



ESTIMATIVA DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA UM POVOAMENTO DE *Eucalyptus "urograndis"* NO MUNICÍPIO DE MOJU, NORDESTE PARAENSE

Mario Lima dos Santos¹; Alberto Bentes Brasil Neto²; Arllen Élide Aguiar Paumgarten³; Richard Pinheiro Rodrigues¹; Cássio Rafael dos Santos⁴

1. Acadêmico de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Belém- Pará. mario.eng.florestal@hotmail.com
2. Acadêmico de Engenharia Florestal e bolsista PIBIC/UFRA.
3. Acadêmica de Engenharia Florestal e bolsista PET/UFRA. Acadêmico de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia.
4. Acadêmico de Engenharia Florestal; Monitor do Instituto de Ciências Agrárias/UFRA.

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo ajustar e avaliar onze modelos de regressão para estimativa de Altura total (Ht) de um plantio clonal do híbrido *Eucalyptus "urograndis"* (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), no intuito de verificar quais modelos são indicados para o plantio em questão. Na área do plantio, foram coletados dados de Altura total (Ht) e Diâmetro à Altura do Peito (DAP) (a 1,3 m do solo). Após o ajuste dos 11 modelos, os mesmos foram submetidos à ANOVA para verificar a existência de regressão. A seleção dos melhores modelos foi realizada através dos seguintes critérios: maior coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), menor erro padrão da estimativa (Syx%), Distribuição dos Resíduos não Tendenciosa e menor Desvio Médio Percentual (DMP). Os melhores modelos foram validados pelo teste do Qui-quadrado (X^2). Verificou-se que os modelos 10 $Ht = (DAP / (3,50118 + (-9,48487 / DAP) + 0,0067 DAP^2))^2$ e 11 $Ht = DAP^2 / (0,60001 + 0,44544 DAP + 0,053 DAP^2)$ foram os melhores com base nos critérios estatísticos e válidos para serem utilizados segundo o teste X^2 , sendo o modelo 11 superior ao 10, por possuir um menor Syx% e DMP%. O modelo mais indicado é, portanto, o modelo 11 para estimativa da altura do povoamento analisado, no entanto, o modelo 10 também pode ser utilizado.

PALAVRAS-CHAVE: Altura total, plantio clonal de eucalipto, ajuste de modelos hipsométricos.

ESTIMATE OF THE HYPOMETRIC RELATIONSHIP FOR A *Eucalyptus "urograndis"* STAND IN THE MOJU MUNICIPALITY, NORTHEAST OF PARÁ

ABSTRACT

The present study aimed to adjust and evaluate eleven regression models to estimate total height (Ht) of a clonal plantation of *Eucalyptus "urograndis"* (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), in order to verify which model is more indicated for the present plantation. In the planting area, data of total height and chest height diameter (DAP), at 1,3 m of soil were collected. After the adjustment of the 11 models, these were submitted to the ANOVA to verify the existence of

regression. The selection of the best models was performed through the following criteria: biggest determination coefficient ($R^2_{aj\%}$), the smallest standard error of estimate ($Syx\%$), non-biased distribution of residuals and the smallest average deviation (DMP). The best models were validated by X^2 test. It was found that the models 10 $Ht = (DAP/(3,50118 + (-9,48487 / DAP) + 0,0067 DAP^2))^2$ and 11 $Ht = DAP^2/(0,60001 + 0,44544 DAP + 0,053 DAP^2)$ were the best according to the statistics criteria and valid to be used according to X^2 test, and the model 11 was superior to the model 10, because it has the smallest $Syx\%$. The most indicated model is the 11 one to estimate the height of the stand analyzed. However, the model 10 also can be used. **KEYWORDS:** Total height, Eucalyptus clonal planting, adjustment of hypsometric models.

INTRODUÇÃO

A redução da produção de madeira oriunda das florestas nativas tem promovido o aumento da importância das florestas plantadas no Brasil, visando ampliar a oferta madeireira para os mais diversos fins. Como consequência, o reflorestamento cresceu consideravelmente em todo o país, especialmente com o plantio de eucalipto (SANTANA et al., 2008). Com os benefícios econômicos provenientes das florestas plantadas com esse gênero, houve uma grande expansão desses povoamentos florestais para regiões como a Amazônia.

