

Mensuração da altura por diferentes equipamentos em plantio de Eucalipto

Edilson Urbano¹, Patrick Rodrigues Pereira², Filipe Valadão do Prado Cacau³, Adriana de Fátima Gomes Gouvêa⁴

Resumo. Este trabalho teve como objetivo comparar a precisão de determinação de equipamentos para medição de altura quanto a sua precisão. O estudo foi realizado na fazenda experimental da UEMS no município de Aquidauana. Avaliou-se o desempenho dos seguintes equipamentos: Clinômetro Haglöf, aplicativo Smart Tools para Smartphone e o Dendrômetro Criterion RD 1000. Foram realizadas mensuração da altura de 56 árvores de eucalipto (distribuídas em 7 classes diâométricas). As alturas tomadas com os equipamentos foram comparadas com o método direto (Trena), medido após o corte da planta. Calculou-se o Erro Padrão da Estimativa (Syx%) entre os equipamentos e a medição direta, em seguida analisou-se estatisticamente os dados obtidos. O teste de Bartlett mostrou que as variâncias são homogêneas, atendendo os pressupostos para análise de variância. Na ANOVA não foi encontrada diferença significativa nas medidas obtidas com a trena e os aparelhos, com 95% de probabilidade. O erro padrão da estimativa percentual do clinômetro foi de 5,84%, do aplicativo foi de 7,81% e do dendrômetro de 5,37%, ambos apresentando distribuição gráfica semelhante. O aplicativo apresentou superestimativa um pouco mais acentuada para diâmetro altura do peito entre 20 cm e 25 cm quando comparados aos demais aparelhos. Desta forma, considerando-se a precisão e a igualdade com a trena, é vantajoso o uso dos aparelhos com confiabilidade em inventários florestais, onde o aplicativo destaca-se pelo custo baixo de aquisição quando comparado aos outros equipamentos.

Palavras-chave: Clinômetro. Dendrômetro. Hipsômetros. Smart Tools.

DOI:10.21472/bjbs.v08n19-003

Submitted on:
06/14/2021

Accepted on:
07/15/2021

Published on:
07/26/2021



Open Access
Full Text Article



Height measurement using different equipment in Eucalyptus planting

Abstract. This work aimed to compare the accuracy of determining equipment for measuring height in terms of accuracy. The study was carried out on the UEMS experimental farm in the municipality of Aquidauana. The performance of the following equipment was evaluated: Haglöf Clinometer, Smart Tools application for Smartphone and the Criterion RD 1000 Dendrometer. The height of 56 eucalyptus trees (distributed into 7 diameter classes) were measured. The heights taken with the equipment were compared with the direct method (measuring tape), measured after cutting the plant. The Standard Error of the Estimate (Syx%) was calculated between the equipment and the direct measurement, then the data

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: edurbano2@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9351-5406>

² Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil.
E-mail: patrickpereira@outlook.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-5663-6146>

³ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: filipecacau@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0580-8688>

⁴ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: agouvea@uems.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3414-7188>

obtained was statistically analyzed. The Bartlett test showed that the variances are homogeneous, meeting the assumptions for variance analysis. In the ANOVA, no significant difference was found in the measurements obtained with the tape measure and the devices, with a 95% probability. The standard error of the clinometer's percentage estimate was 5.84%, the application's was 7.81% and the dendrometer's was 5.37%, both showing a similar graphical distribution. The application showed a slightly more accentuated overestimation for chest diameter between 20 cm and 25 cm when compared to other devices. Therefore, considering the precision and equality with the measuring tape, it is advantageous to use the devices reliably in forest inventories, where the application stands out for its low acquisition cost when compared to other equipment.

Keywords: Clinometer. Dendrometer. Hypsometers. SmartTools.

