

AJUSTES DE EQUAÇÕES HIPSONMÉTRICAS PARA PLANTIOS CLONAIIS MULTIESPÉCIES DE EUCALIPTO NO CERRADO GOIANO

Rodrigo de Sousa Oliveira¹, Jéssica Leite André Oliveira², Dalton Ribeiro³, Rômulo de Oliveira Barbosa³, Cristiane Aparecida Fioravante Reis⁴, Evandro Novaes⁵

¹Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil. (E-mail: rodrigodesousa12@gmail.com)

²Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

³ Departamento Florestal, CMOC International Brasil. Catalão, GO, Brasil.

⁴ Pesquisadora Embrapa Florestas. Colombo, PR, Brasil.

⁵ Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, Brasil.

Recebido em: 01/08/2019 – Aprovado em 20/10/2019 – Publicado em: 25/10/2019

DOI: 10.18677/TreeDimensional_2019B10

RESUMO

A eucaliptocultura tem papel importante na economia nacional uma vez que a madeira gerada nessa atividade abastece a maior parte das indústrias de base florestal e, também, pela sua contribuição para redução de pressão de exploração em florestas nativas. Nos últimos anos, os plantios comerciais de eucaliptos têm se expandido para novas áreas, como as regiões centrais do Brasil e, com isso, há uma carência de estudos multidisciplinares sobre clones adaptados a esses ambientes. Desta forma, este trabalho objetivou ajustar 18 modelos hipsométricos tradicionais e 2 aqui propostos para um plantio clonal multiespécies de eucaliptos aos seis anos de idade no município de Catalão (no estado de Goiás). Para execução deste trabalho foram selecionadas ao acaso, 80 árvores representativas do plantio para ajustar e 478 árvores para validar os modelos hipsométricos. Para selecionar os melhores modelos foram verificados: a significância da regressão, o coeficiente de determinação (R^2), o coeficiente de correlação (r), o erro padrão da estimativa em porcentagem ($Sy_x\%$), e o viés por meio da raiz do erro quadrado médio (RMSE) e a análise gráfica dos resíduos. A maioria dos modelos avaliados apresentou altos valores de r e R^2 e baixas taxas de erro e viés (RMSE). Os modelos ajustados Hiperbólico¹), Naslund²) e Prodan ($DA P^2/H=1,8142+0,0997 DAP+0,0261 DAP^2$ e $DA P^2/(H-1,3)=2,2342+0,0870 DAP+0,0274 DAP^2$) foram os mais apropriados para a estimação da altura total a partir dos dados diamétricos de plantios clonais multiespécies no Cerrado goiano, em regiões com fitofisionomia Cerradão.

Palavras-chave: Eucaliptocultura; Modelos hipsométricos; Silvicultura.

HYPSOMETRIC EQUATION ADJUSTMENTS FOR MULTI SPECIES CLONAL PLANTATIONS OF EUCALYPTUS IN THE CERRADO GOIANO

ABSTRACT

Eucalyptus forests has an important role in the national economy since the wood generated by this activity supplies most of the forest-based industries and, also, by its contribution to reducing the pressure of exploitation in native forests. In recent years, commercial eucalyptus plantations have expanded to new areas, such as the central regions of Brazil, as a result, there is a lack of multidisciplinary studies on clones adapted to these environments. This way this study aimed to adjust 18 traditional hypsometric models and 2 proposed for a six-year-old eucalyptus multispecies clonal test in the municipality of Catalão, Goiás. For the execution of this work, a total of 80 representative trees were randomly selected to adjusted 20 hypsometric models (arithmetic and logarithmic). To select the best models, the regression significance, the coefficient of determination (R^2), the correlation coefficient (r), the standard error of percent estimate ($Sy_x\%$), and the bias through the root-mean-square error were verified (RMSE) and the graphical analysis of the residuals. Most of the evaluated models presented high values of r and R^2 and low error and bias rates (RMSE). The adjusted models Hyperbolic (\hat{h}), Naslund (\hat{h}) and Prodan ($Dbh^2/H = 1,8142 + 0,0997 Dbh + 0,0261 Dbh^2$ and $DA P^2/(H - 1,3) = 2,2342 + 0,0870 Dbh + 0,0274 Dbh^2$) were the most appropriate for the estimation of the total height from the diametric data of multispecies clonal plantations in the Cerrado of Goiás, in regions with Cerradão phytophysionomy.

Keywords: Eucalyptus culture; Hypsometric models; Silviculture.

INTRODUÇÃO

A demanda por madeira para atendimento a diversos fins tem feito com que os plantios florestais, antes mais localizados em áreas previamente antropizadas do regiões do Bioma Mata Atlântica, passassem a ocupar áreas antropizadas interioranas do país, onde predomina o Bioma Cerrado. Dentre as espécies utilizadas para fins comerciais no Brasil, àquelas pertencentes aos gêneros *Corymbia* e *Eucalyptus* se destacam, sendo responsáveis por 72,30% da área total plantada, ou seja, aproximadamente 7,84 milhões de hectares (IBÁ, 2017).

No que tange aos plantios de eucalipto, o Estado de Goiás tem pouca relevância quando comparado com os maiores estados produtores brasileiros, com área plantada de aproximadamente 159 mil hectares em 2016 (IBÁ 2017; REIS et al., 2017). A quase totalidade dessa produção é destinada ao uso energético da madeira para atendimento às demandas do agronegócio (secagem e processamento de grãos, abastecimento de cadeiras de laticínios, de frigoríficos, de indústrias alimentícias, dentre outras), de fornos de indústrias ceramistas e de mineradoras (REIS et al., 2017).

Na última década, com o aumento os plantios florestais na região do Bioma Cerrado, houve aumento no número de pesquisas relacionados a esses plantios sob diferentes aspectos, desde a adaptação de materiais genéticos, bem como estudos de modelagem florestal (CERQUEIRA et al., 2018, 2017; BINKLEY et al., 2017; FERREIRA et al., 2017, 2016; COELHO JÚNIOR et al., 2016; ANDRADE et al., 2015; MIRANDA et al., 2015; RETSLAFF et al., 2015; REIS et al., 2014; MORAES NETO et al., 2014a, 2014b, 2012, 2010; AZEVEDO et al., 2011). Dentre os inúmeros estudos desenvolvidos se destacam aqueles destinados a modelagem da relação hipsométrica. Os modelos hipsométricos são equações ajustadas por modelos

matemáticos tradicionais ou genéricos, que expressam a relação entre a altura e o diâmetro da árvore através dos quais é possível obter estimativas acuradas da altura da árvore (SOUZA et al., 2017; VENTUROLI, 2015; SANQUETTA et al., 2014; SCOLFORO, 2006).

