4,4	17,9	29,8	4,01	22,42
Fazenda III	DAP (cm)	3,6	12,8	17,6	2,19	17,10
	Ht (m)	8,0	18,7	23,9	2,44	13,03

DAP = diâmetro a 1,3 m de altura; Ht = altura total; CV = coeficiente de variação.

### Ajuste e seleção de modelos de relação hipsométrica

Foi avaliado o desempenho de três modelos lineares e um não linear, tradicionais da literatura florestal (Tabela 2). Os modelos foram ajustados, utilizando o programa CurveExpert versão 1.4 (HYAMS, 1993).

**TABELA 2.** Modelos empregados para estimar a altura total de árvores de eucaliptos em Itiquira, MT.

Número	Modelo matemático	Discriminação
1	$\ln(Ht) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \varepsilon$	Stoffels
2	$\ln(Ht) = \beta_0 + \beta_1 DAP^{-1} + \varepsilon$	Curtis
3	$Ht = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon$	Trorey
4	$Ht = \beta_0 e^{\beta_1 - \beta_2 DAP} + \varepsilon$	Gompertz

$\ln$  = logaritmo neperiano  $Ht$  = altura total (m);  $DAP$  = diâmetro a 1,30 m de altura (cm);  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = parâmetros do modelo; e  $\varepsilon$  = erro aleatório, sendo  $\varepsilon = N(0, \sigma^2)$ .

A precisão das equações foi realizada de acordo com os seguintes parâmetros estatísticos: coeficiente de determinação ajustado, ( $R^2_{aj.}$ ), erro padrão da estimativa absoluto ( $S_{yx}$ ) e percentual ( $S_{yx}\%$ ), valor de F calculado (teste F), bias (bias) e a análise gráfica dos resíduos ( $E\%$ ), calculados pelas equações 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

$$R^2_{aj.} = 1 - \left( \frac{SQ_{res}}{SQ_{tot}} \right) \cdot \left( \frac{n-1}{n-p} \right) \quad (1)$$

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2}{n-p}} \quad \therefore S_{yx}\% = \frac{S_{yx}}{\bar{h}} \cdot 100 \quad (2)$$

$$bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i) \quad (3)$$

$$E\% = \left( \frac{h_i - \hat{h}_i}{h_i} \right) * 100 \quad (4)$$

Em que:

$h_i$  = altura observada;  $\hat{h}_i$  = altura estimada;  $\bar{h}$  = média aritmética da altura observada;  $n$  = número de dados observados;  $p$  = número de coeficientes do modelo;  $SQ_{res}$  = soma dos quadrados dos resíduos; e  $SQ_{tot}$  = soma total dos quadrados.

Para facilitar na seleção da melhor equação, foi determinado o valor ponderado desses escores estatísticos (VP) para cada um dos modelos testados conforme SCHNEIDER et al., (2013) e MELO et al., (2013). O VP de cada modelo testado foi determinado, a partir da atribuição de pesos para todos os parâmetros estatísticos considerados. Peso 1 para a equação mais eficiente, 2 para a segunda e assim sucessivamente. Posteriormente, efetuou-se o somatório da pontuação de cada modelo individualmente, sendo selecionados os melhores modelos de menor

nota final. Nos casos de empate no VP, para designar o modelo de desempenho superior, adotou-se como critério de desempate o maior  $R^2_{aj}$ .

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, foi observada semelhança dos valores de  $R^2_{aj}$  e  $S_{yx}\%$  entre os diferentes modelos avaliados dentro de cada forma de estratificação. Quando observado o desempenho dos modelos entre as formas de estratificação nota-se que os valores de  $R^2_{aj}$  variaram de 0,145 a 0,951 e o  $S_{yx}\%$  de 3,780 a 12,972. Os menores valores ponderados (VP) encontrados foram para o modelo não linear de Gompertz (Modelo 4) e Trorey (3) exceto para a fazenda III em que o modelo de Stoffels (1) apresentou o menor valor (Tabela 3).

