

## ERROS DE MEDIÇÃO DE ALTURA EM POVOAMENTOS DE *Eucalyptus* EM REGIÃO PLANA

HILTON THADEU ZARATE DO COUTO  
ESALQ-USP, Depto. de Ciências Florestais  
13400 - Piracicaba - SP

NELSON LUIZ MAGALHÃES BASTOS  
Cia. Suzano de Papel e Celulose  
08600 - Suzano - SP

**ABSTRACT** - New models as well as new makers of tree height altimeters require a continuous evaluation of the accuracy of these instruments. Height measurement errors are directly related to volume estimation of individual trees and consequently to forest stands. In this paper it was studied errors showed for five tree height altimeters suitable for using in Brazil because of low cost and easily handled (Blume-Leiss, Haga, Suunto, Haglof and Weise), four operators, three height classes (0 to 10m, 10 to 20m, and 20 to 30m) and three distances from the operator to tree (15, 20 and 30 m). This study was done in a ***Eucalyptus grandis*** plantation with 5 years of age in a flat terrain, located in the so called West Region of the Cia Suzano of Paper and Pulp. The factorial analysis showed that all tested factors (operators, instruments, distance from the operator to the tree and tree height classes) affected the extent of tree height measurement error. The instrument that showed lower error (-1,63%) was the Haga altimeter. Intermediate tree height class (10 to 20m) showed lowest error (-2,60%). It is presented the correction factor for each operator, instrument and distance from the operator to the tree.

**RESUMO** - A modificação dos modelos, assim como o surgimento de novas marcas justificam a contínua avaliação da precisão de instrumentos para medição da altura de árvores. Os erros de medição de altura influem diretamente na precisão da estimativa do volume de árvores individuais e consequentemente do povoamento florestal. Neste trabalho foram estudados os erros apresentados por 5 instrumentos de medição de altura (Blume-Leiss, Haga, Suunto, Haglof e Weise), 4 operadores, 3 classes de altura de árvores (0 a 10m; 10 a 20m e 20 a 30m) e 3 distâncias do operador à árvore (15, 20 e 30m). Este estudo foi conduzido em uma plantação de ***Eucalyptus grandis*** com 5 anos de idade em um terreno plano, localizado na região oeste da Cia Suzano de Papel e Celulose. A análise estatística fatorial dos dados mostrou que todos os fatores estudados (operadores, aparelhos, distância do operador à árvore e classe de altura das árvores) influenciaram na magnitude do erro da estimativa da altura da árvore. O aparelho que apresentou o menor percentual médio (-1,63%) foi o dendrômetro Haga, enquanto que as árvores de classe de altura intermediária (10 e 20m) mostraram menores erros percentuais. São apresentados os fatores de correção por operador, aparelho e distancia do operador à árvore.

### INTRODUÇÃO

O principal produto comercial oriundo das florestas exóticas de ***Eucalyptus*** é a madeira. O manejo florestal moderno requer o conhecimento da floresta e sua interação

com o meio, assim como do crescimento e dos produtos que podem ser obtidos para determinados fins (serraria, celulose, chapas, energia, etc.). A avaliação florestal e a dinâmica dos povoamentos só podem ser determinadas através de medições de amostras representativas dessas florestas. As principais variáveis utilizadas nesses estudos são o DAP (diâmetro à altura do peito) e a altura total, Ambas são correlacionadas com volume e massa, portanto com o rendimento em produto final, Num levantamento florestal existem diversas fontes de erro, os amostrais e os sistemáticos. Os erros amostrais estão diretamente relacionados com o sistema de amostragem utilizado na seleção de árvores para as equações de volume ou massa, relações hipsométricas e no tamanho, forma e seleção de parcelas. Os erros sistemáticos principais estão relacionados com medições de altura, DAP, densidade básica etc.

Das duas variáveis comumente utilizadas nos levantamentos florestais os erros na medição de DAP são mais importantes que na medição de altura.

O erro de 1 cm na medição de DAP corresponde a um máximo de 19%, enquanto que 1 m na medição da altura total da árvore corresponde a 14% no volume cilíndrico das mesmas árvores.

As duas variáveis são sujeitas a erros, tanto do instrumento como na operação de medição.

A diferença entre as duas medições é que no DAP as medições são diretas, e na altura as medições são indiretas, na árvore em pé.

Existem dois tipos de instrumentos para medição indireta das alturas das árvores, aqueles baseados nos princípios trigonométricos e nos princípios geométricos (LOETSCH et alii, 1973).

Os instrumentos baseados em princípios geométricos utilizam para medição de altura as relações existentes entre triângulos semelhantes nessa categoria a prancheta dendrométrica, o hipsômetro de Christen, o dendrômetro de Weise e o hipsômetro Haglof.

A base do princípio trigonométrico é a determinação de ângulo e dentre os instrumentos dessa categoria pode-se citar os dendrômetros Blume-Leiss, Haga, Suunto, Topcon e Nível de Abney. A Figura 1 ilustra os dois princípios citados.

Os principais erros na medição de altura estão relacionados com a árvore, instrumentos e observador.