A altura total de uma árvore pode ser definida como a distância do nível do solo até o topo da árvore, ao longo de seu eixo principal (SANQUETTA et al., 2014; SCOLFORO, 2006; MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2003). A mensuração ou estimativa da altura em povoamentos florestais é de grande importância para a estimativa do volume e, também, para a quantificação da produtividade em determinado local, sendo fundamental no planejamento da produção florestal (SANQUETTA et al., 2014; RIBEIRO et al., 2010; SCOLFORO, 2006). A altura total, diferentemente do diâmetro à altura do peito, não é fácil de ser mensurada. Na grande maioria das situações, a altura é medida de forma indireta por meio de aparelhos óticos baseados em princípios trigonométricos, tornando essa atividade morosa e dispendiosa, com considerável margem de erro durante a sua mensuração (SANQUETTA et al., 2014; SILVA et al., 2012; SCOLFORO & THIERSCH, 2004).

Outro método para a obtenção da altura total de um povoamento florestal é o ajuste de relações hipsométricas a partir de amostras da floresta contendo os diâmetros à altura do peito e as respectivas alturas totais das árvores (SANQUETTA et al., 2014; SCOLFORO, 2006; SCOLFORO & THIERSCH, 2004). Esse procedimento é muito empregado em florestas homogêneas, tais como plantios clonais de eucalipto, pois diminui o esforço na obtenção das alturas e, em geral, apresenta boa precisão (SILVA et al., 2012). A modelagem hipsométrica é um aspecto importante a ser considerado nos inventários florestais (SANQUETTA et al., 2014; SOUSA et al., 2013; SCOLFORO, 2006; SCOLFORO & THIERSCH, 2004).

As relações entre a altura e o diâmetro diferem para distintos tipos florestais, bem como numa mesma tipologia florestal para diferentes sítios, devido a heterogeneidade ambiental (SANQUETTA et al., 2014; BATISTA et al., 2014; SCOLFORO, 2006). Diante disso, torna-se fundamental o ajuste de modelos e a seleção dos mais adequados para estimar a altura total de um plantio específico, ou para uma espécie, ou gênero, em uma região de interesse, reduzindo consideravelmente os custos do inventário florestal (SOUZA et al., 2017; BARROS et al., 2002). Assim, este estudo teve como objetivo ajustar equações hipsométricas tradicionais e propostas para um plantio clonal multiespécies de eucalipto (*Corymbia* sp. e *Eucalyptus* sp.) no Cerrado goiano, com a finalidade de indicar os que melhor descrevam a relação entre a altura total e diâmetro à altura do peito.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido em um teste clonal multiespécies de eucalipto aos seis anos de idade. Neste plantio estavam inseridos clones de espécies puras (*C. citriodora*, *E. camaldulensis*, *E. cloeziana*, *E. grandis*, *E. platyphylla*, *E. saligna* e *E. urophylla*) e clones de híbridos interespecíficos (*C. torelliana* x *C. citriodora*, *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. grandis* x (*E. urophylla* x *E. tereticornis*), *E. pellita* x *E. grandis*, *E. resinifera* x *E. grandis*, *E. saligna* x *E. tereticornis*, *E. tereticornis* x *E. pellita*, *E. urophylla* x *E. brassiana*, *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, *E. urophylla* x *E. grandis*, *E. urophylla* x *E. tereticornis*).

Ao todo foram utilizados 94 clones, em um delineamento de blocos completos casualizados, com 29 repetições, em parcelas de árvore única, em espaçamento de

3m x 3m. O experimento foi realizado na área pertencente à mineradora CMOC Internacional Brasil (Copebrás), em área de 2,45 hectares no município de Catalão, em Goiás. Esta área experimental está inserida ecorregião do Planalto Central Goiano, nas coordenadas 18°10'05,04" (de latitude Sul, 47°51'22,15" de longitude Oeste e em altitude média de 850 metros (Figura 1).