Medición de altura mediante diferentes equipos en plantación de Eucalipto

Resumen. Este trabajo tuvo como objetivo comparar la precisión de los equipos de determinación de altura en términos de precisión. El estudio se llevó a cabo en la finca experimental de la UEMS en el municipio de Aquidauana. Se evaluó el desempeño de los siguientes equipos: Clinómetro Haglöff, aplicación Smart Tools para Smartphone y el Dendrometro Criterion RD 1000. Se midió la altura de 56 árboles de eucalipto (distribuidos en 7 clases de diámetro). Las alturas tomadas con el equipo se compararon con el método directo (cinta métrica), medidas después del corte de la planta. Se calculó el Error Estándar de la Estimación (Syx%) entre el equipo y la medición directa, luego los datos obtenidos se analizaron estadísticamente. La prueba de Bartlett demostró que las varianzas son homogéneas, cumpliendo los supuestos para el análisis de varianza. En el ANOVA no se encontró diferencia significativa en las mediciones obtenidas con la cinta métrica y los dispositivos, con un 95% de probabilidad. El error estándar de la estimación porcentual del clinómetro fue del 5,84%, el de la aplicación fue del 7,81% y el del dendrómetro fue del 5,37%, mostrando ambos una distribución gráfica similar. La aplicación mostró una sobreestimación ligeramente más acentuada del diámetro del tórax entre 20 cm y 25 cm en comparación con otros dispositivos. Por lo tanto, considerando la precisión e igualdad con la cinta métrica, resulta ventajoso utilizar los dispositivos de manera confiable en inventarios forestales, donde la aplicación destaca por su bajo costo de adquisición en comparación con otros equipos.

Palabras clave: Clinómetro. Dendrómetro. Hipsómetros. SmartTools.

INTRODUÇÃO

O mercado madeireiro vem expandindo e juntamente com ele o valor comercial da madeira. Desta forma, existe uma extrema necessidade de precisão na quantificação de madeira em inventários florestais volumétricos, uma vez que eles podem representar prejuízos quando o assunto é compra e venda deste produto, tornando o mercado cada vez mais exigente principalmente em relação aos equipamentos utilizados neste processo, como na obtenção da variável altura.

A altura de uma árvore ou porção dela pode ser definida como a distância linear ao longo de seu eixo longitudinal, partindo do solo até o topo ou até outro ponto referencial, sempre em conformidade com o tipo de altura que se procura medir. Ela serve essencialmente para o cálculo do volume e

incrementos em altura. Nos métodos estimativos, a altura também entra como uma segunda variável independente nas equações de volume, funções de afilamento e em algumas outras relações dendrométricas (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009).

As medições indiretas das alturas de árvores são aquelas realizadas sem que haja contato direto do operador com o objeto medido. São medidas feitas à distância ou então provenientes de transformações de medições básicas. Exemplos de medidas indiretas com árvores em pé é a mensuração das mesmas com equipamento denominado hipsômetro (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009). No processo de medição indireta, geralmente a distância recomendada do operador à árvore, equivale a suposta altura a ser medida da árvore.

Os aparelhos de medidas indiretas da altura podem ser de dois princípios: o princípio geométrico é aquele em que cuja graduação é obtida a partir da relação entre lados de triângulos semelhantes; e o princípio trigonométrico é fundamentado em relações angulares de triângulos retângulos.

A altura e o diâmetro são as duas variáveis mais utilizadas para a realização de inventários florestais, sendo usadas para o cálculo da área basal e do volume de madeira existentes em uma floresta, além de possibilitar a análise da estrutura vertical e a qualidade de sítio (FREITAS e WICHERT, 1998 e SCHNEIDER e SCHNEIDER, 2008).

A quantificação das variáveis e parâmetros de uma floresta para fins de pesquisa exige uma maior exatidão e precisão, tanto nos métodos de medida, como nos métodos de cálculo e de estimativa. (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009).

Precisão deve ser entendida como termo estatístico, que refere-se ao erro padrão, o qual é calculado medindo um indivíduo várias vezes. Dentre vários aparelhos de medição, aquele que apresentar o menor erro padrão ao medir repetidas vezes um mesmo objeto, será considerado como sendo o mais preciso. (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009).

Os pesquisadores COUTO e BASTOS (1988) 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.

O aparelho que será utilizado nesse estudo é o clinômetro Haglöf, pois, como observado no estudo citado no parágrafo acima, o clinômetro não apresentou o melhor desempenho em suas mensurações, necessitando assim de estudos para reduzir os erros na utilização do aparelho.

Segundo CAMPOS e LEITE (2009), recentemente tem surgido uma nova geração de hipsômetros contendo dispositivos eletrônicos, que agilizam as leituras e permitem a medição das

distâncias inclinadas e corrigida para a horizontal, entre o observador e a árvore, dispensando o uso da trena para medição da distância.

O hipsômetro eletrônico Haglöf, conhecido também como clinômetro, possibilita medidas acuradas de alturas e ângulos de maneira fácil e rápida. Medidas de Alturas podem ser tomadas a qualquer distância ou posição, não sendo, portanto, requeridas distâncias fixas do objeto a ser medido. (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009).