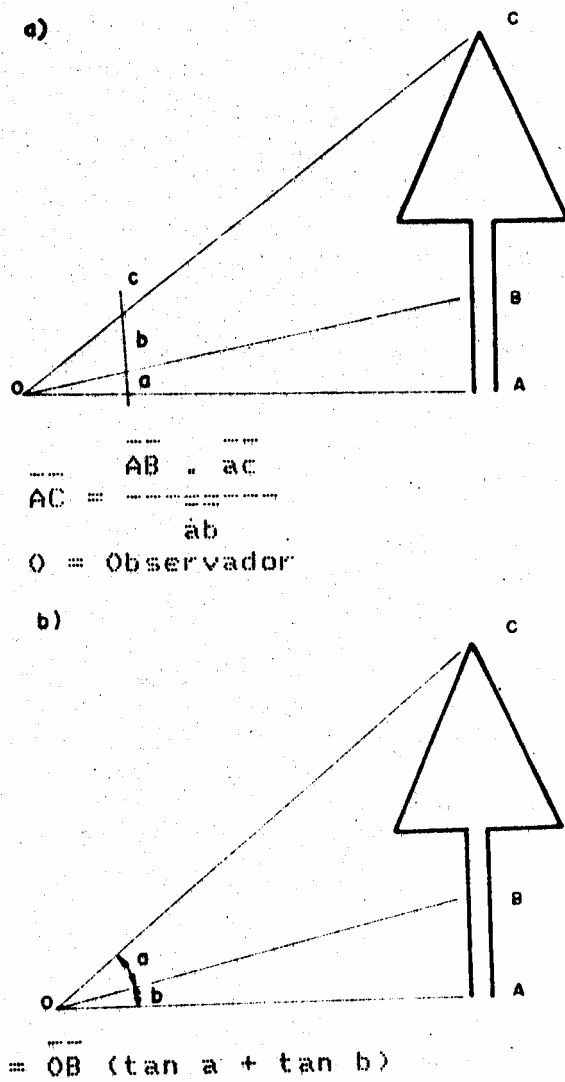
A altura total de uma árvore somente pode ser determinada se o topo e a base da árvore são visíveis simultaneamente. Em geral se recomenda que a distância do observador à árvore seja igual à altura a ser medida. A densidade do povoamento pode prejudicar a descoberta de um ponto ótimo de visada, dificultando o encontro do topo da árvore. A inclinação da árvore (principalmente na brotação de **Eucalyptus**) e a presença de ventos podem ocasionar erros de medição.

Os erros relacionados com o instrumento são em geral sistemáticos e devidos a defeitos de fabricação tanto no aparelho como nos prismas de localização de distância ("range finder"), negligências de manutenção e conservação. O dendrômetro Blume-Leiss, por exemplo, é sensível à umidade e defeitos no pêndulo de leitura.

O observador pode cometer erros devidos a defeitos de visão, treinamento inadequado e leituras equivocadas.

SIMÕES et alii (1967) estudaram a precisão de 4 aparelhos de medição de altura (Blume-Leiss, Haga, Weise e Prancheta Dendrométrica), operados por 4 observadores. Os observadores não detectaram variações dentro de cada aparelho exceto para a Prancheta Dendrométrica onde a diferença entre operadores foi altamente significativa. Os aparelhos que apresentaram resultados mais próximos da testemunha (árvores abatidas e medidas com a trena) foram o Blume-Leiss e o Weise.

O objetivo deste trabalho é estudar erros cometidos na medição de alturas de árvores de **Eucalyptus** em terrenos planos. Estudou-se os erros associados ao observador, instrumentos de medição, distância do observador à árvore e classe de altura e as interações



entre esses fatores para cada situação procurou-se fatores de correção visando diminuir os erros de medição.

**FIGURA 1:**  
**Princípios básicos da medição de alt**  
 a) princípio geométrico  
 b) princípio trigonométrico

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização da Área de Estudo

O estudo foi realizado em um talhão de **Eucalyptus grandis** em 1ª rotação, plantado no espaçamento 3,0 x 1,5 m na idade de 5 anos. Esse talhão está localizado na Gleba 12 C, pertencente à Cia. Suzano de Papel e Celulose, no município de São Miguel Arcanjo-Estado de São Paulo. A altitude média da região é de 700 m e o relevo suavemente ondulado. A umidade relativa média do ar é de 80%. O inventário realizado no talhão onde o estudo foi desenvolvido mostrou as seguintes informações silviculturais (média de 4 parcelas):

Altura média	19,41m
Coefficiente de variação de altura	16,75%
Altura média das árvores dominantes	23,31m
Número de árvores por hectare	2054
Incremento médio anual atual	77,03 st/ha ano
Incremento médio anual na idade de corte (6 anos)	67,47 st/ha ano