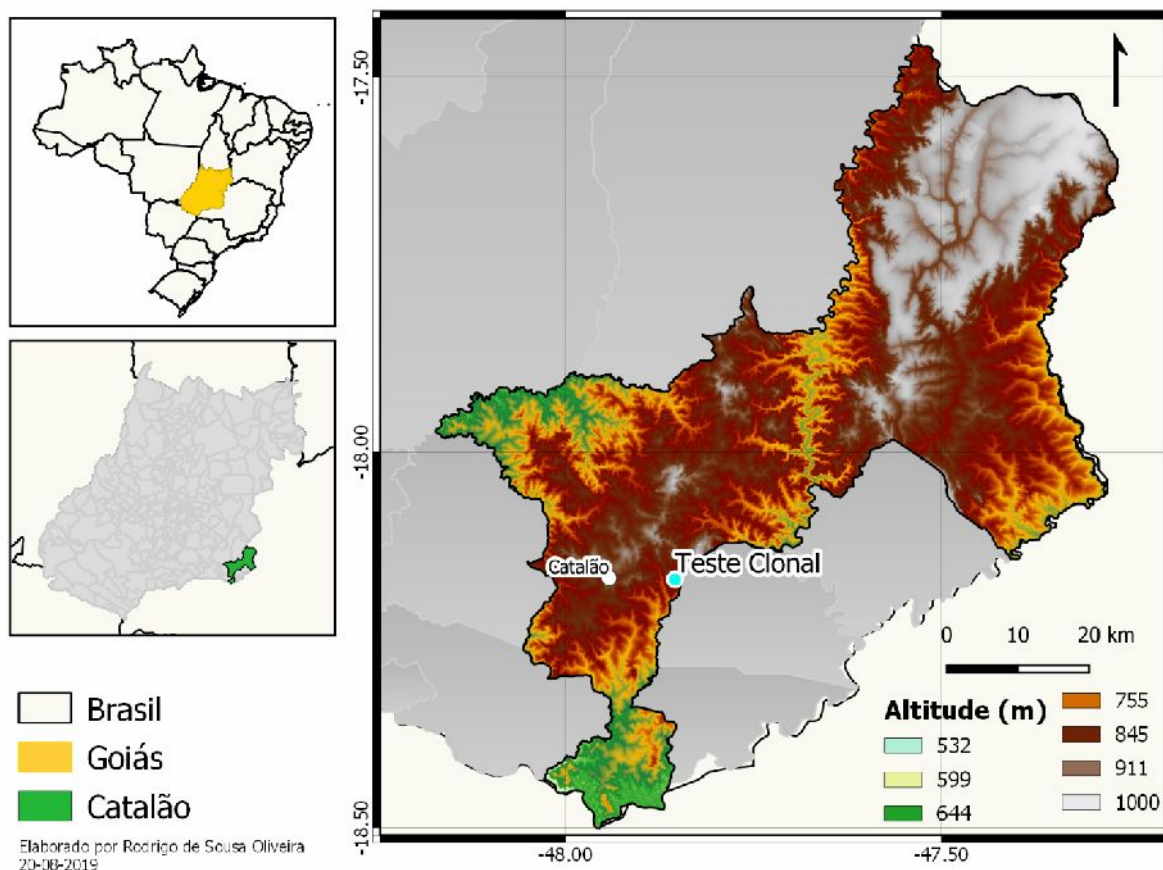


FIGURA 1 Localização Teste clonal multiespécies de eucaliptos e altimetria do município de Catalão, no estado de Goiás.

Esta área apresenta o Cerradão como fitofisionomia predominante (RIBEIRO & WALTER, 2008). O clima da região é classificado Clima Tropical, com inverno seco (Aw), segundo Köppen, com estações seca e chuvosa bem delimitadas, com precipitação pluviométrica média anual de 1.485 mm, concentrada entre outubro e março, com estimativa de temperatura média anual de 22,20 °C (ALVARES et al., 2013). O solo é caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico de textura médio-argilosa (SANTOS et al., 2018).

A calagem superficial, em área total e de acordo com análise prévia do solo, foi conduzida antes do plantio, com incorporação em uma faixa de 80 cm dentro da linha de plantio, utilizando calcário PRNT 90%. O solo foi homogeneizado e sulcado a 90 cm de profundidade. A adubação foi aplicada no sulco de plantio com 300 kg.ha⁻¹ de formulação 10-30-10 (NPK), juntamente com 0,5 kg.ha⁻¹ de boro. Aos 3, 12 e 24 meses após o plantio, realizou-se a adubação de cobertura com 180 kg.ha⁻¹ de NPK 12-05-12 e 0,5 kg.ha⁻¹ de boro. O controle químico pré e pós-emergência de gramíneas invasivas também foi realizado. O controle químico de formigas cortadeiras, dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, foi realizado utilizando iscas de fipronil.

Mensuração dos dados

Para o ajuste dos modelos foram escolhidos 20 clones representativos das espécies que compõem o experimento. Foram selecionadas ao acaso quatro árvores de cada um dos 20 clones mencionados, totalizando 80 árvores abatidas para cubagem rigorosa pelo método de Smalian. Dessa forma, foram mensuradas a altura total (Ht), em metros, com uma trena e o diâmetro à altura do peito (DAP), em centímetros, com uma suta florestal (Figura 2). Para a validação dos modelos foram mensuradas as demais árvores dos clones selecionados que estavam presentes no experimento, totalizando 478 árvores. Estas árvores tiveram sua altura total (Ht) mensuradas em pé com auxílio do hipsômetro Vertex Håglof e o DAP mensurado com auxílio de uma fita dendrométrica (Figura 2).

Modelos hipsométricos

Ao todo foram avaliados 20 modelos hipsométricos, dentre os quais 18 são tradicionais na literatura (CURTO et al., 2014; SOUSA et al., 2013; ARAÚJO et al., 2012a; ARAÚJO et al., 2012b; AZEVEDO et al., 2011; DONADONI et al., 2010; ROCHA et al., 2010; SOARES et al., 2004) e dois foram propostos por este estudo (Tabela 1). Estes modelos foram ajustados por meio da altura total e DAP mensurados das árvores abatidas, a fim de se conseguir uma maior precisão na estimação das alturas, e validados com os dados das 478 árvores em pé.



FIGURA 2 Mensuração da altura total das árvores em pé com auxílio do hipsômetro Vertex Håglof (A e B). Aferição do diâmetro a altura do peito da árvore em pé (C). Mensuração dos diâmetros e altura total da árvore abatida (D).

Análises estatísticas para escolha do melhor modelo

Inicialmente, realizou-se a análise exploratória dos dados por meio de parâmetros da estatística descritiva. Essa análise teve como intuito identificar inconsistências na mensuração dos dados, detectando eventuais *outliers*, provenientes do próprio inventário ou, devido às variações biológicas inerentes às espécies avaliadas (Tabela 2).

Para a escolha do melhor modelo hipsométrico foram considerados: a significância da regressão (valor de p), obtida por sua análise de variância (ANOVA); o coeficiente de determinação (R^2); o coeficiente de correlação ($r_{yy'}$) entre os valores estimados pelos modelos e os valores mensurados; o erro padrão da estimativa em

porcentagem (S_{xy} %); a análise gráfica dos resíduos e a raiz do erro quadrado médio (REQM). Utilizou-se o *software* R para se realizar as análises.

Os coeficientes de determinação (R^2) e de correlação ($r_{yy'}$), o erro percentual padrão da estimativa (S_{xy} %) e a raiz do erro quadrático médio (REQM) são estimados por meio das equações 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Já a análise dos resíduos foi realizada plotando-se o erro residual percentual em função do DAP (Figura 3), que é a variável de entrada nos modelos hipsométricos.

$$R^2 = \hat{\rho} \quad (1)$$

$$r_{yy'} = \hat{\rho} \quad (2)$$

$$S_{xy} \% = \left(\left(\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2 \right) / (n - p)} \right) / \bar{y} \right) * 100 \quad (3)$$

$$REQM = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2 \right)}{n} \quad (4)$$

TABELA 1 Modelos hipsométricos, tradicionais e propostos, utilizados para a mensuração da altura total (Ht) das árvores a partir dos diâmetros (DAP).