Para uma boa condução de plantios florestais comerciais, torna-se necessário a realização de inventários florestais do povoamento. A medição de variáveis dendrométricas de interesse como DAP (Diâmetro à Altura do Peito) e Altura Total das árvores constitui uma atividade onerosa e que requer tempo (SCOLFORO, 1993), tendo em vista que a maioria dos plantios de eucalipto é de grandes extensões.

CALDEIRA et al. (2002) afirmam que na elaboração de um inventário florestal é comum medir o diâmetro de todas as árvores do povoamento e a altura de parte delas, na qual é estabelecida uma relação da altura em função do diâmetro, denominada de relação hipsométrica, sendo essa utilizada para estimar a altura do povoamento. No entanto, segundo SOUSA et al. (2013), a relação hipsométrica é influenciada por uma série de aspectos como processo de amostragem, idade, região de plantio, tratamentos silviculturais, densidade, posição sociológica e regime de manejo adotado.

A medição da altura total das árvores é sujeita a erros de mensuração, com isso, tem-se a necessidade de ajustes de modelos hipsométricos para a estimativa desta variável (ARAÚJO et al., 2012). A relação hipsométrica promove maior facilidade e economia na obtenção de dados, pois há uma redução no número de mensurações realizadas da variável altura sem perder consideravelmente a precisão dos valores estimados. A eficiência dos modelos hipsométricos de um povoamento florestal é verificada por meio de métodos de regressão e análises estatísticas (AZEVEDO et al., 2011).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi selecionar dentre onze modelos hipsométricos, os que melhor se ajustam as alturas das árvores em pé do povoamento do híbrido *Eucalyptus "urograndis"*, situado no Município de Moju, Nordeste Paraense.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Os dados foram coletados em um plantio comercial de híbridos de *Eucalyptus "urograndis"* (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) aos 6 anos de idade. A área de estudo está localizada no município de Moju (1° 53' 5" S 48° 45' 55" W), Nordeste do estado do Pará. A região possui um clima do tipo Ami (classificação de Koppen), com temperatura anual média variando de 25 a 27° C (MATTOS et al., 2012). O município apresenta predominância de Vegetação Secundária Latifoliada de terra firme e pela Floresta Densa dos baixos platôs e terraços (SEPOF, 2011). O solo da área do plantio é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, conforme SANTOS et al. (2013).

No local de plantio foi realizada a limpeza da área, através da remoção da vegetação de capoeira existente, destocamento e preparo do solo, calagem e a aplicação de fosfato natural reativo. Posteriormente, houve o coveamento, plantio das mudas no espaçamento 3 m x 3 m entre as plantas, e adubação localizada com NPK.

Coleta de dados de campo

Foram coletados dados de 170 árvores, na qual 120 árvores foram utilizadas para formarem o banco de dados para ajustes dos modelos de regressão e 50 árvores para a validação dos dados pelo Teste Qui-quadrado (X^2). As variáveis mensuradas foram: Diâmetro à Altura do Peito (DAP), medido a 1,3 metro do solo através de uma fita métrica e a altura total (Ht) das árvores por meio do instrumento Vertex IV. A amostragem das árvores foi composta por quatro parcelas temporárias e aleatorizadas dentro do plantio. O processo de amostragem foi do tipo aleatório simples, com método de área fixa, forma retangular e tamanho de 15 m x 30 m correspondendo a uma área de 450 m² cada parcela.

Modelos matemáticos de regressão

Os modelos de relação hipsométrica selecionados são todos de simples entrada, tendo o DAP, e suas transformações matemáticas, como variáveis independentes de tais modelos. Foram ajustados e avaliados 11 modelos hipsométricos, como mostra a Tabela 1.

TABELA 1: Modelos hipsométricos utilizados para estimar a altura total.