### **Instrumentos Estudados**

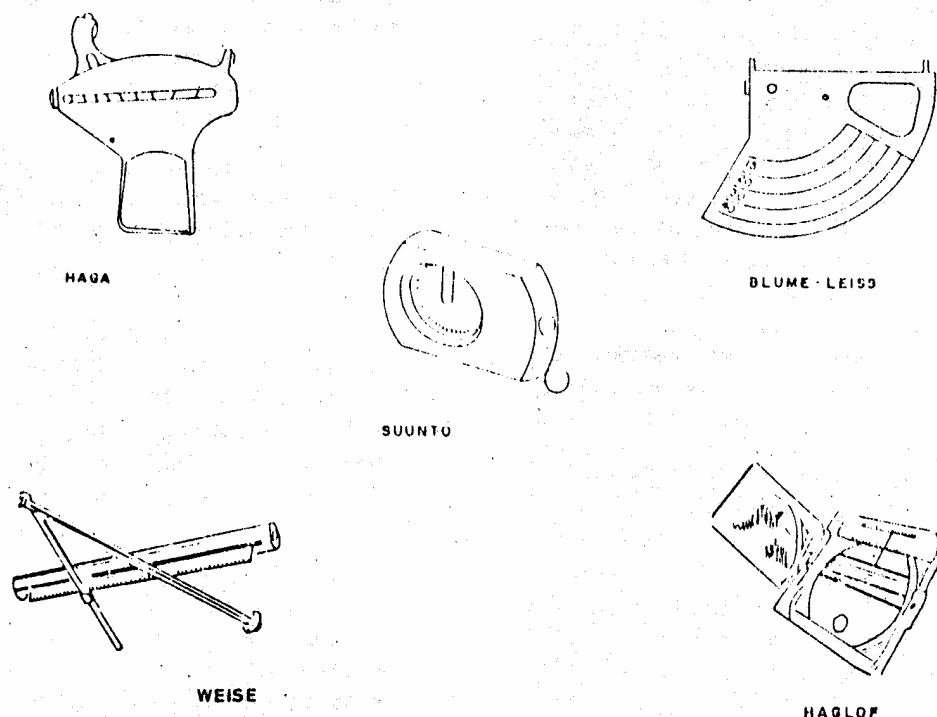
Foram testados 5 instrumentos de medição de altura que seriam mais adaptados às condições de trabalho no Brasil, pelo custo, facilidade de manuseio e tradição de uso (Figura 2).

Dois instrumentos testados (hipsômetro de Haglof e de Weise) possuem o princípio geométrico, e três o princípio trigonométrico (Blume-Leiis, Haga e Suunto). O hipsômetro Haglof é um instrumento importado que surgiu recentemente no mercado e possui como características principais a facilidade de uso, baixo custo em relação aos outros instrumentos importados, correção de declividade do terreno no próprio aparelho, e a presença de uma calculadora a bateria solar acoplada ao instrumento para o cálculo da altura. A distância do observador à árvore é variável e deve ser medida. Essa é uma vantagem, pois a localização do topo da árvore pode ser feita a uma distância conveniente e não exigida pelo instrumento.

O hipsômetro Weise foi fabricado por algum tempo no Brasil. É um instrumento robusto, com escala variável de meio em meio metro que depende da distância do observador à árvore. Não possui meios para correção da declividade do terreno.

O dendrômetro Blume-Leiss é constituído de um clinômetro com pêndulo que pode ser bloqueado no momento da tomada da altura da árvore. Possui quatro escalas graduadas para medição da altura e uma quinta para ângulos. As escalas de altura correspondem a distância do observador à árvore, e são 15, 20, 30 e 40 m. Esta distância pode ser medida com o auxílio de um prisma óptico e uma mira graduada. É um instrumento importado e amplamente utilizado no Brasil nos trabalhos de inventário florestal e coleta de dados de pesquisa.

**FIGURA 2: Aparelhos de medição de altura utilizados neste estudo.**



PARDE (1955) apresenta uma descrição do dendrômetro Blume-Leiss apontando um erro relativo de 1%, que é possível de ser suportado em trabalhos normais de medição de árvores.

Ao comparar o hipsômetro Blume-Leiss com o nível de Abney, VAN LAAR (1962) conclui serem ambos igualmente precisos, dando preferência ao Blume-Leiss por ser de fácil operação e apresentar um menor cansaço aos olhos do operador.

O hipsômetro Blume-Leiss é bastante estudado principalmente na França, onde BOUCHON (1967) comparou-o com outros instrumentos de medição de altura, como o relascópio de espelho de Bitterlich, o hipsômetro de Christen, o Telepododendrômetro e o dendrômetro de Baar e Stroud. Os dois últimos instrumentos são caros, de difícil manuseio e pouco utilizados. Ele conclui que tanto o relascópio como o Blume-Leiss apresentam características favoráveis para uso prático.

A vantagem que o dendrômetro Haga possui em relação ao Blume-Leiss é que somente a escala correspondente a distância escolhida é visível o que elimina o risco de erros de leitura. É praticamente idêntico ao Blume-Leiss, exceto pelas escalas de altura que são 15, 20, 25 e 30 m. A avaliação de precisão do dendrômetro Haga para medir povoamentos jovens de coníferas nos Estados Unidos foi feita por BEL & GOURLEY (1980). Ambos concluíram ser avara de alumínio graduada a melhor maneira de medir essas árvores por estarem com as copas fechadas e com problemas de visualização interna do topo das árvores. A menor precisão do dendrômetro Haga, seguida do nível de bolha (Abney).

O dendrômetro Suunto também chamado clinômetro ou altímetro Suunto é um instrumento contido em uma caixa de metal leve e resistente à corrosão e umidade. A escala móvel é imersa em líquido, hermeticamente fechada em uma cápsula de plástico. O líquido previne a vibração excessiva da escala no momento da leitura. Para a leitura da altura o

instrumento é mantido em um olho, com o qual se lê a escala. O outro olho é focado no topo ou base da árvore. O instrumento possui apenas duas escalas de 15 e 30 metros e prisma óptico para a determinação de distância.

LARSEN et alii (1987) estudaram o método da tangente na precisão da estimativa da altura das árvores, comparando-o com a medição através de uma vara graduada de alumínio. Como instrumento representativo do método de tangente selecionaram o clinômetro Suunto. O erro apresentado pelo referido aparelho é inferior a 4,2% da altura real para 80% das árvores medidas.

Uma descrição do dendrômetro Suunto e a comparação com o dendrômetro Blume-Leiss é feita por RONDEUX (1978). Conclui-se que o Suunto é muito comparável ao Blume-Leiss. O seu mérito é pelo formato de bolso, qualidade de visor óptico e robustez.