	Modelos hipsométricos	Autores
1	$H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon_i$	Linear - Campos e Leite (2002)
2	$H = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \varepsilon_i$	Henriksen (1950)
3	$H = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 + \varepsilon_i$	Azevedo (1999)
4	$H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon_i$	Parabólico - Trorey (1932)
5	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \varepsilon_i$	Stoffels
6	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \log(DAP) + \varepsilon_i$	Stoffels
7	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \beta_2 (1/DAP) + \varepsilon_i$	Silva (1980)
8	$H = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP^2) + \varepsilon_i$	Assmann
9	$DA P^2 / H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon_i$	Prodan
10	$DA P^2 / (H - 1,3) = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon_i$	Prodan
11	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP) + \varepsilon_i$	Curtis (linearizado)
12	$H = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP) + \varepsilon_i$	Curtis (1957)
13	$\sqrt{DA P^2 / (H - 1,3)} = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon_i$	Naslund
14	$DAP / \sqrt{H} = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon_i$	Hiperbólico - Naslund
15	$\ln(H - 1,3) = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP) + \varepsilon_i$	Pollanschutz
16	$1 / \sqrt{H} = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP) + \varepsilon_i$	Petterson
17	$1 / \sqrt{(H - 1,3)} = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP) + \varepsilon_i$	Petterson
18	$\sqrt[3]{1 / \ln(H)} = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP) + \varepsilon_i$	Petterson
19	$H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DA P^2 + \beta_3 DA P^3 + \varepsilon_i$	Proposto
20	$DA P^2 / H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DA P^2 + \beta_3 DA P^3 + \varepsilon_i$	Proposto

H: altura total da árvore (m); **DAP:** diâmetro à altura do peito medido a 1,3 m do solo (cm); **Ln:** logaritmo neperiano; **Log:** Logaritmo na base 10; β_0 , β_1 , β_2 , e β_3 : coeficientes da regressão e ε_i : erro aleatório.

A raiz do erro quadrado médio (REQM) representa uma medida de acurácia, que associa a tendenciosidade e a precisão, para comparar os erros de previsões dos diferentes modelos. Seu valor é sempre positivo e zero absoluto quase nunca é alcançado, pois indicaria um ajuste perfeito aos dados (BARNSTON, 1992). Dessa forma, quanto menor o valor de REQM, mais acurado será o modelo. A sua significância visa testar a existência ou não da regressão. Caso o valor de p seja significativo a uma dada probabilidade ($p < \alpha$), a regressão existe e conclui-se que, pelo menos, uma variável independente esteja relacionada ao valor da variável dependente (FERREIRA et al., 2018). Os coeficientes de regressão (β) tiveram sua significância validada por meio do teste t .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva das características dendrométricas utilizadas na modelagem da relação hipsométrica e na validação dos modelos avaliados, demonstrou uma grande amplitude de valores para DAP, embora o plantio seja equiâneo (Tabela 2). Os indivíduos utilizados para o ajuste dos modelos apresentaram valores de DAP mínimo de 4,00 cm e máximo de 25,97 cm. A variação observada para a Ht foi menor, com coeficiente de variação em torno de 15%, embora os valores extremos apresentem elevada amplitude (Tabela 2).

TABELA 2 Estatística descritiva das variáveis dendrométricas para um plantio clonal multiespécies de eucalipto, no município de Catalão, Goiás.

Parâmetros	Ajuste		Validação	
	DAP (cm)	Ht (m)	DAP (cm)	Ht (m)
Média	17,90	26,30	17,95	26,34
Desvio Padrão (s)	3,9254	4,0409	4,0856	4,1231
CV%	21,93	15,37	22,76	15,65
Valor Mínimo	4,00	9,00	7,50	11,50
Valor Máximo	25,97	31,00	27,85	32,50

Fatores genéticos, qualidade de sítio, grau de competição e condições edafoclimáticas influenciam o crescimento das espécies florestais (ALFENAS et al., 2009; CALDEIRA et al., 1996). Estes clones são constituídos por diferentes combinações genotípicas, onde cada uma responde diferentemente as condições ambientais e, conseqüentemente, apresentando um crescimento diferenciado entre si (Tabela 3). Assim como na maioria dos plantios brasileiros (ASSIS et al., 2015), bem como neste teste clonal, os clones selecionados constituem-se na sua maioria por combinações híbridas entre *E. urophylla* x *E. grandis* e clones puros de *E. urophylla*. Estas espécies apresentaram ótima adaptabilidade às condições edafoclimáticas do bioma Cerrado, devido à semelhança deste bioma aos seus locais de origem na Oceania (FLORES et al., 2016).

Os clones que apresentam as espécies *E. cloeziana*, *E. pellita* e *E. resinífera*, tiveram desempenho abaixo da média, por estas espécies não terem alta adaptabilidade ao clima Aw (FLORES et al., 2016). Porém, a tipologia climática dos ambientes naturais de *C. citriodora* e *C. torelliana* é também do tipo Aw, o clone híbrido destas espécies apresentou um baixo desempenho, provavelmente, devido a competição com outros clones com desenvolvimento acelerado. Os clones com *E. urophylla* (A, C, E, F, G, H, I, J e M), apresentaram baixo rendimento, contrariando, o que seria esperado pela boa adaptabilidade de *E. urophylla* ao clima Aw. Dessa forma pode-se afirmar que estes clones não são de boa procedência.

TABELA 3 Médias de Diâmetro a altura do peito (DAP), em centímetros, Altura total (Ht), em metros e volume individual, em m³ por árvore.

Clone	Espécies	DAP (cm)	Ht (m)	Volume (m ³ .árvore ⁻¹)
L	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	19,76	29,40	0,5357
Q	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	20,79	28,95	0,5118
D	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	18,63	29,35	0,4517
R	<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>)	18,96	28,70	0,4459
B	<i>E. urophylla</i>	17,91	29,13	0,4311
K	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	17,68	27,53	0,4064
P	<i>E. resinifera</i> x <i>E. grandis</i>	17,22	27,88	0,3791
C	<i>E. urophylla</i>	17,55	28,15	0,3786
M	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	17,03	28,23	0,3753
H	<i>E. urophylla</i>	16,51	27,78	0,3555
I	<i>E. urophylla</i>	15,93	27,95	0,3457
A	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	16,09	26,78	0,3418
N	<i>E. pellita</i> x <i>E. grandis</i>	15,85	27,53	0,3354
J	<i>E. urophylla</i>	15,98	26,60	0,3075
G	<i>E. urophylla</i>	14,61	25,03	0,2675
E	<i>E. urophylla</i>	14,59	27,33	0,2663
T	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	15,01	22,38	0,1912
F	<i>E. urophylla</i>	12,24	23,03	0,1609
O	<i>E. cloeziana</i>	9,69	17,35	0,0759
S	<i>C. torelliana</i> x <i>C. citriodora</i>	9,50	16,90	0,0647

Outro fator que contribui para esse desenvolvimento diferenciado é a existência de algumas falhas, causadas pela mortalidade das árvores, no teste clonal. Estas falhas fazem com que algumas árvores tenham uma menor competição por recursos do que outras e conseqüentemente apresentando um maior desenvolvimento. Essa maior heterogeneidade dos valores de Ht e DAP certamente implicará em uma redução da correlação entre estas variáveis (RUFINO et al., 2010).