Nº	MODELO	AUTOR
1	$Ht = (\beta_0 + \beta_1 DAP) + \epsilon_i$	CAMPOS & LEITE (2002)
2	$Ht = (\beta_0 + \beta_1 /DAP^2) + \epsilon_i$	SOARES et al. (2006)
3	$Ht = (\beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2) + \epsilon_i$	Parabólico ¹
4	$Ht = (\beta_0 + \beta_1 \ln DAP) + \epsilon_i$	HENRICKSEN ¹
5	$Ht = (e^{(\beta_0 + \beta_1/DAP)}) + \epsilon_i$	CURTIS ¹
6	$Ht = (\beta_0 DAP^{\beta_1}) + \epsilon_i$	STOFEL ¹
7	$Ht = (DAP/e^{(\beta_0 + \beta_1 DAP)})^2 + \epsilon_i$	AZEVEDO et al. (2011)
8	$Ht = (DAP^2/(\beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2)) + 1,3 + \epsilon_i$	PRODAN et al. (1997)
9	$Ht = (\beta_0 DAP^{\beta_1} * \beta_2^{\beta_1 DAP}) + \epsilon_i$	SILVA (1980) ²
10	$Ht = (DAP/(\beta_0 + (\beta_1 /DAP) + \beta_2 DAP^2))^2 + \epsilon_i$	AZEVEDO et al. (2011)
11	$Ht = DAP^2/(\beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2) + \epsilon_i$	PRODAN et al. (1997)

Ht= altura total; β_i = parâmetros da regressão; DAP= diâmetro a altura do peito; ln= logaritmo neperiano; e= exponencial; ϵ_i = erro. ¹Fonte: SCOLFORO (1993), BARTOSZECK et al. (2002), MACHADO et al.(2008), citados por AZEVEDO et al. (2011). ²Citado por AZEVEDO et al. (1999).

Critérios de seleção dos modelos ajustados

Após os ajustes dos modelos de regressão indicados na Tabela 1, os mesmos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo Teste F, a 95% de probabilidade, com o intuito de verificar a existência de regressão entre a variável resposta e a(s) variável(eis) independente(s) de cada modelo. A seleção do melhor modelo foi feita através da análise dos seguintes critérios estatísticos: o maior coeficiente de determinação ajustado (R^2 aj.%); o menor erro padrão da estimativa (S_{yx}); e consequentemente menor coeficiente de variação (CV%); e diagnóstico da distribuição dos resíduos através do Desvio Médio Percentual (DMP%). Após a seleção do(s) melhor(es) modelo(s), o(s) mesmo(s) foi(ram) submetido(s) à validação pelo Teste X^2 (Qui-quadrado) para verificar se há diferença entre as H_t estimadas e as reais. Todos critérios acima descritos foram calculados como mostra a seguir:

1. Coeficiente de determinação (R^2)

Esse parâmetro avalia o quanto da variação total da variável dependente (no caso altura) é explicada pelo modelo que está sendo ajustado. Esse valor varia de 0 a 1 ou de 0 a 100%, ou seja, quanto mais próximo de 1 ou 100% melhor terá sido o ajuste (THOMAS, 2006). Devido ao fato de se estar avaliando modelos simples e múltiplos, considerou-se o R^2 ajustado. A equação para determinar o coeficiente de determinação ajustado encontra-se abaixo:

$$Ra^2 = 1 - \frac{(n-1)}{(n-k)} \cdot \frac{(SQ_{residuo})}{(SQ_{total})}$$

Ra^2 = Coeficiente de Determinação Ajustado; K = número de coeficientes da equação; n = número de observações; SQ resíduo= soma dos quadrados dos resíduos; SQ_{total} = soma dos quadrados do total.

2. Erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{xy}\%$)

Esse parâmetro quantifica a oscilação relativa das estimativas da variável resposta pelo modelo (AZEVEDO et al., 2011). A equação para determinar o erro padrão encontra-se abaixo:

$$S_{xy}\% = \frac{\sqrt{QM_{residuo}}}{\bar{Y}} \cdot 100$$

$S_{xy}\%$ = erro padrão da estimativa em porcentagem; QM = quadrado médio do resíduo; \bar{Y} = média aritmética da variável dependente.