### **Fatores Estudados**

Foram escolhidos 4 operadores para a realização do estudo. A seleção foi feita entre sete operadores que compõem as equipes de inventário florestal pertencentes à Cia. Suzano de Papel e Celulose e que possuem prática na medição de altura de árvore de pelo menos 2 anos. 15, 20 e 30 m são as distâncias mais usadas para levantamentos em plantios de **Eucalyptus**, do observador até a árvore.

Essas distâncias foram usadas para todos os aparelhos exceto Suunto por apresentar apenas escalas para 15 e 20m. As árvores foram divididas em 3 classes de altura:

- 1 - menor que 10 m;
- 2 - de 10 a 20 m de altura;
- 3 - 20 a 30 metros.

Não foi permitida a comunicação entre os operadores durante a realização do trabalho, assim como o conhecimento do número da árvore selecionada.

Houve, portanto, 42 tratamentos e 5 árvores por tratamento, os tratamentos testados são apresentados na Tabela 1. Os tratamentos foram sorteados para cada operador visando diminuir as influências ambientais, de fixação e cansaço, sobre o estudo.

Os tratamentos 3, 12, 21, 27 e 36 não foram medidos, pois não foi possível encontrar o topo da árvore nas distâncias solicitadas. A classe de maior altura não pode ser medida na distância de 15 m do observador à árvore.

**TABELA 1 - Tratamentos testados para avaliação do erro de medição de altura**

<b>Tratamento</b>	<b>Aparelho</b>	<b>Distância do operador a árvore</b>	<b>Classe de altura</b>
01	Blume-Leiss	15m	01
02	Blume-Leiss	15m	02
03	Blume-Leiss	15m	03
04	Blume-Leiss	20m	01
05	Blume-Leiss	20m	02
06	Blume-Leiss	20m	03
07	Blume-Leiss	30m	01
08	Blume-Leiss	30m	02
09	Blume-Leiss	30m	03
10	Haglof	15m	01
11	Haglof	15m	02
12	Haglof	15m	03
13	Haglof	20m	01
14	Haglof	20m	02
15	Haglof	20m	03
16	Haglof	30m	01
17	Haglof	30m	02
18	Haglof	30m	03
19	Suunto	15m	01
20	Suunto	15m	02
21	Suunto	15m	03
22	Suunto	20m	01
23	Suunto	20m	02
24	Suunto	20m	03
25	Haga	15m	01
26	Haga	15m	02
27	Haga	15m	03
28	Haga	20m	01
29	Haga	20m	02
30	Haga	20m	03
31	Haga	30m	01
32	Haga	30m	02
33	Haga	30m	03
34	Weise	15m	01
35	Weise	15m	02
36	Weise	15m	03
37	Weise	20m	01
38	Weise	20m	02
39	Weise	20m	03
40	Weise	30m	01
41	Weise	30m	02
42	Weise	30m	03

\*Classes de altura  
1 -  $0 < \text{altura} < 10$  m  
2 -  $10 < \text{altura} < 20$  m  
3 -  $20 < \text{altura} < 30$  m

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os trabalhos de campo, onde todas as árvores por classe de altura (CLAS-ALT) foram medidas por todos os 4 operadores (OPERADOR) com os 5 aparelhos (APARELHOS) nas diferentes distâncias do operador à árvore (DIST-OP), as mesmas foram abatidas para determinação da altura real. Para cada observação foi determinado o erro absoluto, acrescido da unidade e multiplicado por 100. Após foi calculado o logaritmo neperiano dessa variável que foi chamada de ERROTRS .

Essa variável foi usada para a análise de variância, pois apresenta valores positivos, não traz problemas de precisão por não ser um número muito pequeno e mostra baixo coeficiente de variação experimental. Processou-se uma análise de variância com os 4 fatores estudados, e apenas as interações duplas por apresentarem interpretações úteis. A primeira análise fatorial é apresentada na Tabela 2.

Essa análise mostra alta significância para os quatro fatores estudados e para a interação DIST-OP \* CLAS-ALT.

Apenas as interações OPERADOR \* DIST-OP e APARELHO \* DIST-OP não apresentaram significância estatística inferior a 5% de probabilidade. Isto mostra a influência do operador, aparelho, distância do operador à árvore e classe de altura nos erros de medição de altura. O teste de comparação de médias (teste Duncan) encontrado na Tabela 3 para os 4 fatores estudados, mostra que ao nível de 5% o operador 4 difere dos demais, assim como o HAGA dos demais aparelhos. O operador de menor erro percentual médio apresentou um erro que variou de (-18,03%) a 9,65%.

A maior amplitude foi para o operador 3, ou seja, variou de -17,58% a 14,75%.

O erro médio percentual foi inferior para o aparelho Haga, seguido do Suunto, Blume-Leiss, Haglof e Weise. HUSCH et alii (1982), afirmaram que em geral os hipsômetros cujos princípios são baseados em determinações de ângulos são mais precisos que os hipsômetros baseados em similaridade de triângulos.

A distância intermediária (20m) entre o operador e a árvore, o erro percentual médio foi o de menor valor, assim como a classe de altura 2 (entre 10 e 20m) mostrou menores erros. Os maiores erros percentuais são obtidos nas menores alturas reais.