O Dendrômetro Criterion RD1000 é um aparelho hipsométrico que atualmente existe no mercado, que também trabalha com base em parâmetros trigonométrico, possuindo sensores de inclinação de alta precisão como informado pelo fabricante, e também é utilizado em mensurações de diâmetro em várias seções da árvore não sendo necessário o seu corte. Por ser um modelo pouco utilizado supostamente pelo difícil manuseio quando comparado aos outros equipamentos, o mesmo ainda não possui pesquisas comprovando sua acurácia.

O aplicativo Smart Tools – Ferramentas v.1.7 (GOOGLE PLAY, 2014) é um conjunto de ferramentas com coleção de 6 pacotes, contendo 16 ferramentas (Comprimento, Ângulo, Inclinação, Distância, Altura, Largura, Área, Bússola, Detector de metais, GPS, Medidor de nível de som, Vibrômetro, Lanterna, Lupa, Espelho e Conversor de Unidades). O Smart Tools para smartphone utiliza sensores de inclinação encontrados no aparelho, sendo muito sensíveis ao movimento de inclinação e de ótima qualidade, o que pode proporcionar mensurações com maior precisão. O aplicativo mostra a mensuração no display do aparelho, possui recursos como Zoom óptico para melhor visualização da copa da árvore, e congelamento da imagem na tela do aparelho com a mensuração efetuada, eliminando erros de leitura. Como o uso de smartphones tem se popularizado, seu uso torna-se uma opção para diminuição dos custos de inventários florestais, principalmente para profissionais autônomos ou pequenas empresas, desde que se tenha comprovado a eficiência do uso do aplicativo nestes aparelhos, particularmente, para medição de alturas.

Desta forma, este trabalho teve por objetivo comparar o método indireto por meio da utilização do hipsômetro Haglöf, o dendrômetro Criterion RD1000 e o aplicativo Smart Tools com o método direto (trena) para mensuração de altura em plantio de eucalipto, quanto a sua precisão.

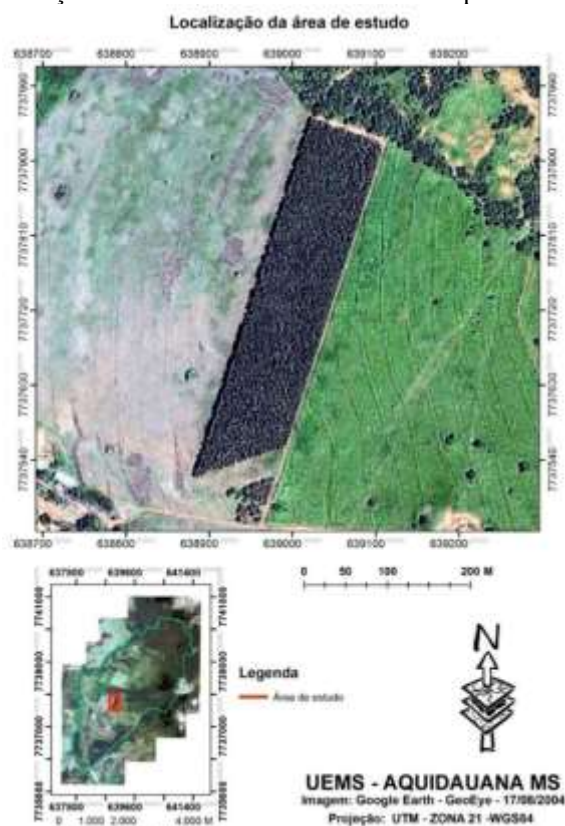
METODOLOGIA

Localização da Área

A pesquisa foi realizada em um plantio equiânio de *Eucalyptus* spp. na fazenda da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, unidade universitária de Aquidauana (Figura 1), na sub-bacia do córrego fundo, em um talhão de 4 hectares conduzido sob regime de talhadia, com espaçamentos variados, sem a condução de rebrotas e sem qualquer tipo de manejo. Segundo LIMA (2013) foi constatada a ocorrência de diversas espécies de eucalipto, plantados no ano de 1999, com a finalidade energética, sofrendo desbaste seletivo em 2007.

O clima da região caracteriza-se por invernos secos e verões chuvosos, recebendo a classificação Aw. A precipitação média anual é de 1400 mm e as temperaturas médias são de 22°C em julho e de 28°C em janeiro. A topografia é de suavemente ondulada a plana e seu solo é caracterizado como argissolo vermelho distrófico; com o pH variando de 4,2 a 6,5, cujas coordenadas geográficas são: latitude 20°27'13.90" S; longitude 55°40'03.15" W e altitude média de 190 metros (SCHIAVO, 2010).