Para modelos cuja natureza da variável resposta é diferente do que se deseja determinar, considerou a equação abaixo (MONTEIRO, 2009):

$$S_{yx\ rec.\%} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(Y - Y_{est.})^2}{n - p - 1}}}{Y_{real}} \cdot 100$$

$S_{yx\ rec}\%$ = erro padrão da estimativa recalculado (m^3); y = altura observada; Y_{est} = altura estimada pelo modelo ajustado e Y_{real} = média da altura real.

3. Distribuição dos Resíduos

Essa medida de precisão verifica se há tendenciosidade na distribuição dos valores ajustados de acordo com padrão de dispersão dos pontos, obtidos mediante a representação gráfica dos resíduos (HOSOKAUA; SOUZA, 1988). Para tal, verificaram-se os resíduos da regressão, através da equação abaixo:

$$R = Y - \hat{Y}$$

R= Distribuição dos Resíduos; Y= valores observados; \hat{Y} = valores estimados.

4. Desvio Médio Percentual (DMP%)

Essa medida verifica se há diferença entre um valor obtido ao se medir uma grandeza e um valor adotado que mais se aproxima do valor real. (NAGASHIMA, 2010; SILVA, 2011).

$$DMP\% = \frac{\sum \left(\frac{O - E}{O} \right)}{n} \cdot 100$$

O= valores observados; E= valores estimados; n= numero de observações.

Validação das equações selecionadas

Além das 120 árvores selecionadas para compor o banco de dados do ajuste das equações hipsométricas, foram mensuradas mais 50 árvores dentro das classes de diâmetro estabelecidas, para compor o banco de dados para validação das melhores equações selecionadas através do Teste do Qui-Quadrado (X^2), ao nível de significância de 95% de probabilidade. O X^2 foi obtido pela seguinte equação:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O - E)^2}{O}$$

O= Frequência Observada (Volume real); E= Frequência Estimada (Volume estimado pelo modelo de regressão)

Análise de Dados

Através do software Excel 2010, foi realizado o processamento dos dados de altura e diâmetro, onde foi gerada a matriz com todas as variáveis independentes e dependentes de acordo com suas variações necessárias para o ajuste dos modelos, assim como os ajustes dos modelos de regressão e, conseqüentemente, a elaboração da tabela resumo com os critérios estatísticos de seleção e geração gráfica da distribuição dos resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os ajustes apresentaram F significativo, a 95% de probabilidade ($p < 0,05$), evidenciando a existência de regressão entre as variáveis dos diferentes modelos ajustados. Os modelos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 9 apresentaram coeficientes de determinação ajustados (R^2_{aj}) variando entre 28,63 e 31,57 %, sendo os mesmos considerados baixos para uma boa estimativa da altura. Já os modelos 7, 8, 10 e 11 apresentaram R^2_{aj} com oscilações entre 72,05 e 80,60 %, como mostra a Tabela 2.

RUFINO et al. (2010), ao ajustarem os modelos hipsométricos 1, 2 e 4 para um plantio de Eucalipto em sistema de rebrota, observaram que tais modelos apresentaram coeficientes de determinação mais elevados do que os do presente estudo, porém ainda considerados baixos, variando entre 54,79 e 63,87%. O modelo

3 no estudo autores obteve um $R^2_{aj}\%$ igual 75,97%, sendo um pouco mais próximo do que se considera ideal (80%). Para eles, o pior modelo no que se refere ao $R^2_{aj}\%$ foi o modelo 1, tal qual ocorreu com o presente trabalho.

TABELA 2: Parâmetros e medidas de precisão dos modelos hipsométricos ajustados para o plantio de *Eucalyptus "urograndis"* aos 6 anos de idade, no Município de Mojú, Nordeste do estado do Pará.

