



Avaliação de métodos de medição de altura de árvores em área de cerrado *sensu stricto*

Hallefy Elias Fernandes^{1,*} , Álvaro Lúcio Velasco Machado de Mendonça¹ , Thaynan Gomes Andrade¹ , João Carlos Noleto Ribeiro¹ , Valdir Carlos Lima de Andrade² 

¹Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Palmas, TO, Brasil.

²Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal, Palmas, TO, Brasil.

*Autor correspondente: hallefypgt@hotmail.com

Recebido: 15/02/2017; Aceito: 09/01/2018

Resumo: O bioma Cerrado tem grande importância na biodiversidade mundial em função de sua riqueza biótica e nível de endemismo. Este trabalho testou a hipótese de que os métodos alternativos de medição de árvores, baseados no princípio geométrico, podem substituir de forma confiável o hipsômetro Suunto em situações de sua completa ausência. Portanto, objetivou-se avaliar o desempenho da estimativa visual e da prancheta dendrométrica em comparação com o hipsômetro Suunto na medição da altura de árvores em pé em uma área de cerrado *sensu stricto*. Os dados foram coletados em uma área de cerrado localizada na região sul do estado de Tocantins e divididos em três classes de altura: 1 ($h < 7$ m); 2 ($7 < h < 9$ m); e 3 ($h > 9$ m). Para cada classe, foi medida a altura de 15 árvores e a avaliação dos instrumentos se deu por meio de um delineamento em blocos casualizados, sendo considerada cada classe como bloco (3 blocos) e as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade. Os resultados possibilitaram concluir que a única diferença estatística ocorreu para o método da estimativa visual, não se mostrando eficiente para medição de alturas de árvores em pé em área de cerrado *sensu stricto*, comparado com o hipsômetro Suunto. Portanto, a prancheta dendrométrica é o hipsômetro mais apropriado para emprego em áreas de cerrado *sensu stricto* em situações em que não se tenha um hipsômetro baseado no princípio trigonométrico.

Palavras-chave: biodiversidade; hipsômetro Suunto; relação hipsométrica.

Evaluation of height measurement methods of trees in cerrado *sensu stricto* area

Abstract: The Cerrado biome has great importance for the world's biodiversity due to its biotic wealth and level of endemism. This paper tests the hypothesis that alternative methods of measuring trees, based on the geometric principle, can reliably replace the Suunto hypsometer in situations of its complete absence. Therefore, the objective of this study was to evaluate the performance of the visual estimation and the dendrometric drawing in comparison with the Suunto hypsometer in measuring the height of standing trees in a cerrado *sensu stricto* area. Data were collected in a cerrado area located in the southern region of the state of Tocantins and divided into three height classes: 1 ($h < 7$ m); 2 ($7 < h < 9$ m); and 3 ($h > 9$ m). For each class, the height of fifteen trees was measured and the instruments were evaluated with a randomized block design, each class being considered as a block (3 blocks) and the averages were compared by the Dunnett test, at a level of 5% probability. The results made it possible to conclude that the only statistical difference occurred for the visual estimation method, which was not efficient for measuring standing tree heights in cerrado *sensu stricto* area, compared to the Suunto hypsometer. Therefore, the dendrometric drawing board is the most suitable for use in cerrado *sensu stricto* areas, in situations where a hypsometer based on the trigonometric principle is not available.

Keywords: biodiversity; Suunto hypsometer; hypsometric relationship.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado tem grande importância na biodiversidade mundial em função de sua riqueza biótica e nível de endemismo. Apesar da sua importância, esse bioma encontra-se bastante ameaçado. Espécies nativas importantes, comercialmente e ecologicamente, estão desaparecendo em função da ocupação desordenada, da expansão urbana e agropecuária, da exploração irracional e do uso indiscriminado do fogo (FIEDLER et al., 2004).

