



AVALIAÇÃO DE DIFERENTES HIPSÔMETROS PARA MEDIÇÃO DA ALTURA TOTAL EM UM POVOAMENTO CLONAL DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Caroline Maiara de Jesus¹; Eder Pereira Miguel²; Fabrício Assis Ieal³; José Imaña Encinas⁴

¹Acadêmica do curso de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF. (cmaiaara@yahoo.com.br)

²Professor Mestre da Universidade de Brasília – UnB. CEP 70919-970. Doutorando em Engenharia Florestal pela Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF. (edermiguel@unb.br)

³Engenheiro Florestal, bolsista de mestrado do CNPq Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF – Brasil. (fabricaoassisleal@yahoo.com.br)

⁴Professor, Ph.D da Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF. Brasil. (imanas@unb.br)

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi testar aparelhos hipsométricos com a finalidade da obtenção da variável altura o mais próxima possível da altura real, advinda do abatimento das árvores e mensuradas com uma trena, em povoamento clonal de híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, no Distrito Federal/BR. Foram testados três hipsômetros para a medição da altura (Haga, Suunto e Vertex), em seguida as mesmas árvores mensuradas pelos hipsômetros foram cortadas, e a suas alturas reais obtidas utilizando uma trena. A avaliação dos diferentes aparelhos hipsométricos para a obtenção da altura total foi verificada mediante análise de variância (ANOVA), e em seguida procedeu-se o desdobramento de todos os tratamentos, aplicando-se o teste de Tukey para as médias das alturas. Os resultados mostraram que não houveram diferenças significativas entre as médias das alturas quando comparado o F calculado com o F crítico para um nível de significância 99%. Porém, Mesmo não havendo diferença significativa entre os hipsômetros utilizados, o Suunto foi o aparelho que mais se aproximou da altura real.

PALAVRAS-CHAVE: Eucalipto, Hipsometria, Mensuração florestal.

EVALUATION OF DIFFERENT HIPSOMETRICS FOR MEASURING HEIGHT IN A STAND OF *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

ABSTRACT

The object of this study was to test appliances hypsometric with the purpose of obtaining variable height as close as possible to the actual height, arising from the abatement of trees and measured with a tape measure in clonal population of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* in the Federal District/BR. We tested three hipsometrics for measuring the height (Haga, Suunto and Vertex), then the same trees measured by hipsometrics were cut, and their actual heights obtained using a measuring tape. Assessment of different hypsometric apparatus for obtaining the total height was verified by analysis of variance (ANOVA), and then proceeded to the unfolding of all treatments, applying Tukey's test for medium heights. The results show that there were no significant differences between the means of the F heights when compared with the calculated critical F for a 99% significance level. However, even with no significant difference between the hipsometrics used, Suunto was the unit that was closest to the actual height.

KEYWORDS: Eucalyptus, Hypsometry, Forest Measurement.

INTRODUÇÃO

As medições de variáveis dendrométricas, como diâmetro, área basal, altura, volume entre outras são de suma importância, pois fornecem informações sobre uma floresta e atendem diversas finalidades, possibilitando o conhecimento das potencialidades produtivas que visão estabelecer metas comerciais, de manejo, ordenação florestal e de pesquisa.

A variável altura é definida por MACHADO e FIGUEIREDO FILHO (2009) como a distância linear ao longo do eixo principal da árvore, partindo do solo até o topo ou até outro ponto referencial, de acordo com o tipo de altura que se deseja medir. Trata-se de uma importante característica, pois pode ser usada para calcular e estimar o volume, calcular o incremento em altura, para florestas plantadas, o que auxilia no ordenamento da produção, ajuda na identificação dos índices de sítio e é utilizada em diversos métodos de estimativas como equações de volume e funções de afilamento.