Todas as equações apresentaram valores significativos de F, indicando que as mesmas podem explicar a variabilidade da altura total em função do diâmetro à altura do peito (SANQUETTA et al. 2014).

**TABELA 3.** Coeficientes e estatísticas dos modelos de relação hipsométrica nos diferentes estratos, para povoamentos de eucalipto em Itiquira, MT.

E.	Mod.	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$R^2_{aj}$	$S_{yx}$	$S_{yx}\%$	F	Bias	V.P
Geral	1	1,4105	0,5682		0,777	2,003	11,00	8737,1*	0,0925	13
	2	3,3026	-5,1780		0,768	1,951	10,72	8314,8*	0,1383	14
	3	2,5274	1,6342	-0,0333	0,750	1,934	10,46	3763,5*	0,0000	13
	4	23,7075	0,6745	0,1552	0,754	1,890	10,38	3917,8*	-0,0008	10
Faz. I	1	1,4662	0,5942		0,923	0,941	4,630	2239,4*	0,0127	17
	2	3,5111	-6,4683		0,951	0,769	3,780	3647,9*	0,0153	10
	3	-0,0410	2,2939	0,0554	0,937	0,781	3,841	1387,0*	0,0000	14
	4	25,3160	0,8785	0,1866	0,940	0,768	3,780	1429,4*	-0,0001	9
Faz. II	1	1,3790	0,5701		0,811	1,901	10,66	8336,6*	0,0884	14
	2	3,2781	-5,1079		0,782	1,973	11,02	6948,1*	0,1502	17
	3	3,3641	1,4234	-0,0255	0,784	1,863	10,41	3511,9*	0,0000	10
	4	24,7128	0,5681	0,1276	0,785	1,860	10,39	3466,6*	-0,0019	9
Faz. III	1	1,3704	0,6125		0,758	1,364	7,278	1217,6*	0,0459	11
	2	3,3495	-5,2420		0,739	1,405	7,496	1101,3*	0,0494	16
	3	2,7187	1,6945	-0,0336	0,692	1,358	7,242	436,70*	0,0001	10
	4	26,2615	0,5959	0,1335	0,693	1,359	7,249	433,45*	-0,0004	13
Classe I	1	1,1231	0,7020		0,755	1,735	12,406	2240,7*	0,1083	12
	2	3,1538	-4,2688		0,713	1,814	12,972	1803,9*	0,1468	18
	3	1,4090	1,8387	-0,0417	0,718	1,729	12,367	922,5*	0,0000	12
	4	22,5667	0,7142	0,1720	0,719	1,728	12,360	956,6*	0,0002	9
Classe II	1	1,7154	0,4641		0,145	1,854	9,781	177,9*	0,0929	16
	2	3,4022	-6,4444		0,147	1,853	9,775	179,4*	0,0928	11
	3	-3,625	2,6177	-0,071	0,155	1,850	9,763	94,1*	0,0000	8
	4	21,7273	1,4578	0,2503	0,154	1,851	9,763	117,4*	0,0000	8
Classe III	1	1,8106	0,4197		0,191	2,052	9,638	175,7*	0,1005	13
	2	3,4848	-8,279		0,190	2,054	9,650	174,4*	0,1008	18
	3	14,016	0,3042	0,0036	0,200	2,050	9,630	93,8*	0,0000	9
	4	104,701	0,7220	0,0132	0,202	2,050	9,630	97,0*	0,0007	8

E= estrato; Mod. = modelos;  $\beta$  = coeficiente de regressão;  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$  = erro padrão da estimativa absoluto e em porcentagem (%); V.P = valor ponderado; e \* = significância a 5% de probabilidade.

Nos ajustes hipsométricos por fazenda, foi verificado para as fazendas I e III um aumento de precisão das estatísticas de  $R^2_{aj}$  e  $S_{yx}\%$  em relação ao ajuste geral.