Para a classe de menor altura (entre 0 e 10m) o erro percentual variou de (-19,59%) a 14,75% o que pode ser considerado alto para uma previsão de um inventário de 5% de erro, normalmente usado no Brasil. As interações da Tabela 2 mostram que para cada operador, os aparelhos se comportam diferentemente, indicando que cada operador se adapta mais facilmente com determinados aparelhos influenciando no erro final. Para cada operador, as distâncias à árvore mostraram-se com o mesmo grau de precisão, o mesmo acontecendo para cada aparelho isto significa que a visão do topo e base da árvore foi encontrada e definida com a mesma acuidade para todos os operadores. Como as escalas dos aparelhos são corrigidas para cada distância do operador à árvore não houve influência negativa dessa correção.

**TABELA 2 - Resultados da análise de variância fatorial completa para a variável ERROTRS.**

<b>Causas de variação</b>	<b>GL</b>	<b>F</b>	<b>Significância</b>
Operador	3	17,53	0,0001
Aparelho	4	9,26	0,0001
Dist-op	2	7,56	0,0006
Clas-alt	2	57,81	0,0001
Operador*Aparelho	12	1,90	0,0310
Operador*Dist-op	6	1,58	0,1513
Operador*Clas-alt	6	0,32	0,0316
Aparelho*Dist-op	7	0,88	0,5211
Aparelho*Clas-alt	8	2,22	0,0241
Dist*clas-alt	3	4,23	0,0056
Resíduo	681	-	-

C V experimental = 5,34%.

DIST-OP = distância do operador à árvore (15,20 e 30 m).

CLAS-ALT = classe de altura (0-10, 10-20 e 20-30 m).

A influência da distorção visual ao avaliar a altura da árvore é mostrada pela significância da interação operador e classe de altura das árvores. Alguns operadores apresentam erros maiores em determinadas classes e menores em outras enquanto que outros apresentam resposta contrária.

Foram estudados os fatores dentro de cada aparelho, através das análises de variâncias da Tabela 4.

Dependendo do aparelho, as diferenças entre operadores foram significativas ou não. O Suunto foi o aparelho que mostrou que o erro cometido pelos operadores é estatisticamente igual. Exceto para o Weise e Blume-Leiss, os demais aparelhos não mostraram serem influenciados pela distância do operador à árvore. Os erros apresentados pelos aparelhos diferem de acordo com a classe de altura.

Destaca-se o Haga que apresenta baixos erros médios percentuais para as classes de altura 3(-0,36%) e 2(-0,40%) como mostra a Tabela 5. Ainda as interações duplas apresentadas na Tabela 4 não mostraram significâncias para o Haga e Suunto, o que é um resultado favorável para os dois aparelhos, pois são mais estáveis e portanto menos sujeitos a erros.

A Tabela 6 mostra para cada classe de altura o comportamento relativo dos outros fatores estudados. Dependendo da classe de altura medida, os erros cometidos pelos operadores são diferentes estatisticamente. Ou seja em cada classe há diferença entre os operadores com relação ao erro de medição. Essa significância é mais acentuada (0,0001 de probabilidade) na classe de altura 1. Isto é, explicado pelo fato da classe 1 ser a mais sujeita a erros percentuais. Um erro de 1 metro numa árvore de 10 m de altura é maior percentualmente que o mesmo erro em árvores de 20 ou 30 m de altura.

Os aparelhos apresentam os mesmos erros percentuais médios para as árvores de classe 1. Para as demais classes esses erros foram significativamente diferentes para aparelhos. Para árvores acima de 10 m de altura a escolha do aparelho é importante para a medição das árvores.

A distância do operador à árvore apresenta erros significativamente diferentes na classe 3, ou seja, árvores de maior altura. Os erros são menores quando a distância entre o operador e a árvore é maior. LOETSCH et alii (1973) sugerem como regra prática que a

distância do observador à árvore seja no mínimo igual à altura a ser medida. Essa sugestão condiz com os resultados obtidos.

A Tabela 7 mostra os erros médios percentuais dos tratamentos DIST-OP, OPERADOR e APARELHO dentro de cada classe de altura. Em todas as classes de altura o operador 4 se destaca por apresentar os menores erros. Para a classe 1 pode-se recomendar os dendrômetros Haga e Suunto para medição de altura, pois não apresentam diferenças estatisticamente significativas o mesmo acontece com a classe 2.

Na classe 3 (árvores acima de 20 m), apenas o Haga pode ser indicado pelos baixos erros apresentados.

A Tabela 8 mostra que dentro de cada distância do operador à árvore houve diferenças estatísticas entre os operadores, aparelhos e classes de altura. Isto significa que para cada distância existem operadores mais e menos eficientes. Alguns aparelhos apresentam menores erros e outros maiores erros em cada distância. O Haga apresenta os menores valores de erros percentuais para todas as distâncias do operador à árvore. Os aparelhos Weise e Haglof apresentam os maiores erros percentuais, exceto para a distância de 30 m quando o Weise apresentou erros inferiores ao Blume-Leiss (Tabela 9).

Foi realizado um estudo junto com os operadores para averiguar a facilidade de manuseio e rapidez dos 5 aparelhos testados.

Cada operador atribuiu uma nota de a 3 (1 = bom, 2 = regular e 3 = ruim) para cada instrumento e para cada uma das características estudadas (rapidez e facilidade de manuseio). A facilidade de manuseio apresentou um índice 4,0 (bom) para o Blume-Leiss e Suunto, 6,0 para O Haga, 8,0 para o Haglof e 11,0 para o Weise, sendo este último o de maior dificuldade para manuseio. Em relação a rapidez, o Blume-Leiss e Suunto apresentaram a melhor nota (4,0) seguida de perto pelo Haga (5,0), o Haglof (10,0) e o Weise (11,0). Deve-se ressaltar que os operadores utilizam o Blume-Leiss rotineiramente em seus trabalhos de campo.