Os aparelhos de medidas indiretas da altura podem ser de dois princípios, o geométrico, onde a graduação é obtida a partir da relação entre lados de triângulos semelhantes, e o de princípio trigonométrico, o qual é fundamentado em relações angulares de triângulos retângulos. De modo geral, segundo diversos autores (BRUCE e SCHUMACHER, 1950; PRODAN, 1965; HUSCH *et al.* 1982; PARDÉ e BOUCHON, 1988), instrumentos construídos com base no princípio trigonométrico apresentam estimativas mais confiáveis do que os de princípio geométrico.

A obtenção da altura em hipsômetros trigonométricos será dada pela somatória das duas alturas parciais e ainda será influenciada pela declividade do terreno. É necessário também o conhecimento da distância horizontal do observador à árvore. Os hipsômetros trigonométricos mais utilizados atualmente são Blume-Leiss, Haga e Suunto.

SIMÕES *et al.* (1967), testando a precisão de quatro aparelhos hipsométricos (Blume-Leiss, Haga, Weise e prancha dendrométrica), tomando por comparação a altura da árvore obtida com a trena, não detectaram variações dentro de cada

aparelho exceto para a prancha dendrométrica a qual apresentou diferenças altamente significativas. Os aparelhos que apresentaram resultados mais próximos da testemunha foram o Blume-Leiss e o Weise, sendo assim seus usos podem ser recomendados livremente.

Outros estudos foram conduzidos por COUTO & BASTOS (1988) que realizaram uma pesquisa para comparar a precisão de cinco aparelhos hipsométricos na medição da altura de um povoamento de *Eucalyptus grandis* em região plana no Estado de São Paulo. Os hipsômetros testados foram Blume-leiss, Haga, Suunto, Haglöf e Weise. O aparelho que apresentou menor percentual médio de erro, quando comparada com a altura da árvore abatida medida com a trena, foi o hipsômetro de Haga.

Posto isto, o objetivo desse trabalho foi testar aparelhos hipsométricos com a finalidade de obtenção da variável altura o mais próxima possível da altura real, advinda do abatimento das árvores e mensuradas com uma trena em um povoamento clonal de híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Distrito Federal/BR.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

Os dados utilizados para desenvolver o estudo foram obtidos em um plantio clonal de híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, clone GG100, com quatro anos de idade e espaçamento 3 x 2 m, provenientes de um plantio localizado na Fazenda Água Limpa, pertencente à Universidade de Brasília - UnB, situada a uma altitude média de 1080 metros, entre os paralelos 15° 54' 30" e 15° 54' 00" de latitude sul e entre os meridianos 47° 59' 00" e 47° 53' 00" de longitude oeste.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (2009), o solo na área do plantio é um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. O clima corresponde ao tipo Aw, tropical úmido, segundo a classificação de KÖEPPEN, com temperatura máxima de 28,5°C e mínima de 12°C e a precipitação média anual são de 1500 mm, com uma pronunciada estação seca de Julho a Setembro. A Figura 1 apresenta o local de estudo e sua espacialização no Distrito Federal.