Entretanto, para a fazenda II ocorreu uma ligeira perda de precisão dos ajustes. Isso pode ser explicado pelo fato desse povoamento clonal apresentar maior homogeneidade (menor desvio padrão e CV, Tabela 2), o que implica em pouca variação das alturas e dos diâmetros, dessa forma a variação dos diâmetros não acompanha a variação das alturas ou vice versa, ocasionando assim a diminuição da correlação entre a altura e o diâmetro.

Quando os modelos hipsométricos foram ajustados considerando os dados estratificados em classes de diâmetro, o melhor ajuste foi verificado para a classe I, no entanto, os valores de  $R^2_{aj.}$  foram inferiores ao comparar com os ajustes sem estratificação (geral). Para as classes II e III os valores de  $R^2_{aj.}$  apresentaram-se muito abaixo do esperado para ajustes hipsométricos, com valores inferiores a 0,203.

Em relação ao  $S_{yx}\%$  os valores foram similares ao ajuste geral e por fazenda, com valores abaixo de 10%. Segundo MIRANDA et al. (2014) a estratificação provoca a redução da inclinação da curva, por considerar apenas parte dos valores, diminuindo a correlação e conseqüentemente, o  $R^2_{aj.}$

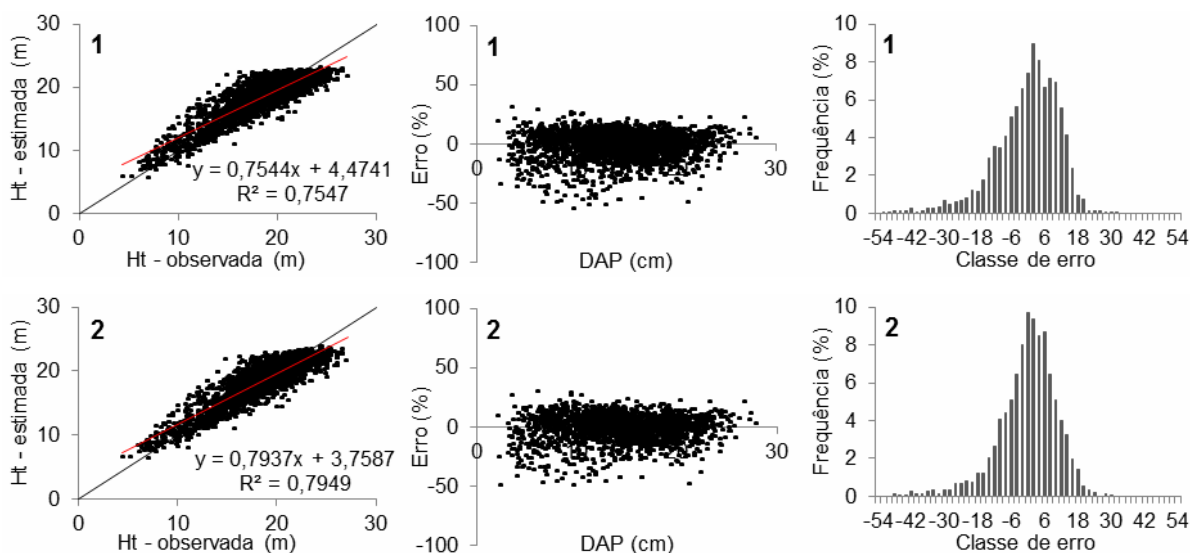
Em geral, quanto aos tipos de estratificação dos dados, a melhor estratégia foi verificada na estratificação por fazendas. No entanto, neste caso, os dados sem estratificação também gerou estimativas precisas, como também observado por MIRANDA et al. (2014) ao avaliarem a estratificação hipsométrica em classes de sítio e de altura total em plantios clonais de eucaliptos na região nordeste do estado da Bahia. Entretanto, BARTOSZECK et al. (2004), RIBEIRO et al. (2010) e MIRANDA et al. (2014) afirmam que o local (sítio) exerce influência significativa na relação hipsométrica, dessa forma é recomendado os ajustes por região.