Uma vez definida as influências principais na determinação da altura da árvore e detectadas as diferenças entre os diferentes fatores, o próximo passo foi o estudo de sistemas de correção. Em geral quando se mede altura de árvores em povoamentos florestais tanto para pesquisa como para inventários florestais escolhe-se um operador, um instrumento e dependendo da altura média das árvores uma distância do observador à árvore. Então para cada uma dessas condições deve-se também escolher um índice de correção para aproximar os dados obtidos através de métodos indiretos de medição e os dados reais. Na Tabela 10 são mostrados os valores de correção da altura obtidos através de regressão entre altura e altura real. Os valores desses fatores são pequenos, mas o estudo de regressão mostrou que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) são todos aproximadamente 1 ou seja superiores a 0,99 e altamente significativas através do teste F. Apesar dos valores parecerem baixos pode-se corrigir uma árvore de 20 m de altura através do fator 10643 em 1,29 metros. Por outro lado o fator 09963 corrige a altura da mesma árvore em (-0,07) m, ou seja 7 cm. Portanto, para cada situação deve-se usar uma correção.

O presente trabalho traz uma série de mudanças em conceitos antes definidos como absolutos no Brasil, ou seja, de uso do dendrômetro Blume-Leiss como o instrumento de maior precisão. Neste estudo o dendrômetro Haga ao lado do Suunto se mostrou o mais preciso e mais estável em produção de medidas corretas. Esse estudo necessita de uma série de complementações como ser repetido em áreas declivosas e verificar a precisão de diferentes instrumentos de uma mesma marca. Esses estudos devem complementar os resultados deste trabalho de modo a conduzir as conclusões definitivas sobre aparelhos de medição de altura no Brasil.

**TABELA 3 - Comparação dos erros percentuais médios entre operador (OPERADOR), instrumentos (APARELHO), distância do operador à árvore (DIST-OP) e classe de altura (CLAS-ALT).**

APARELHO	MÉDIA	APARELHO	MÉDIA
1	-4.86 A	HAGLOF	-4.80 A
2	-4.54 A	WEISE	-4.13 A
3	-3.94 A	BLUME-LEISS	-4.09 AB
4	-1.24 B	SUUNTO	-3.37 B
DIST-OP	MÉDIA	CLAS-ALT	MÉDIA
30	-3.81 A	1	-4.84 A
15	-3.60 B	3	-3.35 B
20	-3.46 B	2	-2.60 C

\* as médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo Teste Duncan.

Clas-Alt 1 = 0 - 10 m  
 2 = 10 - 20 m  
 3 = 0 - 30 m

**TABELA 4 - Resultados da análise de variância fatorial para os cinco aparelhos para a variável ERROTRS.**

Causas de Variação	BLUME-LEISS			HAGA			HAGLOF			WEISE			SUUNTO		
	g.l.	F	Signif	g.l.	F	Signif	g.l.	F	Signif	g.l.	F	Signif	g.l.	F	Signif
Operador	3	9.34	0.0001	3	2.37	0,0734	3	6.55	0.0004	3	3.22	0.0251	3	1.09	0.3586
Dist-Op	2	2.91	0.0579	2	1.76	0.1767	2	1.13	0.3249	2	4.78	0.0099	1	0.25	0.6160
Clas-Alt	2	13.95	0.0001	2	3.55	0.0317	2	6.50	0.0021	2	27.13	0.0001	2	14.75	0.0001
Operador*Dist-Op	6	0.64	0.6948	6	0.57	0.7520	6	1.00	0.4280	6	0.59	0.7356	3	0.45	0.7206
Operador*Clas-Alt	6	0.70	0.6509	6	0.93	0.4788	6	2.28	0.0400	6	2.64	0.0191	6	0.24	0.9636
Dist-Op*Clas-Alt	3	3.11	0.0287	3	0.42	0.7394	3	0.62	0.6015	3	2.26	0.0848	1	0.92	0.3402
Operador*Dist-Op*Clas-Alt	9	0.39	0.9379	8	0.91	0.5140	9	0.29	0.9762	9	0.68	0.7271	3	0.30	0.8223
C.V. experimental(%)	5.41			4.84			6.30			5.10			5.42		

**TABELA 5 - Comparação de erros percentuais médios para os cinco aparelhos entre operadores (OPERADOR), distância de operador à árvore (DIST-OP) e classe de altura (CLAS-ALT)**

APARELHO	OPER	MÉDIA	DIST-OP		CLAS-ALT	MÉDIA
BLUME- LEISS	1	-5.59 A	20	-4.53 A	1	-5.45 A
	2	-5.37 A	30	-4.12 AB	3	-3.97 B
	3	-5.22 A	15	-3.37 B	2	-2.81 C
	4	-0.17 B				
HAGA	2	-3.72 A	15	-2.23 A	1	-3.60 A
	1	-3.16 A	20	-1.94 A	2	-0.40 AB
	3	-0.57 A	30	-0.95 A	3	-0.36 B
	4	+0.74 B				
HAGLOF	1	-7.77 A	30	-5.10 A	1	-6.79 A
	3	-5.97 A	15	-4.69 A	3	-3.92 A
	2	-3.83 A	20	-4.58 A	2	-3.39 B
	4	-1.63 B				
WEISE	2	-4.86 A	20	-4.99 A	3	-4.79 A
	3	-4.84 AB	15	-4.14 B	1	-4.15 B
	1	-4.03 B	30	-3.27 B	2	-3.68 C
	4	-2.80 B				
	2	-5.17 A	15	-3.54 A	3	-4.11 A
	1	-2.74 A	20	-3.24 A	2	-2.49 B
	4	-2.97 A				
	3	-2.75 A				