Nº	b0	b1	b2	$R^2_{aj}(\%)$	Syx (%)	Syxr(%)	DMP (%)	F
1	5,78813	0,41036	-	28,63	14,88	-	-2,366	48,75
2	13,22997	-314,86003	-	29,35	14,80	-	-2,303	50,44
3	1,82566	1,07355	-0,027	28,88	14,85	-	-2,316	25,17
4	-1,61770	5,00591	-	29,52	14,80	-	-0,021	50,84
5	2,84785	-5,66518	-	31,57	-	14,81	-1,156	55,90
6	1,15208	0,48794	-	30,91	-	14,87	-1,166	54,25
7	0,53186	0,06282	-	71,16	-	14,97	1,156	513,52
8	1,46220	0,47688	0,058	72,05	-	15,06	0,332	154,37
9	0,29422	1,07648	-0,049	30,90	-	14,88	-1,158	27,60
10	3,50118	-9,48487	0,0067	80,60	-	15,97	-0,582	248,15
11	0,60001	0,44544	0,053	79,00	-	15,01	-0,019	223,73

bi= coeficientes estimados da equação; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{xy} = erro padrão da estimativa; S_{yxr} = erro padrão da estimativa recalculado e DMP= desvio médio percentual; F= valor calculado do teste F

Já os modelos 5, 6, 7, 10 e 11 quando ajustados por OLIVEIRA et al. (2011) em um plantio de *Eucalyptus urophylla* apresentaram $R^2_{aj}\%$ variando entre 36,8% a 91,84%, sendo o último valor referente ao modelo 10 (Tabela 1). Esse mesmo modelo apresentou o melhor coeficiente de determinação no presente estudo (80,6%). Tais valores podem ser considerados como elevados, visto que SCOLFORO (1997), afirma que a correlação existente entre as variáveis: altura total e DAP raramente é superior a 80%.

Quanto ao erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$), pode-se perceber que todos os modelos apresentaram $S_{yx}\%$ ligeiramente superior a 10%, tendo o modelo 10 apresentado o maior erro padrão (15,97%) e os modelos 2 e 4 os menores erros (14,8%). A baixa diferença entre os $S_{yx}\%$ dos modelos entre si podem estar relacionados ao fato destes terem sido ajustados em uma área de plantio clonal de *Eucalyptus "urograndis"*, onde a variabilidade é diminuta por se tratar de um povoamento equiâneo. Portanto, as diferenças na estimativa da variável altura total tende a ser menor.

A baixa diferença entre o erro padrão da estimativa entre os modelos também foi obtida no estudo do comportamento hipsométrico de *Araucaria angustifolia* (MACHADO et al., 2008). Nesse mesmo trabalho, os valores do erro padrão da estimativa variaram entre 12,99% e 13,38%, considerados aceitáveis para a relação hipsométrica.

Na análise gráfica da distribuição dos resíduos foi feita uma comparação entre a equação que teve melhor distribuição ao longo da linha de regressão (modelo 11) e o que não teve uma boa distribuição (modelo 1), como ilustrados nas Figuras 1 e 2.

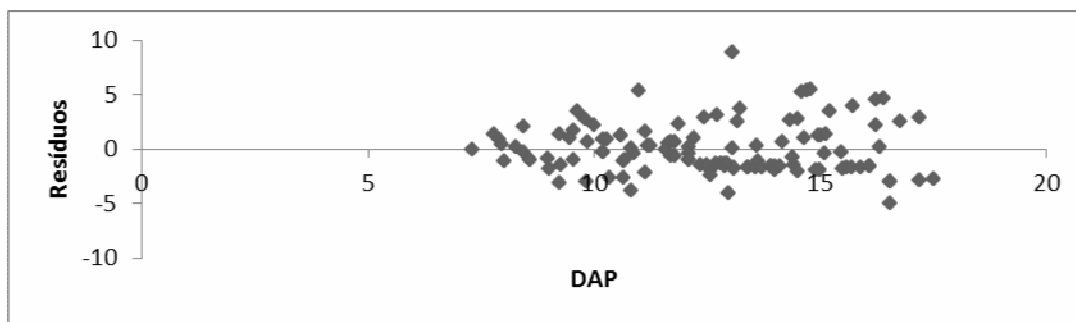


FIGURA 1: Distribuição dos resíduos em percentagem para a altura estimada pela equação ajustada com dados de árvore em pé pelo modelo 11 de PRODAN et al. (1997), $H_t = DAP^2/(\beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2) + \epsilon_i$.

