

O uso do dendrômetro "Criterion" para quantificação do volume por método não destrutivo



ISSN 1980-3958
Dezembro, 2015

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 288

O uso do dendrômetro “Criterion” para quantificação do volume por método não destrutivo

*Denise Jeton Cardoso
Jorge Ribaski*

Embrapa Florestas
Colombo, PR
2015

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,

83411-000, Colombo, PR - Brasil

Caixa Postal: 319

Fone/Fax: (41) 3675-5600

www.embrapa.br/florestas

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê Local de Publicações

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos

Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida

Membros: Elenice Fritzsos, Giselda Maia Rego,

Ivar Wendling, Jorge Ribaski, Luis Claudio Maranhão Froufe,

Maria Izabel Radomski, Susete do Rocio Chiarello Penteadó,

Valderes Aparecida de Sousa

Revisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos

Normalização bibliográfica: Francisca Rasche

Editoração eletrônica: Luciane Cristine Jaques

1ª edição - versão digital (2015)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Cardoso, Denise Jeton.

O uso do dendrômetro "Criterion" para quantificação do volume por método não destrutivo [recurso eletrônico] / Denise Jeton Cardoso, Jorge Ribaski. - Dados eletrônicos. - Colombo : Embrapa Florestas, 2015. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 288)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

Título da página da web (acesso em 30 dez. 2015).

1. Dendrometria. 2. Instrumento de medida. 3. Manejo florestal. I. Ribaski, Jorge. II. Título. III. Série.

CDD 634.9285 (21. ed.)

© Embrapa 2015

Autores

Denise Jeton Cardoso

Engenheira Florestal, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Jorge Ribaski

Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Apresentação

Tradicionalmente em inventários florestais, as equações para estimativa de volume das árvores são ajustadas utilizando-se dados de árvores que são derrubadas e medidas a diversas alturas do fuste, para determinação de seu volume (cubagem rigorosa). No entanto existem situações em que não se pode derrubar as árvores, e neste caso é necessário o uso de equipamento especial para medição. Um destes equipamentos é o dendrômetro Criterion RD1000, medidor a laser, que permite, entre outras funcionalidades, coletar diâmetros de uma árvore em diferentes alturas do fuste, para possibilitar o cálculo de seu volume com boa precisão, sem a necessidade de derrubá-la.

O correto uso do dendrômetro Criterion exige um bom conhecimento de seu funcionamento e para isto, o presente documento pretende facilitar o trabalho do usuário, apresentando de maneira ilustrada os passos para medir diâmetros e alturas de árvores em pé. Também é apresentada uma demonstração prática das medições de duas árvores de *Eucalyptus* sp, em plantio puro e em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), mostrando a diferença da forma do fuste de árvores de mesmo DAP (diâmetro a altura do peito) nestas duas condições.

Este equipamento é ainda pouco utilizado nas empresas e no meio acadêmico e espera-se, com o maior conhecimento sobre suas funcionalidades, que possa ser mais utilizado e que possa contribuir com o avanço de pesquisas e de trabalhos técnicos wque envolvem medições de árvores.

Boa leitura!

Sergio Gaiad

Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento

Sumário

Introdução	9
Revisão de literatura	12
Como usar o dendrômetro para quantificar volume	14
Exemplo de tomada de medidas com o dendrômetro	21
Considerações finais	25
Referências	26

Introdução

As metodologias e equipamentos utilizados em inventários florestais avançam na busca por alternativas de medição que não necessitem da derrubada de árvores para quantificação do volume de madeira, necessário para o ajuste de equações de volume e de afilamento.

O método tradicional de quantificação de volume em inventários florestais requer que sejam amostradas algumas árvores representativas da distribuição diamétrica da população. Cada árvore amostra é derrubada e mede-se o diâmetro à altura do peito (DAP), a altura total e o diâmetro em diferentes alturas do fuste, para quantificar o volume e conhecer sua forma. Para isso se utiliza o coeficiente de forma, que é a razão entre o volume da árvore (ou de uma parte da árvore) e o volume de um cilindro padrão com a mesma altura da árvore e com um diâmetro selecionado para referência (em geral o DAP).

A base de dados gerada pelo conjunto de árvores medidas é utilizada para o ajuste de equações de volume, que tem como variáveis independentes o DAP e a altura total, e para o ajuste de equações de afilamento. Neste caso, a variável dependente é o diâmetro a uma determinada altura e as variáveis independentes são diferentes potências desta altura em que o diâmetro foi medido na forma relativa à altura total. A integral da equação de afilamento fornece o volume para diferentes tipos de uso (laminação, serraria, celulose, energia), conforme o diâmetro mínimo preestabelecido. Dessa forma, pode-se estimar o volume de madeira em diferentes talhões de plantações florestais.

Este procedimento é relativamente simples e normalmente utilizado em empresas florestais. No entanto, quando não se pode cortar as árvores, como em florestas nativas ou em sistemas agrossilvipastoris, em situações que possam comprometer a qualidade do sistema como um todo, deve-se lançar mão de outros procedimentos, como buscar

equações na literatura, fazer estimativas por imagens ou utilizar um equipamento que permita medição da árvore sem derrubá-la.

Entre os inúmeros equipamentos utilizados para medir árvores em pé está o dendrômetro “Criterion RD 1000”, medidor a laser, que permite coletar diâmetros de uma árvore em diferentes alturas do fuste, para possibilitar o cálculo de seu volume com boa precisão, sem a necessidade de derrubá-la.