Primack & Rodrigues (2001) consideram a diversidade biológica em três níveis: espécies, variação genética e ecossistemas. A diversidade de espécies animais e vegetais é significativamente importante para a sobrevivência humana, por ser provedora de recursos, tais como alimento, moradia e medicamentos. A diversidade genética é igualmente fundamental por garantir a capacidade reprodutiva das espécies, bem como a sua adaptação a um meio ambiente modificado naturalmente ou pelas atividades humanas.

Diante disso, denota-se que o estudo das características qualitativas e quantitativas do bioma Cerrado é de grande importância para a tomada de decisões, seja na implantação de planos de manejo florestal sustentado ou de estratégias que levem a melhorar o uso dos recursos florestais disponíveis. Nesse caso, destaca-se o volume de madeira que é quantificado por meio de equações volumétricas. Tais equações exigem a utilização da altura das árvores, a qual requer que sua medição seja feita pelo emprego de métodos indiretos utilizando-se hipsômetros graduados, ou pelo princípio trigonométrico, ou geométrico (SILVA et al., 2012).

Os hipsômetros baseados no princípio geométrico são graduados a partir da relação entre triângulos semelhantes, e no princípio trigonométrico, são fundamentados em relações angulares de triângulos retângulos (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2009). Para esse último, é imprescindível conhecer a distância horizontal do observador à árvore, bem como a topografia da área do povoamento florestal, e, de forma geral, os instrumentos construídos com base no princípio trigonométrico apresentam estimativas mais confiáveis do que os de princípio geométrico (BRUCE & SCHUMACHER, 1950; PRODAN, 1965; HUSCH et al., 1982; PARDÉ & BOUCHON, 1988).

Entre os hipsômetros trigonométricos, o Suunto é o mais frequentemente utilizado na medição da altura de árvores, em virtude de ser manuseado sem a influência do operador e apresentar boa ergonomia na operação (JESUS et al., 2012). Em contrapartida, trata-se de um hipsômetro importado, que apresenta um custo elevado para a sua aquisição, ainda que inferior aos demais hipsômetros trigonométricos. Nessa condição, uma alternativa para substituí-lo é o emprego de hipsômetros geométricos, por apresentarem menor custo e maior praticidade no uso, tais como hipsômetro de Christen e prancheta dendrométrica (PD).

Dessa forma, este trabalho testou a hipótese de que os métodos alternativos de medição de árvores, baseados no princípio geométrico, podem substituir confiavelmente o hipsômetro Suunto (HS) em situações de sua completa ausência. Portanto, objetivou-se avaliar o desempenho da estimativa visual (EV) e da PD em comparação com o HS na medição da altura de árvores em pé em uma área de cerrado *sensu stricto*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área do estudo

A coleta dos dados para o desenvolvimento deste estudo foi realizada no município de Gurupi, ao sul do estado do Tocantins, em um fragmento de vegetação de Cerrado *sensu stricto* com aproximadamente sete hectares (Figura 1). Nessa região, o clima é tropical e predominantemente estacional, apresentando duas estações climáticas bem definidas: o período de inverno, onde impera o clima seco e que se estende por aproximadamente seis meses, e o período de verão, desdobrando-se pelos seis meses restantes do ano, sendo caracterizado pelas chuvas. Estas impõem à região uma precipitação média anual em torno de 1.500 mm, contribuindo para que a temperatura média anual seja de 26,4 °C (CLIMA-DATE, 2016).

2.2. Seleção amostral, métodos avaliados e instrumentos utilizados

A amostragem foi efetuada em duas etapas: primeiramente, no laboratório, foram selecionados e distribuídos 20 pontos aleatórios pela área de estudo; posteriormente, em campo, foram selecionadas as três árvores mais próximas de cada ponto (Figura 2). Essas árvores, após a medição da altura (h), foram divididas em três diferentes classes:

- Classe 1 ($h < 7$ m);
- Classe 2 ($7 < h < 9$ m);
- Classe 3 ($h > 9$ m).