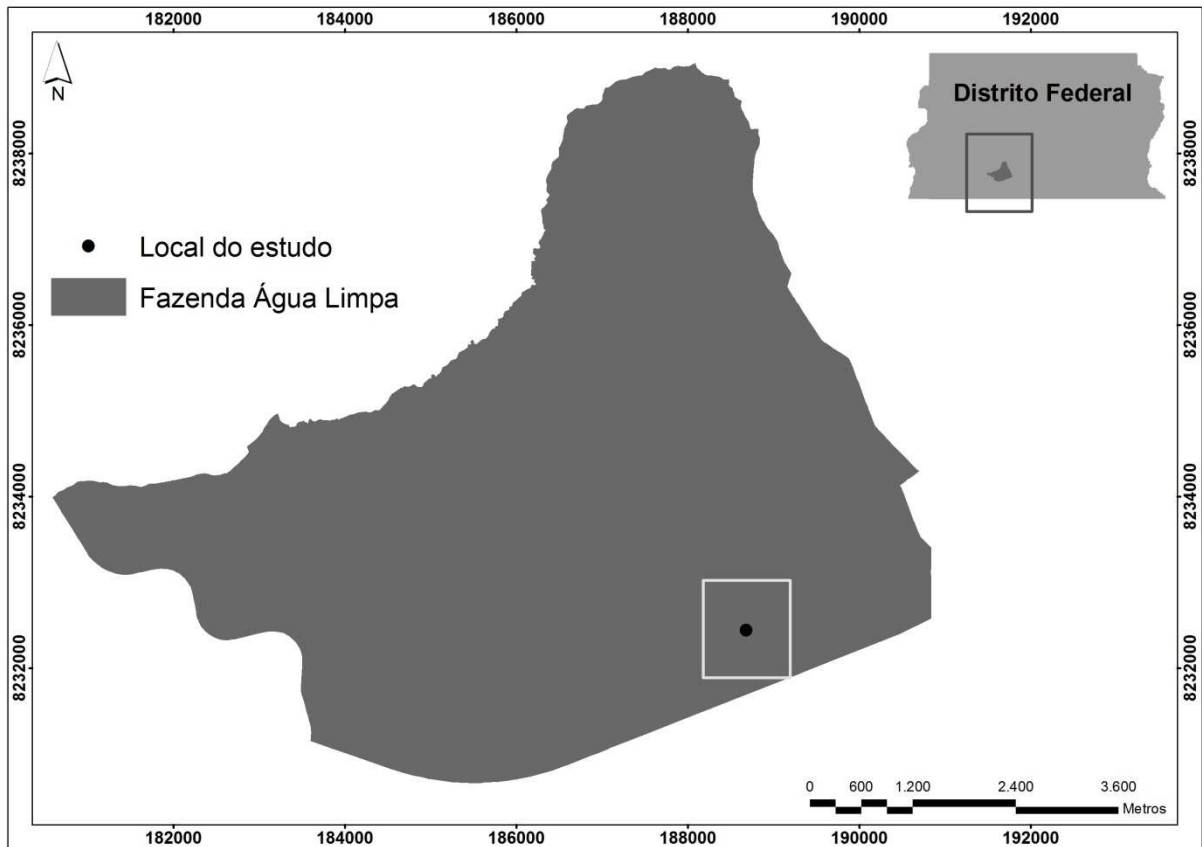


FIGURA 1: Localização da área de estudo na Fazenda Água Limpa - UnB.

Equipamentos utilizados para a medição da variável altura e diâmetro

Foram testados três hipsômetros para a medição da altura, Haga, Suunto e Vertex, em seguida as mesmas árvores mensuradas pelos hipsômetros foram cortadas, e a suas alturas reais obtidas utilizando uma trena. Para a medição do diâmetro o equipamento utilizado foi a Suta.

Segundo CUNHA (2004) o hipsômetro Haga, de fabricação Alemã, é constituído de um pendulo oscilante que se estabiliza por gravidade. Possui uma peça semelhante uma caneta esferográfica com seção hexagonal em que cada uma das faces comporta uma escala graduada para diferentes distâncias (15, 20, 25 e 30 metros), as quais são visíveis apenas uma de cada vez.

O hipsômetro Suunto, conhecido também como clinômetro ou altímetro Suunto, é constituído de uma pequena caixa metálica, resistente à corrosão e umidade, e uma escala móvel, que é imersa em um líquido e fechada em um compartimento de plástico, esse líquido previne a vibração excessiva da escala no momento da leitura (ENCINAS *et. al.*, 2002).

O Vertex é um hipsômetro que realiza as medições através de um impulso ultrassônico. Utiliza-se o aparelho propriamente dito e um transmissor-receptor, denominado de transpoder. Este aparelho propicia leituras comprovadamente precisas em vegetação densa e ambientes difíceis e não há necessidade de medir a distância do operador até a árvore (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009).