OBS: APAR = APARELHO

OPER = OPERADOR

\* as médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste Duncan

Clas-Alt 1 = 0 - 10 m

2 = 10 - 20 m

3 = 20 - 30 m

**TABELA 6 - Resultados da análise de variância fatorial para Clas-Alt para a variável ERROTRS.**

Causas de Variação	CLAS-ALT								
	1			2			3		
	gl	F	Signif.	gl	F	Signif.	gl	F	Signif.
Operador	3	7.79	0.0001	3	4.93	0.0025	3	6.54	0.0004
Aparelho	4	1.93	0.1066	4	3.84	0.0049	4	4.60	0.0016
Dist-Op	2	0.51	0.6028	2	0.70	0.4974	1	10.01	0.0019
Operador*Aparelho	12	1.74	0.0597	12	1.12	0.3445	12	1.27	0.2438
Operador*Dist-Op	6	0.75	0.6069	6	2.08	0.0570	3	0.31	0.8145
Aparelho*Dist-Op	7	0.92	0.4934	7	0.67	0.6946	3	1.19	0.3157
Operador*Aparelho*Dist-Op	21	0.45	0.9839	20	0.78	0.7398	9	0.24	0.9882
C.V. experimental (%)	4.67			4.99			6.89		

Clas-Alt = classe de altura  
 1 = 0 - 10 m  
 2 = 10 - 20 m  
 3 = 20 - 30 m

**TABELA 7 - Comparação dos erros percentuais médios para as três classes de altura (CLAS-ALT) entre operador (OPERADOR), instrumento (APARELHO) e distância do operador à árvore (DIST-OP).**

CLAS-ALT	OPER.	MÉDIA	DIST-OP	MÉDIA	APARELHO	MÉDIA
1	1	-7.35 A	30	-5.27 A	HAGLOF	-6.79 A
	2	-6.59 AB	15	-4.80 A	BLUME-LEISS	-5.45 A
	3	-3.84 B	20	-4.53 A	WEISE	-4.15 AB
	4	-1.57 C			SUUNTO	-3.87 B
2	3	-3.60 A	20	-3.01 A	HAGA	-3.60 B
	2	-2.98 A	15	-2.39 A	WEISE	-3.60 B
	1	-2.79 A	30	-2.37 A	HAGLOF	-3.39 A
	4	-1.05 B			BLUME-LEISS	-2.81 AB
3	3	-4.64 A	20	-3.84 A	SUUNTO	-2.49 B
	1	-3.96 A	30	-2.74 B	HAGA	-0.41 B
	2	-3.80 A			WEISE	-4.78 A
	4	-1.02 B			SUUNTO	-4.11 A
					BLUME-LEISS	-3.97 A
					HAGLOF	-3.93 A
					HAGA	-0.36 B

OBS.: OPER = OPERADOR

\* as médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo Teste Duncan.

Clas-Alt  
 1 = 0 - 10 m  
 2 = 10 - 20 m  
 3 = 20 - 30 m

**TABELA 8 - Resultados da análise de variância fatorial para DIST-OP para a variável ERROTRS.**

Causas de Variação	CLAS-ALT								
	15			20			30		
	gl	F	Signif.	gl	F	Signif.	gl	F	Signif.
Operador	3	5.20	0.0019	3	7.04	0.0001	3	6.88	0.0002
Aparelho	4	2.09	0.0851	4	4.71	0.0011	3	4.54	0.0042
Dist-Op	1	19.23	0.0001	2	47.44	0.0001	2	6.09	0.0027
Operador*Aparelho	12	0.85	0.5996	12	1.55	0.1059	9	0.68	0.7223
Operador*Dist-Op	3	1.52	0.2111	6	0.82	0.5539	6	1.36	0.2335
Aparelho*Dist-Op	4	0.22	0.9269	8	1.96	0.0517	6	0.68	0.6676
Operador*Aparelho*Dist-Op	12	0.81	0.6373	23	0.70	0.8430	18	0.93	0.5397
C.V. experimental (%)	4.84			5.48			5.87		

**TABELA 9 - Comparação dos erros percentuais médios para as três distâncias do operador à árvore (DIST-OP), entre operador (OPERADOR), instrumento (APARELHO) e classe de altura (CLAS-ALT).**

CLAS-ALT	OPER.	MÉDIA	DIST-OP	MÉDIA	APARELHO	MÉDIA
15	2	-4.30 A	1	-4.80 A	HAGLOF	-4.69 A
	1	-4.27 A	2	-2.39 B	WEISE	-4.15 AB
	3	-3.61 A			SUUNTO	-3.54 AB
	4	-2.20 B			BLUME-LEISS	-3.37 AB
20	1	-4.99 A	1	-4.53 A	HAGA	-2.23 B
	3	-4.48 A	2	-3.85 B	WEISE	-4.99 A
	2	-4.17 A	3	-3.01 C	HAGLOF	-4.58 AB
	4	-1.65 B			BLUME-LEISS	-4.12 AB
30	2	-5.21 A	1	-5.27 A	SUUNTO	-3.25 BC
	1	-5.19 A	2	-2.74 AB	HAGA	-1.94 C
	3	-3.53 A	3	-2.38 B	WEISE	-3.27 A
	4	+0.09 B			HAGA	-095 B

OBS.: OPER. = OPERADOR

\* as médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo Teste Duncan.