Figura 1. Localização da área de estudo: talhão de eucalipto na fazenda UEMS .



Fonte: Lima, 2013.

Equipamentos Utilizados

O Clinômetro (Figura 2) trata-se de um instrumento com dimensões de 20 mm x 63 mm x 44 mm, pesando apenas 50 gramas, incluindo a bateria. Mostra os resultados instantaneamente, e elimina os erros de cálculo, tem baixo consumo de bateria, é preciso, confiável e fácil de usar. Apresenta os resultados em um mostrador, eliminando-se assim erros de leitura ou de somas de alturas resultantes de visadas para a base e para o topo de árvores. (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009).

Figura 2: Clinômetro eletrônico de Haglof.



Fonte: Haglof (2020).

O aplicativo Smart Tools v.1.5.8 - Smart Measure Pro v. 2.4 (Figura 3) mostra a mensuração no display do aparelho, possui recursos como Zoon óptico para melhor visualização da copa da árvore, e congelamento da imagem na tela do aparelho com a mensuração efetuada, eliminando assim erros de leitura. O Aplicativo será utilizado com o método de operação do Clinômetro, pois trabalham com princípios semelhantes, baseando-se na inclinação e angulação do aparelho, onde é executada a calibração de acordo com a distância utilizada. (GOOGLE PLAY, 2020)

Figura 3: Aplicativo Smart Tools para smartphone.



Fonte: Google Play (2020).

O Dendrometro Criterion RD 1000 (Figura 4) é um equipamento utilizado nas estimativas de altura, diâmetro e outras várias funções, possui lentes de aumento que são acopladas ao aparelho, display digital com iluminação, memória interna para salvar dados de campo.

Figura 4: Dendrometro Criterion RD 1000.



Fonte: Terrages (2020).

A trena (Figura 5), 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).

Figura 5: Fita métrica.



Fonte: Vonder, 2020.

Coleta de Dados

Foi utilizado o senso realizado em 4 hectares de floresta plantada, executado por Lima (2013), onde foram medidos os diâmetros à altura do peito (DAP) de todos os indivíduos. Em seguida foi efetuada a distribuição diamétrica, como mostra na Tabela 1.

Tabela 1. Distribuição diamétrica do povoamento de Eucalipto.

Classes diamétricas	LI	LS
1	5,09	8,16
2	8,17	11,24
3	11,25	14,32
4	14,33	17,4
5	17,41	20,48
6	20,49	23,55
7	23,56	26,63

Onde: LI = Limite Inferior; LS = Limite Superior

Fonte: Autor (2020).

A distribuição diamétrica foi reajustada devido ao pequeno número de árvores apresentado na classe 7. Após feita a redistribuição, o povoamento apresentou uma amplitude de 21,54 cm, sendo o limite inferior de DAP igual a 5,09 cm e o limite superior de 26,63 cm, separado em sete classes diamétricas com o objetivo de garantir que as amostras das árvores fossem coletadas em todas as classes. Sequencialmente, foram obtidos os valores do CAP com auxílio da fita métrica, e para altura, utilizou-se o Clinômetro, o Aplicativo Smart Tools e o Dendrômetro, para mensuração de 8 árvores por classe, totalizando 56 árvores. Posteriormente as árvores foram abatidas e suas alturas reais foram medidas com a trena.

O aplicativo foi utilizado seguindo o mesmo método de operação do clinômetro, onde as distâncias eram aferidas com trena e calibradas manualmente no aplicativo, pois foi constatado à campo que o método sugerido pelo fabricante não favorece as mensurações e a operação do dispositivo.

Análise Estatística

A análise dos dados foi realizada no *Software* ASSISTAT, onde procedeu-se o teste de Bartlett, realizado para testar a homogeneidade das variâncias. Esse teste é utilizado em análises de regressão e amostragem, onde parte-se da hipótese de que as variâncias são homogêneas (H_0), caso confirmada esta hipótese procede-se com a análise de variância (ANOVA) e regressão.

Com a regressão obteve-se a precisão dos equipamentos em relação ao valor verdadeiro (Syx – Erro padrão da estimativa) e análise gráfica e estatística dos resíduos. A regressão foi executada em pares de tratamentos, aplicativo e Trena, Dendrômetro e Trena, Clinômetro e Trena.