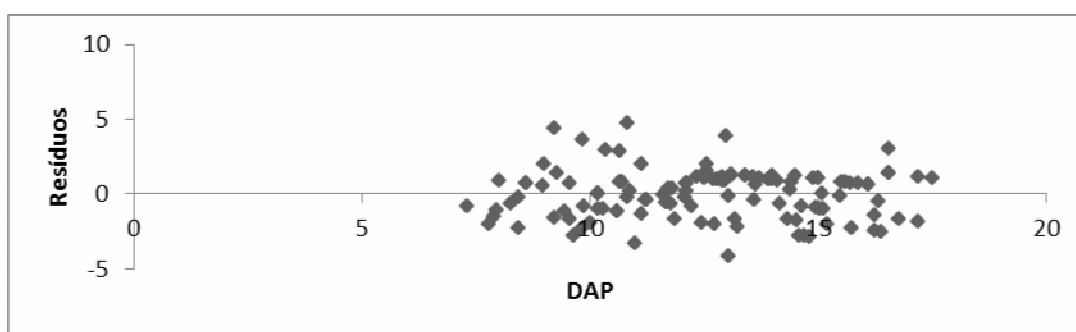


FIGURA 2: Distribuição dos resíduos em percentagem para a altura estimada pela equação ajustada com dados de árvore em pé pelo modelo 1 de CAMPOS & LEITE (2002), $H_t = (\beta_0 + \beta_1 DAP) + \epsilon_i$

Analisando as Figuras 1 e 2, verificou-se que a dispersão dos pontos ao longo da linha de regressão do modelo ajustado de CAMPOS & LEITE (2002) está mais distante, não seguindo uma dispersão uniforme ao longo do eixo. Em contra partida, o modelo 11 apresentou melhor distribuição e uniformidade ao longo da linha de regressão.

Segundo AHRENS (1982), a análise visual dos gráficos da distribuição dos resíduos é de natureza subjetiva, embora em algumas verificações, seja considerável para uma adequada avaliação. Por este motivo, analisou-se o Desvio Médio Percentual (DMP) para verificar a existência de tendenciosidade nas estimativas das alturas das árvores do plantio de eucalipto.

Os valores de DMP variaram de -2,366 à -0,019%, referente aos modelos 1 e 11, respectivamente. Analisando-se numericamente, podemos afirmar que o modelo 11, teve menor tendenciosidade nas estimativas da altura. Em ambas as análises houve uma superestimativa, ou seja, os valores estimados são maiores que os valores reais. Para o valor de DMP gerado pelo ajuste do modelo 11, pode-se dizer que o modelo superestimou em 0,019% a altura das árvores em relação aos valores reais.

Na comparação e escolha dos melhores modelos para estimativa da altura das árvores do presente estudo, verificou-se que tanto o modelo proposto por AZEVEDO et al. (2011), $H_t = (DAP/(3,50118 + (-9,48487 / DAP) + 0,0067 DAP^2))^2$, quanto o de PRODAN et al. (1997), $H_t = DAP^2/(0,60001 + 0,44544 DAP + 0,053 DAP^2)$, ajustaram-se bem aos dados de DAP e altura do povoamento, com medidas

de precisão aceitáveis. Ambos os modelos tiveram coeficiente de determinação aceitáveis no entorno de 80%, Erro Padrão das estimativas na faixa de 15%, distribuição residual pouco tendenciosa e valor de DMP inferior a 0,6%.

Podem-se interpretar, de acordo com as medidas de precisão para os dois modelos selecionados e o valor do coeficiente de determinação, que existe um grau de associação entre a variável altura e o modelo de regressão no entorno de 80%. Além disso, por meio do Erro Padrão, os valores estimados estiveram em média oscilando na faixa de 15% em relação aos valores reais de altura.