Clas-Alt 1 = 0 - 10 m  
 2 = 10 - 20 m  
 3 = 20 - 30 m

**TABELA 10 - Fatores de correção da altura observada através dos aparelhos para altura real.**

OPERADOR	APARELHO	FATOR DE CORREÇÃO		
		DISTÂNCIA DO OPERADOR À ÁRVORE		
		15	20	30
1	Blume-Leiss	1.0334	1.0590	1.0558
1	Haga	1.0046	1.0190	1.0104
1	Haglof	1.0578	1.0643	1.0493
1	Weise	1.0252	1.0471	1.0337
1	Suunto	1.0082	1.0275	-
2	Blume-Leiss	1.0257	1.0518	1.0425
2	Haga	1.0352	1.0204	1.0146
2	Haglof	0.9963	1.0181	1.0463
2	Weise	1.0421	1.0647	1.0467
2	Suunto	1.0525	1.0511	-
3	Blume-Leiss	1.0504	1.0582	1.0399
3	Haga	0.9920	1.0012	1.0033
3	Haglof	1.0728	1.0742	1.0545
3	Weise	1.0633	1.0835	1.0468
3	Suunto	1.0405	1.0363	-
4	Blume-Leiss	0.9980	1.0087	1.0021
4	Haga	0.9970	0.9884	0.9919
4	Haglof	1.0270	1.0127	1.0107
4	Weise	1.0318	1.0378	1.0096
4	Suunto	1.0293	1.0271	-

NOTA: o fator de correção é o fator que multiplicado pela altura observada através de medição de campo fornece a altura real total da árvore.

### CONCLUSÕES

a) Todos os fatores estudados (operador, aparelho, distância do operador à árvore e classe de altura das árvores) influenciam na magnitude do erro da estimativa da altura da árvore.

b) Dependendo da classe de altura das árvores os aparelhos apresentam erros diferentes, ou seja, existe interação significativa entre aparelho e classe de altura .

c) À medida que o operador se afasta da distância ideal de medição da árvore os erros aumentam.

d) Cada operador apresenta erros maiores ou menores em relação ao aparelho utilizado, ou seja, o operador interage diferentemente com cada aparelho.

e) O Haga foi o instrumento que apresentam o menor erro percentual médio, ou seja -1,63% .

f) Três operadores apresentaram respostas idênticas estatisticamente sendo que o quarto operador além de apresentar o menor erro percentual diferiu dos demais.

g) O menor erro se deu em árvores de classe de altura intermediária (entre 10 e 20 m) sendo o maior erro na classe superior (acima de 20 m).

h) A distância do observador à árvore que apresentou o menor erro percentual foi 20 metros .

i) Os aparelhos que apresentaram maior rapidez e facilidade de manuseio foram o Blume-Leiss e o Suunto .

j) Os fatores de correção para erros sistemáticos de medição de altura devem ser feitos par operador, aparelho e distância do operador à árvore .

k) Os instrumentos Suunto e Haga não mostraram influência do operador no manuseio, ou seja, os operadores apresentaram o mesmo erro percentual médio quando usaram os referidos instrumentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BELL, J.F. & GOURLEY, R. Assessing the accuracy of sectional pole, Haga altimeter and alti- level for determining total height of young coniferous stands. **Southern journal of applied forestry**, Washington, 4(3): 136-8, 1980.

BOUCHON, J. Comparation de 5 dendrometres pour les mesures de hauters d'arbres. **Revue forestiere française**, Nancy, 19(4): 256-78, 1967.

HUSCH, B. et alii. **Forest mensuration**. 3.ed. New York, John Wiley, 1982. 402p.

LARSEN, D.R. et alii. Accuracy and precision of tangent method of measuring tree height. **Western journal of applied forestry**, 2(1): 26-8, 1987.

LOETSCH, F. et alii. **Forest inventory**. Munich, Verlagsgesellschaft, 1973. 469p.

PARDÉ, J. Un dendrometre pratique et efficace: le dendrometre Blume-Leiss. **Revue forestiere française**, Nancy, 7(3): 207-10, 1955.

RONDEAUX, J. Le dendrometre Suunto. **Revue forestière française**, Nancy, 30(5): 387-91, 1978.

SIMOES, J.W. et alii. Eficiência dos aparelhos e influência do operador na medição de altura total das árvores. **O solo**, Piracicaba, 59(2): 57-63, 1967.

VAN LAAR, A. A comparative test of accuracy and efficiency of two hypsometers. **South African forestry journal**, Johannesburg, 43: 22-5, 1962.

# **Um nome se faz com um bom papel e muita fibra.**

*A Cia. Suzano de Papel e Celulose é a maior fabricante integrada de celulose de fibra curta, papel e cartão do País, parte do 12.º grupo econômico privado nacional.*

*Sempre se dedicando à pesquisa, com a finalidade de desenvolver recursos naturais de origem nacional e visando a melhoria da qualidade de seus produtos, a Cia. Suzano foi a pioneira mundial a utilizar, em escala industrial, 100% de celulose de eucalipto na produção de papel.*

*Além da celulose, a Cia. Suzano produz uma grande variedade de papéis de alta qualidade para impressão e escrita, cartões para embalagens, papéis couché e industriais, exportando-os para mais de 40 países, em cinco continentes.*

*Hoje, o nome da Cia. Suzano é sinônimo da qualidade de seus produtos.*



Cia. Suzano de Papel e Celulose