A trena, também conhecida como fita métrica é um instrumento usado para medir distâncias. Consiste de uma fita flexível feita de metal, plástico ou fibra de vidro enrolada num invólucro. Possuem graduação em metros, centímetros e

milímetros. Utilizada para medir a altura de árvores depois de abatidas e a distância do operador até a árvore em caso de aparelhos hipsométricos que necessitam de uma distância precisa (CUNHA, 2004).

Segundo MACHADO e FIGUEIREDO FILHO (2009) a Suta é um instrumento usado para medir o diâmetro e é constituída por uma régua graduada, conectada a dois braços perpendiculares, sendo um fixo, o qual fica na extremidade e sua posição coincide com a escala zero, e um móvel. A graduação da escala é de 1cm em 1cm, com subunidades em milímetros. Ao deslocar o braço móvel na direção oposta ao fixo ele afasta-se do zero e promove uma abertura cujo tamanho máximo é controlado pela escala da régua.

Obtenção de dados

Foi realizado um senso em um (1) hectare de floresta plantada de clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* medindo-se os diâmetros à altura do peito (DAP) de todos os indivíduos. Em seguida foi efetuada a distribuição diamétrica com o objetivo de garantir que as amostras das árvores fossem coletadas em todas as classes. Sequencialmente foram obtidos os valores do DAP, com a Suta, e a altura, utilizando-se o Haga, Suunto e o Vertex, de 33 árvores. Posteriormente essas mesmas árvores foram derrubadas e suas alturas foram mensuradas utilizando-se uma trena de 20 m.

A avaliação dos diferentes aparelhos hipsométricos para a obtenção da altura total foi verificada mediante análise de variância (ANOVA), onde o hipsômetro Haga foi considerado o tratamento um (1), o Suunto o tratamento dois (2), o Vertex o tratamento três (3) e a altura com a trena (testemunha) o tratamento quatro (4). Posteriormente procedeu-se o desdobramento de todos os tratamentos, aplicando-se o teste de Tukey para as médias das alturas estimadas, este teste é feito comparando-se a diferença absoluta (em módulo) entre as várias médias pareadas duas a duas com valor da Diferença Mínima Significativa (DMS) calculada pela expressão:

$$DMS = q \sqrt{\frac{QME}{n}} \quad (1)$$

Em que:

q = Amplitude obtida na tabela de dupla entrada com o grau de liberdade do resíduo e o número de tratamentos;

QME = quadrado médio do erro;

n = número de observações por tratamento (repetições).

O erro em porcentagem (%) dos diferentes aparelhos hipsométricos comparados com a testemunha (altura medida com a trena) foram obtidos obedecendo a seguinte expressão:

$$E (\%) = \frac{H_{test.} - H_{hips.}}{H_{test.}} * 100 \quad (2)$$

Em que:

$E(\%)$ = Erro em porcentagem;

H_{test} = Altura da testemunha, medida com a trena;

H_{hips} = Altura obtida através dos aparelhos hipsométricos (Haga, Suunto e Vertex).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após os trabalhos de campo, foram medidos os diâmetros com a suta e as alturas de 33 árvores utilizando-se os hipsômetros Haga, Suunto, Vertex, as quais foram derrubadas para a determinação da altura real através da trena. Foi realizada uma análise de variância para verificar as disparidades entre os aparelhos hipsométricos e a altura da testemunha. O resultado mostrou que não foram observadas diferenças significativas entre as médias das alturas quando comparado o F calculado com o F crítico para um nível de significância de 99%, como observado na Tabela 1.

TABELA 1: Valores referentes à análise de variância realizada nos tratamentos aqui abordados.