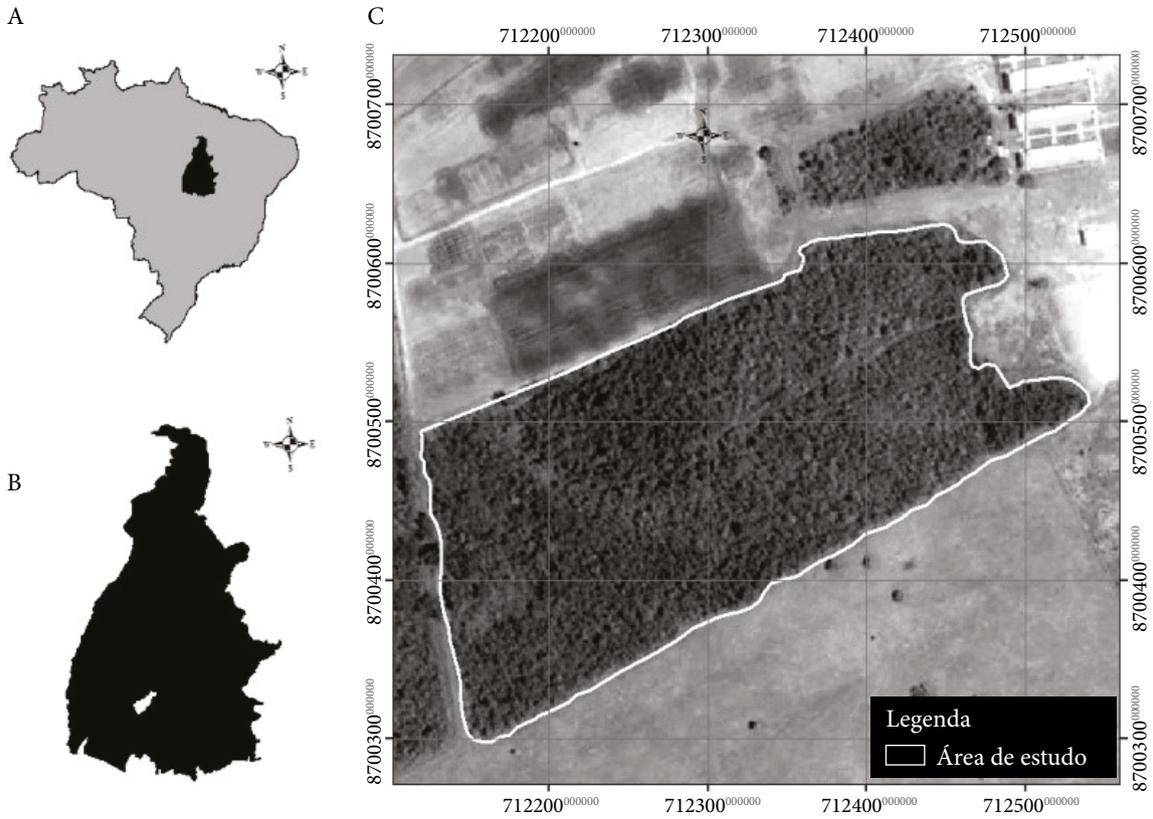


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo: (A) destaque do estado do Tocantins, no Brasil; (B) destaque do município de Gurupi, no estado do Tocantins; (C) destaque do local da coleta de dados em Gurupi, Tocantins.



Figura 2. Local da coleta de dados em Gurupi, Tocantins, com destaque dos pontos amostrais onde foram selecionadas as 60 árvores (3 árvores/ponto).

Foram selecionadas 60 árvores-amostra, cujas alturas totais foram obtidas por meio de 3 diferentes métodos de medição, conforme descrito a seguir:

- Método 1: EV;
- Método 2: estimativa com PD;
- Método 3: estimativa com o HS.

Os diâmetros foram obtidos pela conversão das medidas efetuadas na circunferência das árvores-amostra à altura do peito (CAP), utilizando a trena, também conhecida como fita métrica, que consiste em uma fita flexível, de material metálico, plástico ou de fibra de vidro, abrigada em uma caixa-invólucro e graduada em metros, centímetros e milímetros (JESUS et al., 2012). Para a mensuração das alturas totais das árvores-amostra foram utilizados os métodos já nominados e brevemente descritos a seguir.