Se verificado diferenças significativas entre os tratamentos, procede-se o teste de comparação de média, onde o mais utilizado é o teste de Tukey, para verificar quais médias dos tratamentos diferem-se entre si.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Teste de Bartlett na Tabela 2, mostra que as variâncias dos tratamentos são homogêneas ($X^2_{\text{calculado}} = 0,77 < X^2_{\text{tabelado}} = 7,81$) com 95% de probabilidade de confiança, e atendem aos pressupostos para a análise de variância.

Tabela 2. Teste de Bartlett, média e variâncias dos tratamentos.

Tratamentos	Média	Variância	Resumo	
Trena	14,9218	17,1677	Estatística do teste (X^2):	0,77071
Aplicativo	15,7429	20,8643	Valor crítico (alfa = 5%):	7,81473
Clinômetro	15,0393	18,2439	Valor crítico (alfa = 1%):	11,34488
Dendrometro	15,5804	20,7965	$X^2 < X^2$ (5%) H_0 não foi rejeitada $p > 0.05$	

H_0 : As variâncias são homogêneas

Fonte: Autor (2020).

Na ANOVA (Tabela 3) mostra que não existe diferença significativa ($p > 0,05$) entre as mensurações com o aplicativo, clinômetro, dendrômetro e a trena. Assim, ambos os aparelhos podem ser utilizados nas medições de alturas de árvores com confiabilidade.

Tabela 3. Análise de variância para os dados em delineamento inteiramente casualizado.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO				
QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	27,10201	9,034	0,4689 ns
Resíduo	220	4238,9807	19,26809	
Total	223	4266,0827		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Fonte: Autor (2020).

Quando comparado o erro padrão na tabela 4, observa-se que o dendrômetro é sensivelmente mais preciso que o clinômetro e o aplicativo, com um valor de aproximadamente 0,5 % e 2,5 % respectivamente menor.

Tabela 4 – Resultado da regressão Linear entre os equipamentos utilizados.

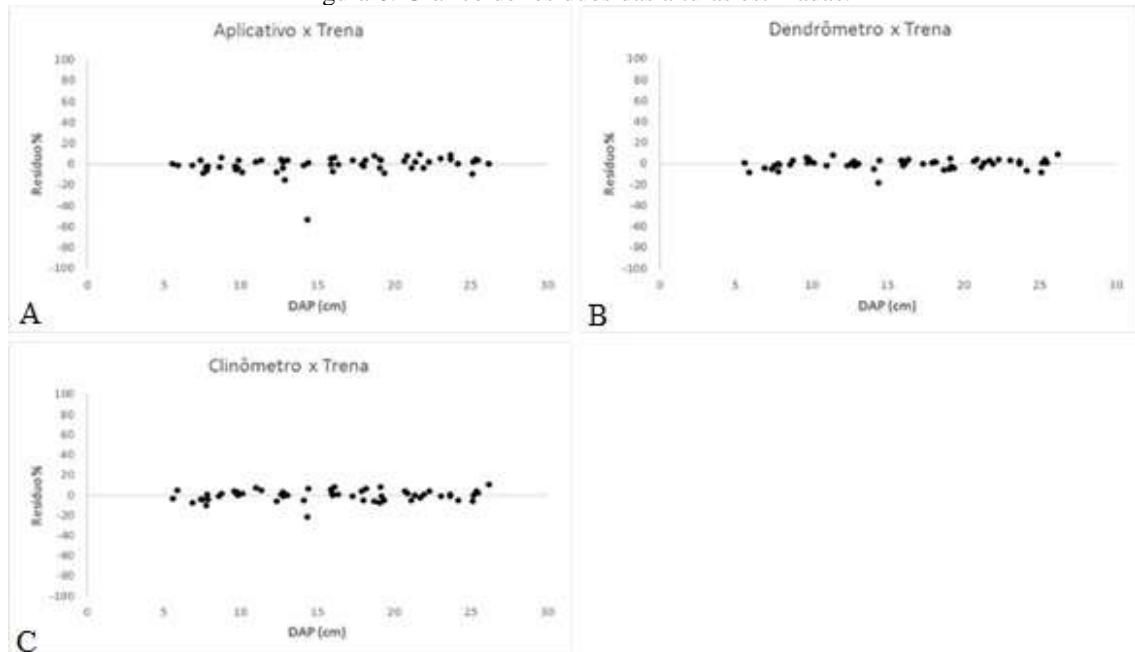
Comparações feitas	Estatística			
	R^2_{aj}	R	Syx	Syx %
Aplicativo x Trena	0,932	0,966	1,079	7,23
Clinômetro x Trena	0,964	0,982	0,781	5,23
Dendrometro x Trena	0,97	0,985	0,709	4,75

Legenda: R^2_{aj} = Coeficiente de determinação ajustado; R = coeficiente de correlação; Syx = erro padrão da estimativa.