Analisando o desempenho dos modelos testados, foi observado que o modelo não linear de Gompertz (4) apresentou o menor V.P para o conjunto geral (sem estratificação) e para as fazendas I e II. Para a fazenda III, o menor V.P obtido foi pelo modelo linear de Trorey (3). Segundo BATISTA et al. (2001) e HESS et al. (2014), modelos não lineares apresentaram superioridade em relação aos modelos lineares, na maioria dos casos. Isso se deve a fundamentação biológica do modelo e maior flexibilidade de ajuste aos dados. Os resultados das estatísticas dos ajustes para esses modelos foram semelhantes aos observados por MORAES NETO et al. (2010) em povoamentos de *Eucalyptus cloeziana*, em Planaltina-DF e JESUS et al. (2015) para eucaliptos *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Distrito Federal-GO.

Dessa forma, para o conjunto sem estratificação e para as fazendas I e II foi selecionado o modelo 4, e para a fazenda III o modelo 3. Para esses modelos, uma análise mais aprofundada foi desenvolvida a fim de avaliar o comportamento das estimativas da altura total obtidas pelo ajuste geral e quando estratificado por fazendas (Figura 2).

Avaliando os gráficos das alturas observadas *versus* estimadas, foi verificado que a dispersão se encontra próxima à reta de intercepto igual a 0 e com inclinação de 45°, demonstrando uma aceitável precisão das estimativas. Para árvores maiores, percebe-se que existe leve tendência em subestimar os valores de altura total, tanto no ajuste geral quanto por estratificação. Complementarmente, para esses gráficos foi adicionada uma linha de tendência, e foi verificado que os ajustes estratificados por fazenda apresentou o intercepto mais próximo de 0 (3,7873), o que é desejável.

Os gráficos de erros em porcentagem e os histogramas de frequência dos erros demonstraram uma adequada dispersão para os dois casos, contudo, verificou-se pelo histograma que os dados estratificados apresentaram valores concentrados em torno de  $\pm 10\%$ . De acordo com CAMPOS & LEITE (2013) a avaliação dos resíduos em forma de histogramas é um tipo de análise interessante, pois quando há um grande número de observações, somente os gráficos de dispersão podem levar ao risco de má interpretação, uma vez que ocorrem diversos pontos sobrepostos no gráfico.



**FIGURA 2.** Altura observada *versus* estimada, resíduos e histograma de frequência dos erros para os ajustes do conjunto geral (1) e estratificados por fazenda (2).

### CONCLUSÕES

O modelo hipsométrico de Gompertz foi o mais acurado para estimar a altura tanto para a base de geral de dados sem estratificação quanto para as fazendas I e II. Para a fazenda III o melhor modelo foi o de Trorey.

O ajuste dos modelos para os dados sem estratificação gerou estimativas precisas e livres de tendência, porém a estratificação dos dados por fazenda acarretou em maior precisão em relação ao ajuste sem estratificação.

A estratificação dos dados é recomendada, pois podem aprimorar a acuracidade das estimativas dos inventários e conseqüentemente nas estimativas volumétricas dos povoamentos florestais.

### REFERÊNCIAS

ABRAF - **Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas**. Anuário estatístico da ABRAF 2013 - ano base 2012. Brasília, 2013. 148p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

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

BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracatinga da região metropolitana de Curitiba, Paraná. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.4, p.517-533, 2004.

BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. de. Modelagem da Relação Hipsométrica para Bracatingais da Região Metropolitana de Curitiba – PR. **Floresta**, Curitiba, v.32, n.2, p. 189-204, 2002.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de floresta. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, SP, n. 16, p. 149-163, 2001.

BINOTI, M. L. M. da S.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G. Aplicação de redes neurais artificiais para estimação da altura de povoamentos equiâneos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 639-645, 2013.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2013. 605p.

CURTO, R. A.; LOUREIRO, G. H.; MÔRA, R.; MIRANDA, R. O. V.; PÉLLICO NETTO, S.; SILVA, G. F. Relações hipsométricas em Floresta Estacional Semidecidual. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 57, n. 1, p. 57-66, 2014.