Inicialmente, cabe ressaltar que a EV das alturas foi, de longe, o método que necessitou de menos tempo para sua realização, uma vez que sua operação consistiu apenas em localizar a melhor posição no terreno para a estimativa da altura da árvore-amostra, sem o uso de nenhum aparelho. Para essa avaliação visual (método 1) foram utilizadas técnicas empíricas, obtidas pela prática, para o reconhecimento de grandezas sem outras orientações (ANDRADE et al., 2016).

O método 2, baseado no princípio geométrico, utilizou a PD que, segundo Scolforo & Figueiredo Filho (2008) e Machado & Figueiredo Filho (2014), constitui o hipsômetro mais fácil de ser manufaturado e operado, construído apenas com uma tábua graduada e um pêndulo. No presente estudo, por causa das condições locais, optou-se por posicionar o observador a 15 m de distância da árvore-amostra, para melhor visualização da copa. O somatório das graduações alcançadas pelo pêndulo, nas visadas da base da árvore e do ápice de sua copa, resultou na estimativa da altura total.

Por fim, utilizando o princípio trigonométrico, o método 3 empregou o HS, conhecido ainda como clinômetro ou altímetro Suunto, que se constitui de uma caixa metálica pequena e bastante resistente à corrosão, assim como à umidade. Dispõe, em seu interior, de uma escala móvel imersa em líquido, para evitar a vibração excessiva durante as leituras, e lacrada num compartimento estanque de plástico (JESUS et al., 2012). A estimativa da altura total do indivíduo arbóreo, nesse aparelho, é obtida pela leitura direta na escala do instrumento, após a realização de uma visada no ápice da copa e, em seguida, por outra na base da árvore (ANDRADE et al., 2016).

2.3. Obtenção dos dados e análise estatística

Aplicou-se o teste de Bartlett (STEEL & TORRIE, 1960) para verificar a homogeneidade das variâncias, e a hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk (W).

Diante disso, as alturas medidas foram avaliadas por meio da análise de variância com delineamento em blocos casualizados, sendo considerada cada classe como bloco (3 blocos), tendo 15 árvores cada uma, e as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade. Sendo esse um teste que exige a determinação de uma testemunha ou comparador (PIMENTEL-GOMES, 2009), em que o método 3 (HS) foi designado para ser a testemunha, já que se quer apurar qual método pode ser utilizado quando não se tenha à disposição um instrumento baseado no princípio trigonométrico, especificamente, o HS.

As hipóteses do teste foram:

- Hipótese inicial (H₀): $\mu_A = \mu_S$;
- Hipótese alternativa (H_a): $\mu_A \neq \mu_S$.

Em que:

μ_A : média das alturas obtidas pelos métodos alternativos;

μ_S : média das alturas obtidas pelo Suunto (testemunha).

Além disso, foi calculado o erro em porcentagem (%), e os diferentes métodos hipsométricos foram comparados com a testemunha, com o intuito de verificar eventuais tendências na obtenção das alturas. Assim, o erro em porcentagem (%) foi obtido pela Equação 1, que é a seguinte:

$$E(\%) = \frac{H_{\text{test}} - H_m}{H_{\text{test}}} 100 \quad (1)$$

Em que:

E (%): erro em porcentagem;

H_{test}: altura da testemunha, medida com o Suunto;

H_m: altura obtida por meio dos métodos de medição de altura (PD e EV).

Foi realizado um teste complementar, constituído do ajuste de um modelo hipsométrico, com os dados obtidos em 45 árvores na área amostrada no cerrado *sensu stricto* para cada método de medição de altura. As 15 árvores restantes foram reservadas para um teste de validação, contendo dados independentes das 45 árvores utilizadas na análise de variância. O modelo selecionado foi o modelo de Stofel, já avaliado em diferentes regiões do Brasil por Bartoszeck et al. (2002), Gomes et al. (2003), Machado et al. (2008) e Azevedo et al. (2011). Esse modelo está relacionado na Tabela 1.