Com isso, a validação das duas equações foi feita pelo teste do Qui-quadrado (X^2), onde se verificou que os valores do X^2 calculado foram menores que valor de X^2 tabelado para ambos, inferindo-se assim, que não houve diferença significativa entre as alturas reais e as alturas estimadas pelas equações por AZEVEDO et. al (2011) e PRODAN et al. (1967), e portanto confirmando-se assim, que ambas podem ser utilizadas para o cálculo da altura do povoamento em estudo.

CONCLUSÕES

Dentre os modelos ajustados e avaliados, o modelo 10, $Ht = (DAP/(3,50118 + (-9,48487 / DAP) + 0,0067 DAP^2))^2$, e o modelo 11, $Ht = (DAP^2/(0,60001 + 0,44544 DAP + 0,053 DAP^2))$, são seguramente recomendados para estimativa da altura total (Ht) em povoamento clonal de *Eucalyptus "urograndis"* no Município de Mojú, Nordeste Paraense. No entanto, entre os dois modelos, o modelo 11 é o mais indicado, por apresentar ligeira superioridade nas medidas de precisão.

REFERÊNCIAS

AHRENS, S. Importância da distribuição dos resíduos de regressão na seleção de equações de volume. **Edição dos anais do 4º Congresso Brasileiro**. Belo Horizonte, 1982.

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**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 257-268, 2012.

AZEVEDO, L. T.; 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**, Recife, v. 6, n. 1, p. 105-112, 2011.

AZEVEDO, C. P.; MUROYA, K.; GARCIA, L. C.; LIMA, R. M. B.; MOURA, J. B.; NEVES, E. J. M. Relação hipsométrica para quatro espécies florestais em plantio homogêneo e em diferentes idades na Amazônia ocidental. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 5-29, 1999.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SCHEEREN, L. W.; BARICHELLO, L. R.; WATZLAWICK, L. F. Relação hipsométrica para *Acacia mearnsii* com diferentes idades. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 45, p. 57-68, 2002.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas**. 2. ed. Viçosa: ed. UFV, 2006. 470 p.

MACHADO, S. A.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, 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. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p. 5-16, 2008.

MATTOS, G. S. B.; SILVA, G. R.; GAMA, M. A. P.; VALE, R. S.; ROCHA, J. E. C. Desenvolvimento inicial e estado nutricional de clones de eucalipto no nordeste do Pará. **Acta Amazônica**, v. 42, n.4, p. 491-500, 2012.

MONTEIRO, L. A. da S. **Equações de volume geral e para dez espécies dominantes em uma floresta primária no sudeste do Pará**. 2009. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2009.

NAGASHIMA, H. N. **Laboratório de Física I**. São Paulo: UNESP, 2010. 104 p.

OLIVEIRA, F. G. R. B.; SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B. Desempenho de modelos hipsométricos para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* no Município de Jaguaquara. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 331-338, 2011.

PRODAN, M.; PETERS. R.; COX. F.; REAL. P. **Mensura forestal..** (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible). San José, Costa Rica: IICA. 1997. 586 p.

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**, Goiânia, v. 6, n. 10, p. 1-10, 2010.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2723-2733, 2008.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal 2: técnica de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos de madeira**. Lavras-MG: UFLA/FAEPE, Universidade Federal de Lavras, Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão , 1997. 292 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Inventário florestal**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 228 p.

SEPOF. Estatística municipal. 2011. Disponível em: <<http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/moju.pdf>>. Acesso em: 15 de ago. de 2014.

SILVA, E. N. da. **Estimação de modelos volumétricos para espécies florestais de uso comercial em Paragominas-Pa.** 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2011.

SOARES, C. P. B., PAULA NETO, F., SOUSA, A. L. **Dendrometria e inventário Florestal.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 276 p.

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

THOMAS, C.; ANDRADE. C. M.; SCHNEIDER. P. R.; FINGER. C. A. G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com os dados de cubagem e análise de tronco. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 319-327, 2006.