FAMATO - Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Mato Grosso. **Diagnóstico de Florestas Plantadas do Estado de Mato**. Cuiabá: 2013. 106p.

HESS, A. F.; BRAS, E. M.; THAINES, F.; MATTOS, P. P. Ajuste de relação hipsométrica para espécies da Floresta Amazônica. **Ambiência**, Guarapuava, v. 10, n. 1, p. 21-29, 2014.

HYAMS, D. CurvExpert 1.4. Microsoft Corporation, 1993. Disponível em: ([www.curveexpert.net/curveexpert-basic](http://www.curveexpert.net/curveexpert-basic)). Acesso em 05/2015.

JESUS, C. M., MIGUEL, E. P., DE AZEVEDO, G. B., AZEVEDO, G. T. D. O. S., PEREIRA, R. S. Modelagem hipsométrica em povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Distrito Federal. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11 n.21; p. 2015.

MACHADO, S. A. NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; SILVA, L. C. R.; FIGURA, M. A.; PEREIRA, E. M.; TEO, S. J. Comportamento da relação



hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da engenharia florestal da UFPR. **Boletim de pesquisa florestal**, Colombo, n.56, p.5-16. 2008.

MELO, L. C.de; BARRETO, P. A. B.; OLIVEIRA, F. G. R. B. de; NOVAES, A. B. de. Estimativas volumétricas em povoamento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no Sudoeste da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 379-386, 2013.

MENDONÇA, A. R.; CALEGARIO, N.; SILVA, G. F.; BORGES, L. A. C.; CARVALHO, S. P. C. Modelos hipsométricos e de crescimento em altura das árvores dominantes e codominantes para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 151-160, 2011.

MENDONÇA, A. R.; CARVALHO, S. P. C.; CALEGARIO, N. Modelos hipsométricos generalizados mistos na predição da altura de *Eucalyptus* sp. **Revista Cerne**, Lavras, v. 21, n. 1, p. 107-115, 2015.

MIRANDA, R. O. V. **Modelagem em nível de povoamento para *Eucalyptus* sp. com estratificação em classes de precipitação pluviométrica**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Centro-Oeste.

MIRANDA, R. O. V.; DAVID, H. C.; EBLING, Â. A.; MÔRA, R.; FIORENTIN, L. D.; SOARES, I. D. Estratificação hipsométrica em classes de sítio e de altura total em plantios clonais de eucaliptos. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 1, n. 4, p. 113-119, 2014.

MORAES NETO, S. P. de; PULROLNIK, K.; VILELE, L. MUNHOS, D. J. M.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; MARCHÃO. Modelos hipsométricos para *Eucalyptus cloesiana* e *Eucalyptus uroflila* x *Eucalyptus grandis* em sistema agrosilvipastoril. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, v. 286, 2010.

RIBEIRO, A.; FILHO, A. C. F.; DE MELLO, J. M.; FERREIRA, M. Z.; LISBOA, P. M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, v.16, n.1, p.22-31, 2010.

SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; CORTE, A.P.; RUZA, M. S.; SIMON. A.; SÃO JOSÉ, J. F. B. Relação hipsométrica em inventários pré-corte em povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. **Científica**, Jaboticabal, vol.42, n.1, p.80-90, 2014.

SCHNEIDER, P. R.; ELESBÃO, L. E. G.; SCHNEIDER, P. S. P.; LONGHI, R. V. Crescimento em altura dominante do *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* em solos arenizados degradados no oeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 43, n. 11, p. 1981-1986, 2013.

SOUZA, A. L. **Estrutura, dinâmica e manejo de florestas tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. (Apostila).

THIERSCH, C. R.; ANDRADE, M. G. D.; MOREIRA, M. F. B.; LOIBEL, S. Estimativa da relação hipsométrica em clones de *Eucalyptus* sp. com o modelo de curtis ajustado por métodos bayesianos empíricos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.1, p.01-08, 2013.