Os critérios para a verificação do melhor ajuste para os três métodos foram: erro padrão da estimativa (Syx) e coeficiente de determinação (R²) obtidos pelas Equações 2, 3 e 4:

$$Syx = \sqrt{\frac{\sum(ho - he)^2}{n - p}} \tag{2}$$

$$Syx\% = \left(\frac{Syx}{\bar{H}}\right) 100 \tag{3}$$

$$R^2 = 1 - \frac{SQR}{SQT} \tag{4}$$

Em que:

- ho: altura observada pelo HS (m);
- he: altura estimada pela equação hipsométrica(m);
- \bar{H} : média aritmética das alturas obtidas pelo HS;
- n: número de árvores;
- p: número de coeficientes do modelo;
- SQR: soma dos quadrados dos resíduos/erros;
- SQT: soma dos quadrados totais.

Para a validação das equações geradas com os dados obtidos de cada método, foram utilizados os critérios raiz quadrada do erro médio (RQEM) e média dos desvios de erro de predição (MDP), ambos obtidos pelas Equações 5 e 6. Em ambos os métodos, quanto menores forem os seus valores, melhores eles serão. Seguem as fórmulas das estatísticas RQEM e MDP:

$$RQEM = \sqrt{\frac{\sum(Hreal - Hpred)^2}{n}} \tag{5}$$

$$MDP = \frac{\sum\left(\frac{(Hreal - Hpred)}{Hreal}\right)}{n} \cdot 100 \tag{6}$$

Em que:

- Hreal: altura observada pelo HS;
- Hpred: altura predita pela equação;
- N: número de árvores.

Tabela 1. Modelo de Stofel testado para gerar equações hipsométricas em uma área de cerrado *sensu stricto*, localizada na região nordeste do estado do Tocantins, Brasil.

Forma funcional de ajuste	Forma funcional de uso
$\ln(H) = b_0 + b_1 \cdot \log(D) + \epsilon$	$H = \exp[b_0 + b_1(\ln D)]$

Ln: logaritmo neperiano; H: altura total, em metros; b₀ e b₁: parâmetros do modelo a ser estimado; D: diâmetro à altura do peito, em centímetros; ε: erro aleatório do modelo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de Shapiro-Wilk indicou normalidade dos dados com valor de 0,946 ($p=0,648$). Já o teste de Bartlett resultou em valor de 0,351^{ns}, indicando homogeneidade de variância. Em seguida, tendo dados com normalidade e variâncias homogêneas, procedeu-se a análise em blocos casualizados, para verificar as disparidades entre os métodos hipsométricos e a testemunha (Tabela 2). Como resultado, ao nível de significância de 5%, observou-se diferença significativa entre as médias das alturas.

Diante disso, rejeitou-se H_0 , ou seja, pelo menos uma das médias das alturas obtidas pelos métodos alternativos foi estatisticamente diferente à do Suunto (testemunha) ao valor de $p=5\%$. Observando o F calculado sendo maior que o F crítico, a hipótese nula sempre será rejeitada (Tabela 2). Portanto, sabendo-se que o teste F indica diferenças significativas entre as médias, na Tabela 3 são apresentadas quais médias diferem entre si estatisticamente.

Observou-se que a PD não apresentou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett, quando comparada com a testemunha (HS). O mesmo não aconteceu com a EV que, comparada à testemunha HS, apresentou diferença estatística. Sendo assim, o método de EV não é recomendado para estimar a altura de árvores em áreas de cerrado *sensu stricto* (Tabela 4). Portanto, diante das análises realizadas, pôde-se constatar que o instrumento PD, na falta do HS, pode ser utilizado para medir a altura total de árvores em cerrado *sensu stricto* (Tabelas 3 e 4).