As estimativas dos coeficientes da regressão (β_0 , β_1 , β_2 , e β_3) e suas significâncias, obtidas por meio do teste *t* a 1% de probabilidade e as estatísticas de ajuste e precisão dos modelos hipsométricos estão apresentadas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. Os modelos ajustados foram significativos a 1% de probabilidade (*p*-valor < 0,01), corroborando a existência de regressão, ou seja, pelo menos uma variável independente está relacionada com a variável dependente dos modelos. Os menores valores de *p* foram observados para os modelos Hiperbólico, Naslund, Prodan (modelos 9 e 10) e um dos propostos (modelo 20) (Tabela 5).

Os modelos ajustados mostraram baixos valores de erro percentual padrão da estimativa (S_{xy} %) variando entre 4,70 e 5,04% (Tabela 5). Estes baixos valores de S_{xy} % podem estar associados a baixa variabilidade da altura total entre os diferentes genótipos avaliados. A maioria dos modelos ajustados apresentou valores de coeficiente de determinação superiores a 70% (Tabela 5), indicando uma boa correlação entre altura e diâmetro (CAMPOS & LEITE, 2017). Alguns modelos

apresentaram R² próximos a 95%, Hiperbólico, Naslund, Prodan (modelos 9 e 10) e um dos propostos (modelo 20).

Os modelos com elevado R² possuem alta precisão na obtenção da altura por meio dos dados diamétricos. Foram também observados modelos com baixos coeficientes de determinação como os modelos de Assmann, Azevedo e Curtis (modelo 12), com R² inferiores a 0,70. Em Goiás, foram também encontrados baixos coeficientes de determinação para os modelos Linear, Trorey e Curtis (R² de 0,55, 0,61 e 0,64, respectivamente) em um povoamento híbrido de *E. urophylla*, aos setes anos de idade, após rebrota no município de Niquelândia (RUFINO et al. 2010).

TABELA 4 Estimativas dos coeficientes da regressão ($\beta_0, \beta_1, \beta_2,$ e β_3) para os modelos hipsométricos ajustados para teste clonal multiespécies de eucaliptos, no município de Catalão, Goiás.

Modelos hipsométricos		β_0	β_1	β_2	β_3
1	Linear - Campos e Leite (2002)	10,2385*	0,8970*		
2	Henriksen (1950)	-11,0675*	13,0958*		
3	Azevedo (1999)	17,8154*	0,0254*		
4	Parabólico - Trorey (1932)	1,0343*	2,3981*	-0,0465*	
5	Stoffels	1,4344*	0,6376*		
6	Stoffels	1,4344*	1,4682*		
7	Silva (1980)	2,3089*	0,3903*	-2,7874*	
8	Assmann	28,0701*	-408,08*		
9	Prodan	1,8142*	0,0997*	0,0261*	
10	Prodan	2,2342*	0,0870*	0,0274*	
11	Curtis (linearizado)	3,6599*	-6,7055*		
12	Curtis (1957)	34,1514*	-129,673*		
13	Naslund	0,9353*	0,1464*		
14	Hiperbólico - Naslund	0,8504*	0,1461*		
15	Pollanschutz	3,6402*	-7,2527*		
16	Petterson	0,1496*	0,7922*		
17	Petterson	0,2874*	0,9499*		
18	Petterson	0,6422*	0,5489*		
19	Proposto	1,3478*	1,8279*	-0,0064*	-0,00086*
20	Proposto	-0,9106*	0,7519*	-0,0197*	0,00099*

* Significativos a 1% de probabilidade.

Em povoamentos com *E. cloeziana* e híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, aos 18 meses de idade, em Planaltina, Distrito Federal, foram encontrados valores semelhantes de R² para os modelos Linear, Trorey, Stoffels, Henriksen e Hiperbólico, com R² variando entre 0,80 a 0,95 (MORAES NETO et al., 2010). Estes autores ainda observaram um R² abaixo de 0,32 para o modelo de Assmann, assim como neste estudo. A relação hipsométrica em plantios de *E. urophylla* aos cinco anos de idade sob alto fuste no município de Vitória da Conquista, Bahia, apresentou R² variando entre 0,40 a 0,43 para os modelos Linear, Henriksen, Assmann, Trorey, Curtis, Stoffels e Silva; e de 0,82 para o modelo de Prodan (SOUSA et al., 2013).

SOUZA et al. (2017) observaram para 17 modelos hipsométricos em um plantio com o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* aos oito anos, em Pacajá, Pará,

valores de R^2 variando entre 0,54 a 0,99. Estas diferenças nos coeficientes de determinação para os mesmos modelos aplicados a plantios com espécies, locais e idades diferentes evidenciam a sua dependência das condições de sítio e da espécie ou clone avaliado. Os valores do erro padrão percentual (S_{xy} %) dos modelos avaliados no presente estudo foram menores outros estudos de relação hipsométrica para o gênero *Eucalyptus* (MORAES NETO et al., 2010; RUFINO et al., 2010; SOUSA et al., 2013) e semelhantes aos encontrados por SOUZA et al. (2017).

TABELA 5 Coeficiente de correlação ($r_{yy'}$) entre os valores estimados e os valores reais, coeficiente de determinação (R^2), erro padrão da estimativa em porcentagem (S_{xy} %), raiz do erro quadrado médio (REQM) e p-valor associado à regressão dos modelos hipsométricos ajustados para um teste clonal multiespécies de eucalipto, no município de Catalão, Goiás.