Fonte: Autor (2020).

Os gráficos de resíduos (Figura 6) mostram que os tratamentos obtiveram valores com distribuição semelhante, porém, o aplicativo (A) mostrou uma superestimativa um pouco mais acentuada nas árvores com diâmetro entre 20 à 25 cm quando comparado com os outros aparelhos (B e C).

Figura 6: Gráfico de resíduos das alturas estimadas.



Fonte: Autor (2020).

Resultado semelhante foi encontrado por Urbano et al. (2014), testando o clinômetro Haglof e aplicativo Smart Tools para medição da altura de árvores em uma floresta de eucalipto no Estado de Mato Grosso do Sul, onde ele também observou que o clinômetro era mais preciso que o aplicativo, em 0,6% aproximadamente.

O dendrômetro Criterion RD 1000, por se tratar de uma tecnologia nova no mercado, ainda possui poucos estudos sobre sua eficácia, mas como apresentado no estudo, o aparelho apresentou a melhor precisão quando comparado aos demais equipamentos.

CONCLUSÃO

Não existe diferença estatística para a medição de altura de árvores quando se usa o clinômetro, o aplicativo Smart Tools em smartphone e o Dendrômetro Criterion RD1000.

O Dendrômetro mostrou-se sensivelmente mais preciso quando comparado ao Clinômetro e ao aplicativo Smart Tools.

A principal vantagem na utilização do Aplicativo está relacionada ao seu baixo custo de aquisição, tornando-o vantajoso em inventários florestais, uma vez que todos equipamentos apresentaram resultados satisfatórios.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H.G. 2009. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3ª edição. Viçosa, MG: Editora UFV. 548p.
- COUTO, H.T.Z.; BASTOS, N.L.M. Erros na medição das alturas em povoamentos de Eucalyptus em região plana. Piracicaba: IPEF – **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**. n.º.39, p21-31. 1988.
- CUNHA, U.S. da. **Dendrometria e inventário florestal**. Manaus, 2004, 61 p.
- FREITAS, A. G. de; WICHERT, M.C.P. Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o Criterion 400. **IPEF**, n. 188, 1998.
- GOOGLE PLAY. **Smart Tools – ferramentas, versão 1.7**. Desenvolvido por Android boy's Lab, 2020. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=kr.aboy.tools> Acessado em 06/06/2020.
- HAGLOF SWEDEN . **Haglöf EC II-D electronic clinometer to measure heights and inclination, and featuring distance calculation**. Disponível em:< <https://haglofsweden.com/project/ec-ii-d/>> Acessado em: 15/11/2020.
- LIMA, E.M. **Comparação de métodos de estimativa de volume para inventário florestal em um povoamento de eucalipto**. Aquidauana, 2013. Graduação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal) - Universidade Estadual de Mato grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana. 21p.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2ª Edição. Guarapuava: UNICENTRO, 2009. 316p.
- SCHIAVO, J. A.; PEREIRA, M. G.; MIRANDA, L. P. M.; DIAS NETO, A. H.; FONTANA, A. Caracterização e classificação de solos desenvolvidos de arenitos da formação Aquidauana-MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n.3, p. 881-889, 2010.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. Santa Maria: UFSM. 566p. 2008.
- TERRAGES. **Relascópio Digital RD1000**. Disponível em:<<https://www.terrages.pt/product/15/2/>> Acessado em: 15/11/2020.
- URBANO, E.; PEREIRA, P.R.; CACAU, F. V. P. **Atualidades em Mensuração Florestal**. 1. ed. Curitiba-PR: Ed. Ana Paula Dalla Corte [et al.], 2014. 58 p. Disponível em:< www.ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125183/1/LIVRO-ATUALIDADES-EM-MENSURACAO-FLORESTAL-2014.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2015.
- VONDER. **Trena de fibra longa, caixa aberta, com 30 m**. Disponível em:<<https://www.vonder.com.br/produto/>> Acessado em: 15/11/2020.