De acordo com os valores obtidos nos cálculos dos erros, observa-se que a PD foi o instrumento hipsométrico que apresentou o menor erro percentual, com 6,20, comparado à EV, que corresponde a 22,7% (Tabela 4). Nesse caso, observa-se na Tabela 4 que os erros médios associados ao hipsômetro PD e à EV, comparados com a testemunha HS, tiveram uma tendência em subestimar a altura. Em conformidade com esse resultado, Andrade et al. (2016) e Oliveira

Tabela 2. Valores referentes à análise de variância em um delineamento em blocos casualizados para avaliar métodos de medição de altura total de árvores em uma área amostrada de cerrado *sensu stricto*.

FV	GL	SQ	QM	F calculado	F crítico
Blocos	2	27.68222	13.84111	50.433**	18.000
Tratamentos	2	5.38889	2.69444	9.818*	6.944
Resíduo	4	1.09778	0.27444		
Total	8	34.16889			

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: estatística F; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; **significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 3. Resultados obtidos pelo teste de médias de Dunnett a 5% de probabilidade e variância das alturas totais medidas com a estimativa visual, a prancheta dendrométrica e o hipsômetro Suunto em uma área amostrada de cerrado *sensu stricto* no Tocantins.

Tratamentos	Médias (m)	Variância (S ²)
PD	7,56 ^a	4.223
EV	6,23 ^b	2.903
HS	8,06^a	7.263
CV (%)	7,19	

PD: prancheta dendrométrica; EV: estimativa visual; HS: hipsômetro Suunto; CV: coeficiente de variação; médias precedidas na coluna com letras iguais não diferem da testemunha HS pelo teste de Dunnett ($p=0,05$).

Tabela 4. Erro (%) da altura total medida com a estimativa visual e a prancheta dendrométrica comparado ao hipsômetro Suunto em uma área de cerrado *sensu stricto* tocantinense.

	Testemunha (HS)	PD	EV
Média (m)	8,06	7,56	6,23
Erro (%)	-	-6,20	-22,70%

HS: hipsômetro Suunto; PD: prancheta dendrométrica; EV: estimativa visual.

et al. (2014), que trabalharam avaliando hipsômetros baseados no princípio geométrico em área de cerrado *sensu stricto* e instrumentos de medição da altura em plantios clonais de *Eucalyptus* sp., no estado de Minas Gerais, respectivamente, constataram que o hipsômetro PD apresentou melhores resultados comparados a outros instrumentos avaliados, não diferindo estatisticamente da testemunha e/ou altura real.

Na Tabela 5, são apresentados os resultados do ajuste realizado com o modelo de Stofel, utilizando-se os dados obtidos com HS, PD e EV. Constata-se, estatisticamente, que o método EV apresentou bons resultados, tanto para o R^2 , por apresentar um valor mais próximo de 1, quanto para o Syx, por apresentar um valor mais próximo de 0.

A Tabela 6 apresenta os resultados da validação feita com dados de 15 árvores, independentemente dos dados das 45 árvores utilizadas no ajuste. Ela demonstra que, na ausência do HS, pode-se utilizar a PD, preferencialmente ao método EV, pois os valores apresentam-se bem próximos um do outro, tanto para RQEM quanto para MDP.

Tabela 5. Resultados do ajuste do modelo de Stofel, utilizando-se os dados obtidos pelo Suunto, pela prancheta dendrométrica e pela estimativa visual.

Equipamentos	b_0	b_1	R^2	Syx	Syx (%)
PD	1.2310	0.3260	0.589	1.2780	17.04
EV	0.8031	0.4218	0.782	0.8990	14.60
HS	1.1484	0.3833	0.637	1.4672	18.56

b_0 e b_1 : coeficientes estimados; R^2 : coeficiente de determinação; Syx: erro padrão da estimativa; PD: prancheta dendrométrica; EV: estimativa visual; HS: hipsômetro Suunto.

Tabela 6. Validação dos métodos estimativa visual, prancheta dendrométrica e hipsômetro Suunto.

Equipamentos	RQEM	MDP
PD	1.558	13.566
EV	2.729	28.933
HS	1.364	8.583

RQEM: raiz quadrada do erro médio; MDP: média dos desvios de erro de predição; PD: prancheta dendrométrica; EV: estimativa visual; HS: hipsômetro Suunto.