	Modelos hipsométricos	$r_{yy'}$	R^2	S_{xy} %	REQM	p-valor
1	Linear - Campos e Leite (2002)	0,87	0,76	4,72	0,0000	$7,8 \times 10^{-26}$
2	Henriksen (1950)	0,90	0,82	4,72	0,0000	$1,9 \times 10^{-30}$
3	Azevedo (1999)	0,81	0,65	4,70	0,0111	$1,7 \times 10^{-19}$
4	Parabólico - Trorey (1932)	0,91	0,83	4,77	0,0082	$1,1 \times 10^{-30}$
5	Stoffels	0,89	0,84	4,88	0,2520	$1,3 \times 10^{-32}$
6	Stoffels	0,89	0,84	4,81	0,2312	$1,3 \times 10^{-32}$
7	Silva (1980)	0,90	0,85	4,81	0,3436	$6,9 \times 10^{-33}$
8	Assmann	0,70	0,49	4,72	0,0000	$4,5 \times 10^{-13}$
9	Prodan	0,91	0,95	4,85	1,3563	$6,0 \times 10^{-52}$
10	Prodan	0,91	0,95	4,72	1,2431	$2,3 \times 10^{-49}$
11	Curtis (linearizado)	0,90	0,82	4,95	0,8571	$9,8 \times 10^{-31}$
12	Curtis (1957)	0,84	0,71	4,95	0,0003	$1,6 \times 10^{-22}$
13	Naslund	0,91	0,95	4,95	0,9206	$2,1 \times 10^{-52}$
14	Hiperbólico - Naslund	0,91	0,96	4,93	0,6531	$4,0 \times 10^{-55}$
15	Pollanschutz	0,90	0,83	4,89	0,9365	$1,2 \times 10^{-31}$
16	Petterson	0,91	0,95	4,86	1,8334	$2,0 \times 10^{-36}$
17	Petterson	0,91	0,95	4,89	1,4870	$7,5 \times 10^{-36}$
18	Petterson	0,91	0,87	4,92	1,3230	$3,5 \times 10^{-36}$
19	Proposto	0,91	0,83	4,73	0,0963	$1,3 \times 10^{-29}$
20	Proposto	0,91	0,95	5,04	2,1530	$5,0 \times 10^{-51}$

A RQME avalia a acurácia dos modelos, ou seja, sua capacidade de prever valores precisos e sem tendenciosidade. Neste estudo, os modelos mais tendenciosos foram um dos propostos (modelo 20) e, também, de Curtis (modelos 11 e 12), de Petterson (modelo 18) e de Prodan (modelos 9 e 10). Estes modelos

apresentam uma tendência a superestimar as alturas totais das árvores. Da mesma forma os modelos Linear, Henriksen, Trorey, Assmann e Petterson (modelo 17) apresentaram valores de REQM nulos, em uma exatidão de quatro casas decimais, não apresentando tendenciosidade na estimação das alturas totais das árvores.

Com relação à distribuição dos resíduos, a maioria dos modelos avaliados possuem considerável homogeneidade, principalmente para as classes diamétricas mais extremas, sendo mais acurados nas classes intermediárias. Os modelos Linear, Henriksen e Azevedo apresentaram uma distribuição de resíduos com tendência negativa. Já o modelo de Assmann apresentou a maior heterogeneidade, resultando em estimativas de altura total menos precisas que os demais.

Os modelos de Henriksen, Azevedo, Assmann, Curtis, Prodan e um dos propostos (modelo 20) apresentaram a maior dispersão de resíduos. Em contra partida, os modelos de Trorey, Stoffels, Silva, Curtis linearizado, Pollanschutz, Petterson (modelos 17 e 18) e um dos propostos (modelo 19) apresentaram a melhor adesão ao eixo horizontal da dispersão gráfica dos resíduos. Os estudos mencionados anteriormente mostraram resultados para a distribuição de resíduos semelhantes aos encontrados neste trabalho. Para MORAES NETO et al. (2010), o modelo Hiperbólico foi um dos modelos que melhor aderiu ao eixo horizontal no gráfico de distribuição dos resíduos para os genótipos avaliados, enquanto os modelos Linear e Trorey apresentaram maiores dispersões dos resíduos.

Adicionalmente, foi realizada a correlação entre os valores estimados e os mensurados no plantio ($r_{yy'}$). Os valores de correlação variaram entre 0,70 e 0,91. Estas correlações foram significativas a 1% de probabilidade, o que dá confiabilidade aos valores estimados pelos modelos. O modelo de Assmann, que apresentou o pior ajuste, também apresentou uma correlação moderada com os valores mensurados (0,70). Os modelos Hiperbólico, Naslund, Prodan (modelos 9 e 10) e um dos propostos (modelo 20), com melhores ajustes, apresentaram correlações positivas muito fortes entre seus valores estimados e os valores observados (0,91).

Assim, ao se considerar a significância dos coeficientes da regressão, as melhores medidas de qualidade de ajuste e uma distribuição de resíduos aleatória e homogênea em torno da média zero, os modelos Hiperbólico, Naslund e Prodan (modelos 9 e 10) foram considerados mais satisfatórios para as estimativas de altura total do teste clonal multiespécies (Figuras 3 e 4). Os modelos Hiperbólico e Naslund estão entre os melhores para estimar alturas em espécies florestais, como observado em plantios de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *P. tecunumanii*, no híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. cloeziana* (SANTOS et al., 2014; ARAÚJO et al., 2012b; DONADONI et al., 2010; MORAES NETO et al., 2010). O modelo de Prodan tem sido relatado como ideal para estimar a altura total em *E. urophylla* (SOUSA et al., 2013; ROCHA et al., 2010).