FV	GL	SQ	QM	F calculado	F crítico
Tratamento	3	20,71	6,90	0,791	3,93758
Resíduo	128	1117,29	8,73		
Total	131	1138,00			

Ainda assim, foi realizado o desdobramento dos tratamentos e aplicado o teste de Tukey para as médias das alturas obtidas pelos diferentes aparelhos, com o objetivo de corroborar e certificar a análise de variância, observando a existência ou não de diferenças significativas entre as médias das alturas para um nível alfa de 0,05. A Diferença Mínima Significativa (DMS) foi de 1,89 m e como observado na Tabela 2, os valores das diferenças entre os tratamentos não deram nenhum um valor menor que o valor de DMS, logo não existe diferença significativa entre os procedimentos.

TABELA 2: Altura média advinda dos diferentes tratamentos, juntamente com a diferença mínima significativa (DMS) pelo teste de Tukey.

Tratamentos	Médias	Diferença (DMS = 1,89 m)	Teste Tukey
Vertex	17,55	-	A
Haga	17,45	0,05	A
Testemunha	16,78	0,67	A
Suunto	16,65	0,13	A

Os tratamentos seguidos das mesmas letras não diferem entre si, estatisticamente, a um nível de significância de 99%.

Posteriormente foi calculado o erro em porcentagem ($E(\%)$) dos diferentes aparelhos hipsométricos quando comparados com a altura real mensurada das árvores cortadas (testemunha), os resultados estão apresentados na Tabela 3 e a

análise comparativa entre os erros em porcentagem e testemunha pode ser observada na Figura 2.

TABELA 3: Erro (%) em relação aos aparelhos utilizados, comparados com a testemunha.

	Testemunha	Vertex	Haga	Suunto
Média (metros)	16,78	17,55	17,45	16,65
Erro (%)	0	-4,55	-3,99	0,79