4. CONCLUSÕES

Os resultados possibilitaram as seguintes conclusões: a única diferença estatística ocorreu para o método da EV, não se mostrando eficiente para medição de alturas de árvores em pé em área de cerrado *sensu stricto*, comparado com a testemunha (HS); e caso não se tenha um HS disponível, entre o método geométrico, a PD é o instrumento mais apropriado para emprego em áreas de cerrado *sensu stricto*.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V.C.L.; RIBEIRO, J.R.; PINTO, I.O.; SANTOS, M.J.F.; TELES, L.B.; TERRA, D.L.C.V. Hipsômetros baseados no princípio geométrico avaliados em área de cerrado *sensu stricto*. **Nativa**, v. 4, n. 5, p. 333-336, 2016. <<http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v04n05a10>>.
- AZEVEDO, G.B. de; SOUSA, G.T. de; SILVA, H.F.; BARRETO, P.A.B.; NOVAES, A.B. de. Seleção de modelos hipsométricos para quatro espécies florestais nativas em plantio misto no planalto da conquista na Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-13, 2011.
- BARTOSZECK, A.C.P.S.; MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E.B. Modelagem da relação hipsométrica para bracingais da região metropolitana de Curitiba-PR. **Revista Floresta**, v. 32, n. 2, p. 189-204, 2002. <<http://dx.doi.org/10.5380/rev.v32i2.2285>>.
- BRUCE, D.; SCHUMACHER, F.X. **Forest mensuration**. 3.ed. Nova York: McGraw-Hill, 1950. 483p.
- CLIMA-DATE. **Portal Clima-Date**. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/42786/>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

- FIEDLER, N.C.; AZEVEDO, I.N.C.; REZENDE, A.V.; MEDEIROS M.B.; VENTUROILI, F. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda Água Limpa-DF. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 129-138, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000100017>>.
- GOMES, J.E.; AMARAL, U.; CHAGAS, L.R.C.; BARBOSA, M.M.; BURANELLO, M.P.; CICARI, P.; MOTTA, G.G. Comparação da precisão de modelos hipsométricos ajustados com dados obtidos por meio do uso de prancheta dendrométrica e fita métrica em povoamentos florestais do gênero *eucalyptus* na região do oeste do estado de São Paulo. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 1, n. 2, p. 1-4, 2003.
- HUSCH, B.; MILLER, C.L.; BEERS, T.E. **Forest mensuration**. 3. ed. Nova York: J. Willey & Sons, 1982. 397p.
- JESUS, C.M.; MIGUEL, E.P.; LEAL, F.A.; ENCINAS, J.I. Avaliação de diferentes hipsômetros para medição da altura total em um povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, p. 291-299, 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/avaliacao%20de%20diferentes.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2016.
- MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: Unicentro, 2014. 316p.
- MACHADO, S.A.; NASCIMENTO, R.G.M.; AUGUSTYNCZIK, A.L.D.; SILVA, L.C.R.; FIGURA, M.A.; PEREIRA, E.M.; TÊO, S.J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 5-16, 2008.
- OLIVEIRA, X.M.; OLIVEIRA, R.R.; RAMALHO, F.M.G.; CABACINHA, C.D.; ASSIS, A.L. Precisão e tempo de operação de alguns instrumentos para medir altura de árvores. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 23-36, 2014.
- PARDÉ, J.; BOUCHON, J. **Dendrometrie**. 2. ed. Nancy: Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et de Forêts, 1988. 328p.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.
- PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Midiograf, 2001. 327p.
- PRODAN, M. **Holzmesslehre**. Frankfurt-am Main: J.D. Sauer – Lander's Verlag, 1965. 644p.
- SCOLFORO, J.R.S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria Florestal: medição e volumetria de árvores**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2008. 310p.
- 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. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000200015>>.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. Nova York: McGraw-Hill, 1960. 481p.