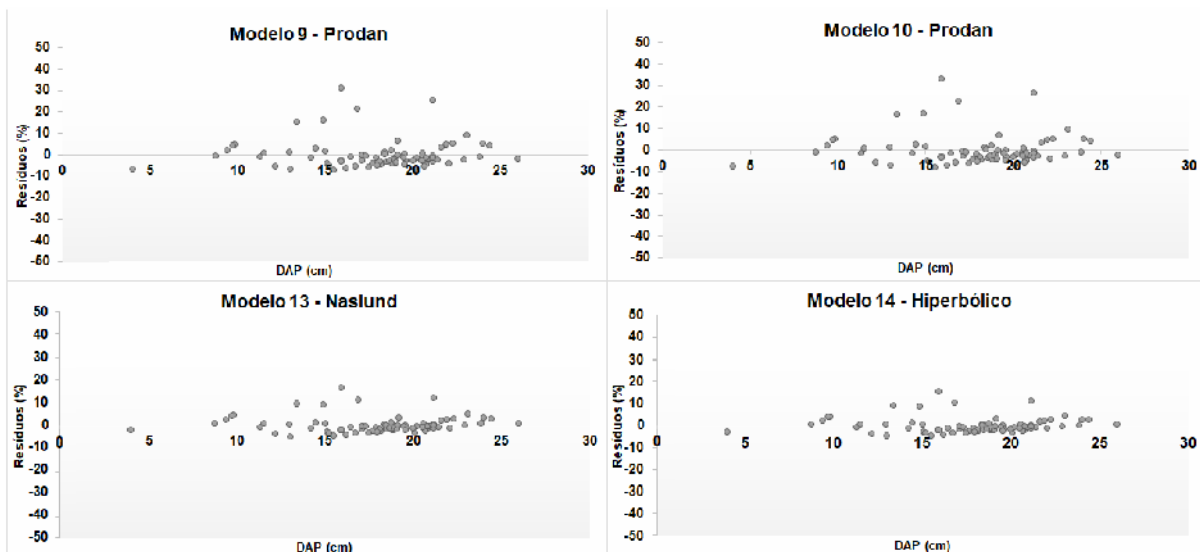


FIGURA 3 Distribuição de resíduos em função do DAP (cm) para os melhores modelos ajustados para um plantio clonal multiespécies de eucalipto, no município de Catalão, Goiás.

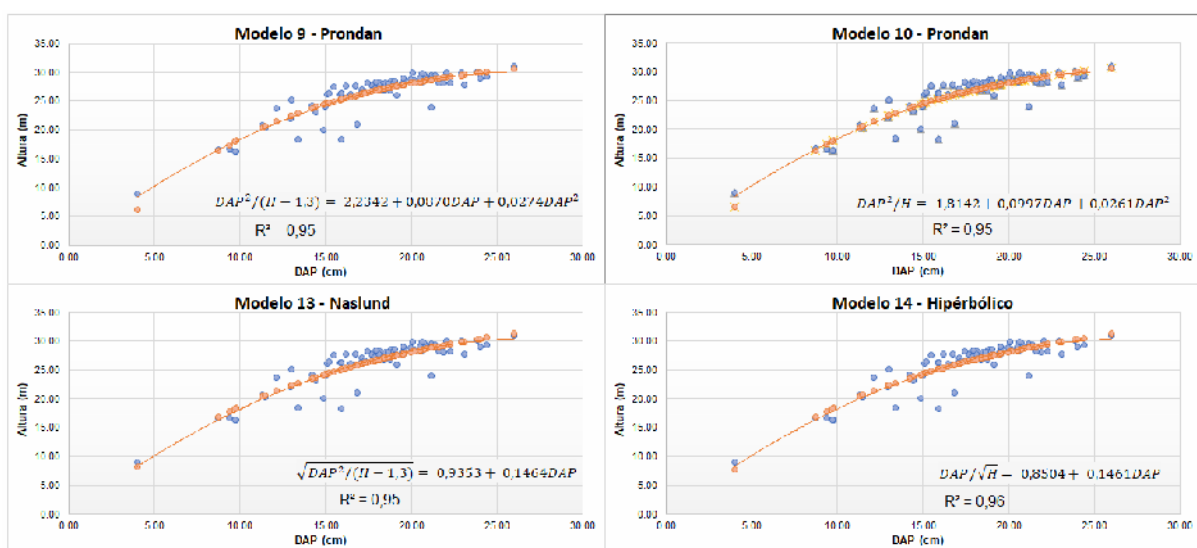


FIGURA 4 Ajuste das alturas estimadas em função do DAP (cm) para os melhores modelos para um plantio clonal multiespécies de eucalipto, no município de Catalão, Goiás.

CONCLUSÕES

Os modelos ajustados Hiperbólico (1), Naslund (2) e Prodan ($DA P^2/H=1,8142+0,0997 DAP+0,0261 DAP^2$ e $DA P^2/(H - 1,3)=2,2342+0,0870 DAP+0,0274 DAP^2$), mostram as melhores medidas de qualidade de ajuste para a relação altura-diâmetro, com pequena vantagem para o Hiperbólico devido ao seu menor valor da REQM, sendo assim, mais acurado. Portanto, estes modelos se mostram apropriados para a estimativa da altura total em plantios clonais multiespécies de eucalipto (*Corymbia* sp. e *Eucalyptus* sp.) em condições edafoclimáticas características similares ao local de avaliação.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramentos de Plantas da Universidade Federal de Goiás e à Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão de bolsas de doutorado. À CMOIC International Brasil pela área de estudo e à CLONAR e SUZANO Papel e Celulose por disponibilizarem os materiais genéticos avaliados.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFG, 2009. 500 p.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHA, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVECK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, V. C. L.; KROETS, E. A.; NICOLA, A.; SOUZA, P. B.; NOHAMA, F. K.; LEITE, H. G.; BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S. Amostragem e agrupamento de dados de relação hipsométrica em inventários florestais de Cerrado Tocantinense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 227-238, 2015.
- ARAÚJO, E. J. G.; PELISSARI, A. L.; DAVID, H. C.; SCOLFORO, J. R. S.; NETTO, S. P.; MORAIS, V. A. Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 71, p. 257-268, 2012a.
- ARAÚJO, E. J. G.; PELISSARI, A. L.; DAVID, H. C.; MIRANDA, R. O. V.; NETTO, S. P.; MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S. Relações dendrométricas em fragmentos de povoamentos de pinus em Minas Gerais. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 32, n. 72, p. 355-366, 2012b.
- ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Melhoramento Genético do Eucalipto. In: SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. (Ed.). **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**. Santa Maria, 2015. p. 225-247.
- AZEVEDO, T. L.; MELLO, A. A.; FERREIRA, R. A.; SANQUETTA, C. R.; NAKAJIMA, N. Y. Equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp. localizado na FLONA do Ibura, Sergipe. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 105-112, 2011.
- BARNSTON, A. G. Correspondence among the correlation, RMSE, and Heidke forecast verification measures; refinement of the Heidke score. **Forecasting**, v. 7, p. 699-709, 1992.
- BARROS, D. A.; MACHADO, S. A.; ACERBI JUNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 45, p. 3-28, 2002.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; FILHO, D. F. S. **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas.** 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 384 p.

BINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C.; CARNEIRO, R.L.; CEGATTA, I.; STAPE, J. L. The interactions of climate, spacing and genetics on clonal *Eucalyptus* plantations across Brazil and Uruguay. **Forest Ecology and Management**, n. 405, p. 271-283, 2017.