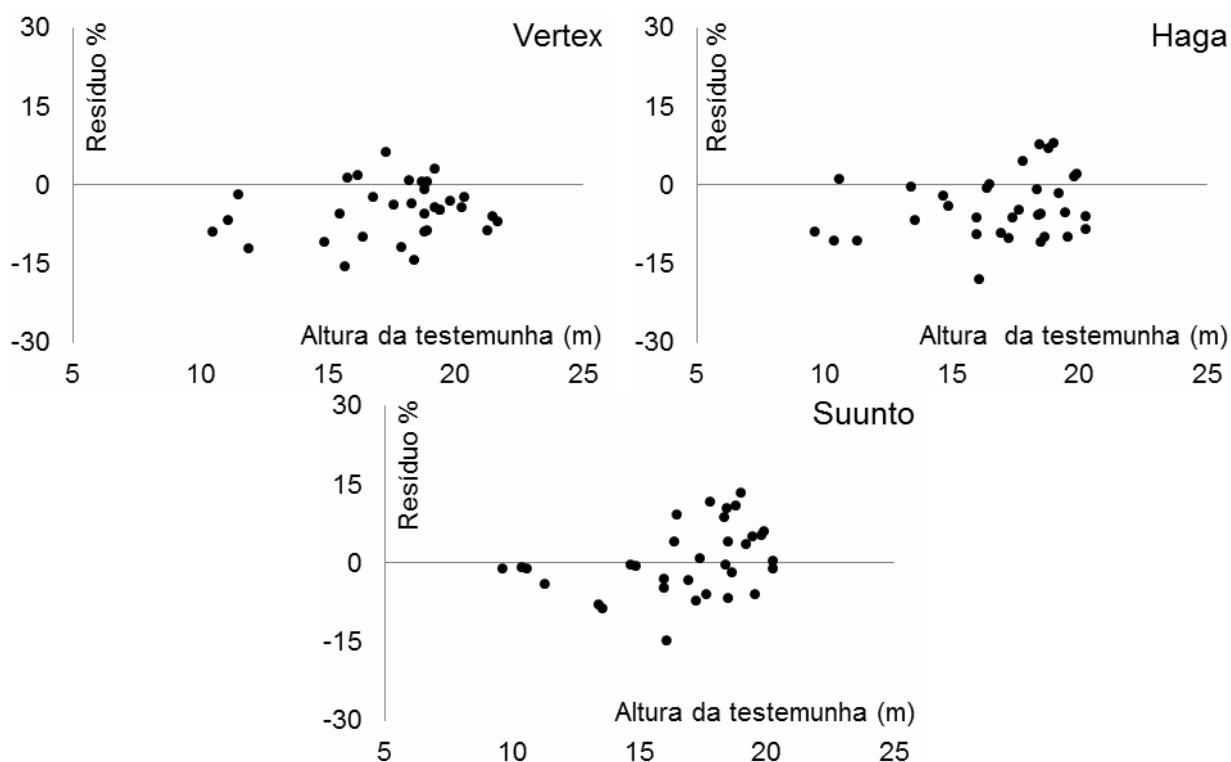


FIGURA 2 – Erros em porcentagem comparados com a testemunha para o Vertex, Haga e Suunto.

De acordo com os valores obtidos nos cálculos dos erros, observa-se que o Suunto foi o aparelho hipsométrico que apresentou o menor Erro percentual, corroborado também pelo gráfico de resíduo conforme Figura 2. Mesmo ocorreu com a utilização do Vertex, sendo este um instrumento de princípio ótico, não houve diferença significativa quando comparados aos demais hipsômetros, e em termos percentuais foi inferior ao Suunto. Resultados semelhantes na utilização do Vertex foram encontrados por SILVA *et al.* (2012), ao estimar a altura de florestas naturais no distrito de Coutinho, em Cachoeiro de Itapemirim-ES, ao compará-lo com a estimativa visual de um técnico florestal.

O hipsômetro Suunto é um dos aparelhos tradicionais mais utilizados no meio florestal de acordo com FREITAS e WICHERT (1998) e até os dias de hoje, sua utilização se dá em função de sua praticidade, tamanho, simplicidade e precisão, o que é corroborado pelo presente trabalho.

CONCLUSÃO

Com base nas condições em que esta pesquisa foi realizada conclui-se que não existem diferenças significativas para a obtenção da variável altura total em povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* usando os hipsômetros Haga, Suunto e Vertex, quando comparados com a altura real advinda destas mesmas árvores abatidas e mensuradas com a utilização de uma trena.

Mesmo não havendo diferença significativa entre os hipsômetros utilizados, o Suunto foi o aparelho que melhor estimou a altura real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUCE, D.; SCHUMACHER, F.X. **Forest mensuration**. 3.ed. New York: Mc. Graw Hill, 1950. 483p.

COUTO, H.T.Z.; BASTOS, N.L.M. **Erros na medição das alturas em povoamentos de *Eucalyptus* em região plana**. IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. nº 39: 21-37. 1988.

CUNHA, U.S. da. **Dendrometria e inventário florestal**. Manaus, 2004, 61 p

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2009. 412p.

ENCINAS, J. I; SILVA, G.F. da; TICCHETTI, I. **Variáveis dendrométricas**. Comunicações técnicas florestais, V.4; n. 1, 2002, 112 p.

FREITAS, A.G; WICHERT, M.C.P. **Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o Criterion 400**. IPEF, Piracicaba-SP, circular técnica nº188 p. 2-5, 1998.

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.E. **Forest mensuration**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1982. 402 p.

MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**, 2. ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2009. 316p.

PARDÉ, J.; BOUCHON, J. **Dendrometrie**. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et de Forêts. Nancy. 2.Ed. 328 p. 1988.

PRODAN, M. **Holzmesslehre**. Frankfurt-am Main. J.D. Sauer – Lander's Verlag. 1965. 644p.

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, Viçosa-MG, vol. 36, nº2,

p. 341-348, 2012.

SIMÕES, J.W.; MELW, H. do A. & BARBIN, D. - Eficiência dos aparelhos e influência do operador na medição de altura total das árvores. O solo, Piracicaba, 59(2): 57-63, 1967.