CALDEIRA, M.V.W.; TONINI, H.; HOPPE, J.M.; WATZLAWICK, L.F.; SELLE, G.L. Definição de sítios em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Encruzilhada do Sul, RS. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p.1-13, 1996.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H.; G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas.** 5 ed. Viçosa: Editora UFV, 2017. 636 p.

CERQUEIRA, C. L.; MÔRA, R.; TONINI, H.; ARCE, J. E.; CARVALHO, S. de P. C. e; CIARNOSCHI, L. D. Funções de afilamento para eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Advances in Forestry Science**, v. 5, n. 4, p. 479-485, 2018.

COELHO JUNIOR, J. M. L. P.; SILVA NETO, C. M. E.; SOUZA, K. R.; GUIMARAES, L. E.; OLIVEIRA, F. D.; GONCALVES, R. A.; MONTEIRO, M. M.; LIMA, N. L.; VENTUROLI, F.; CALIL, F. N. Volumetric models for *Eucalyptus grandis* x *urophylla* in a crop livestock: forest integration (CLFI) system in the brazilian Cerrado. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 1336-1343, 2016.

CURTO, R. A.; LOUREIRO, G. H.; MÔRA, R.; MIRANDA, R. O. V.; NETTO, S. P.; SILVA, G. F. Relações hipsométricas em floresta estacional semidecidual. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 1, p. 57-66, 2014.

DONADONI, A. X.; PELISSARI, A. L.; DRESCHER, R.; ROSA, G. D. Relação hipsométrica para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus tecunumanii* em povoamento homogêneo no Estado de Rondônia. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, p. 2499-2504, 2010.

FERREIRA, A. D.; SERRA, A. P.; LAURA, V. A.; ORTIZ, A. C. B.; ARAUJO, A. R. de; PEDRINHO, D. R.; CARVALHO, A. M. de. **Influência de arranjos espaciais sobre as características silviculturais de três clones de eucalipto em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.** Brasília: Embrapa, 2017. 25p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 232).

FERREIRA, A. D.; SERRA, A. P.; LAURA, V. A.; ORTIZ, A. C. B.; ARAUJO, A. R. DE; PEDRINHO, D. R.; CARVALHO, A. M. DE. Influence of spatial arrangements on silvicultural characteristics of three *Eucalyptus* clones at integrated crop-livestock-forest system. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 19, p. 1734-1742, 2016.

FERREIRA, P. V. **Estatística Experimental Aplicada às Ciências Agrárias.** Viçosa: Editora UFV, 2018. 588 p.

FLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. L. ***Eucalyptus* no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação**. Piracicaba: IPEF, 2016. 448 p.

Indústria brasileira de Árvores (2017) **Relatório Anual 2017**: ano base 2016. IBÁ, Brasília, 80 p.

MACHADO, S.; FIGUEIRA FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: Editora dos Autores, 2003. 309 p.

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**, n.11, p.20-32, 2015.

MORAES NETO, S. P. de; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARAES JUNIOR, R.; MACIEL, G. A. **Distribuição diamétrica e altimétrica do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em sistema agrossilvipastoril**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2014a. 26p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 317). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116648/1/bolpd-317.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

MORAES NETO, S. P. de; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARAES JUNIOR, R.; MACIEL, G. A.; OLIVEIRA, P. de. **Comparação de modelos de crescimento em altura de duas espécies de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2014b. 20p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 315). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116643/1/bolpd-315.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

MORAES NETO, S. P. de; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; OLIVEIRA, P. de; GUIMARAES JUNIOR, R.; MACIEL, G. A. **Verificação da identidade de modelos hipsométricos em diversos arranjos de sistema agrossilvipastoril**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2012. 23p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 310). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107389/1/bolpd-310.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

MORAES NETO, S. P. de; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MUNHOZ, D. J. de M.; GUIMARAES JUNIOR, R.; MARCHAO, R. L. **Modelos hipsométricos para *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em sistema agrossilvipastoril**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 33p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 286). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75873/1/bolpd-286.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

REIS, C. A.F.; NETO, A. T.; BRUNCKHORST, A.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; PEREIRA, A. V.; MORAES, A. C. **Cenário do setor de florestas plantadas no estado de Goiás**. Colombo: Embrapa Florestas, 2017. 80 p.

REIS, C. A. F.; SANTOS, P. E. T.; PALUDZYSZYN FILHO, E. Avaliação de clones de eucalipto em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.34, p. 263-269, 2014.

RETSLAFF, F.A.S. FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; BERNETT, L. G.; FIGURA, M. A. Curvas de sítio e relações hipsométricas para *Eucalyptus grandis* na região dos Campos Gerais, Paraná. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 219-225, 2015.

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

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 153-212.

ROCHA, T. B.; CABACINHA, C. D.; ALMEIDA, R. C.; PAULA, A.; SANTOS, R. C. Avaliação de métodos de estimativa de volume para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no Planalto da Conquista- BA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10. p. 1- 13, 2010.

RUFINO, R. F.; MIGUEL, E. P.; SANTOS, G. A.; SANTOS, T. E. B.; SOUZA, F. Ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de eucaliptos conduzido sobre o sistema de rebrota. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10, p. 1-10, 2010.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L. WATZALAWICK, L. F. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. 3ed. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2014. 406p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, M. L.; BRASIL NETO, A. B.; PAUMGARTTEN, A. É. A.; RODRIGUES, R. P.; SANTOS, C. R. Estimativa da relação hipsométrica para um povoamento de *Eucalyptus* "urograndis" no município de Mojú, nordeste paraense. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19. p. 1039-1048, 2014.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria florestal: medição, volumetria e gravimetria**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 285p.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 393p.

SILVA, G. F.; CURTO, R. A.; SOARES, C. P. B. PIASSI, L. C. Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Revista Árvore**, v.36, n.2, p.341-348, 2012.

SOARES, T. S.; SCOLFORO, J. R. S.; FERREIRA S. O.; MELLO, J. M. Uso de diferentes alternativas para viabilizar a relação hipsométrica no povoamento florestal. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6. p. 845-854, 2004.

SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B.; JÚNIOR, V. C. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, v. 9, n. 4., p 1-7, 2013.

SOUZA, A. S.; SANTOS, J. X.; SOUZA, D. V. Modelagem da relação hipsométrica para um povoamento híbrido de eucalipto na Amazônia brasileira. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2, n. 1. p. 44-53 2017.

VENTUROLI, F. **Inventário Florestal**: princípios para uma aplicação prática. Goiânia: UFG/CEGRAF, 2015. 57 p.