Seu antecessor, o “Criterion RD400” foi lançado em 1992 após alguns anos de testes. A empresa que o produziu foi a primeira a reunir em um único equipamento, portátil e leve, as funções coletor de dados eletrônico, sensor para medir inclinação e para medição de distância com a tecnologia laser (CLARKE, 2012).

A versão RD 1000 possui as seguintes funcionalidades:

1. Determina o diâmetro de uma árvore a partir de uma altura informada.
2. Possibilita a determinação da altura na qual um diâmetro específico ocorre.
3. Controla a distância limite para árvores questionáveis, fronteiriças e determina se elas estão dentro ou fora de uma unidade amostral circular de inventário florestal.
4. Mede a inclinação do terreno a partir de uma porcentagem de inclinação.

Uma das características originais desse equipamento é uma fileira de diodos emissores de luz (LEDs) no espaço de visão, que pode ser vista tanto como “uma barra contínua / sólida” ou como “uma barra aberta / de espaço vazio”, definida por segmentos vermelhos iluminados em cada extremidade. A barra de escala de “espaço vazio” (Figura 1a) parece trabalhar melhor na modalidade do diâmetro, porém pode-

se alterar a iluminação da escala de medida do LED para "espaço do sólido" (Figura 1b).

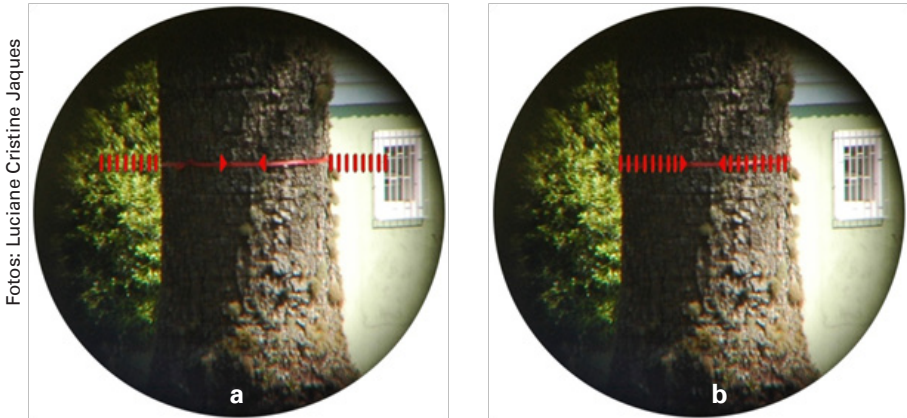


Figura 1. Barra de escala no visor do dendrômetro "espaço vazio" (a) e "espaço do sólido" (b).

Outra característica é a leitura direta da inclinação do terreno, das alturas e dos diâmetros das árvores exibida à direita no visor óptico, atualizada continuamente quando os controles são ajustados.

O equipamento possibilita a medição de diâmetro na amplitude de 5 a 254 cm, do fator de área basal de 0,2 a 29,1 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ e da inclinação de aproximadamente 90° . A precisão para medições de diâmetro é de ± 6 mm para 24 m de distância e para medições de inclinação é de $\pm 0,1^\circ$.

O presente trabalho visa mostrar o funcionamento do Criterion RD 1000 especificamente para medir diâmetros e alturas de árvores em pé, sendo apresentada a sequência de procedimentos para utilizá-lo. Também é apresentada uma demonstração prática das medições, considerando dados de duas árvores de *Eucalyptus* sp., em plantio puro e em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF).

Revisão de literatura

Segundo pesquisa histórica apresentada por Brickell (1976) o "*Zeiss Teletop*" foi o primeiro dendrômetro óptico, com telêmetro de comprimento de base variável. Segundo esse autor, algumas variações de modelo surgiram, até que em 1947, Hummel e Laurie da *British Forestry Commission* avaliaram a possibilidade de usar um telêmetro óptico para medir diâmetros. A empresa Barr and Stroud Ltd, de Glasgow, Escócia, desenvolveu um dendrômetro baseado em um telêmetro usado originalmente para artilharia. A partir daí surgiram os modelos F.P.7, F.P.9, F.P.12 e o último o F.P.15. No entanto, as modificações sucessivas que levaram a esta série de modelos não contemplaram mudanças básicas de projeto, por isso as versões mais novas não foram mais acuradas que as anteriores.

Apesar desta pouca evolução da tecnologia do equipamento, Bell e Groman (1971) validaram o uso do Barr & Stroud F.P.12, com medições de árvores *Pseudotsuga menziesii*. Concluíram que as medições de diâmetro e comprimento nas porções mais altas dos fustes determinados por este equipamento eram muito acuradas.

Williams et al. (1999) avaliaram o Barr & Stroud F.P.15 em comparação com o dendrômetro Criterion 400. O primeiro superestimou diâmetros em cerca de 0,3 cm, enquanto as medidas obtidas com o segundo equipamento não foram tendenciosas. Observaram que, à medida que a distância até a base da árvore aumentou, a variabilidade de medições de diâmetro aumentou para ambos os equipamentos.

Gonçalves et al. (2009) utilizaram o modelo de dendrômetro LEDHA GEO, desenvolvido para pesquisa florestal para medir diâmetro, altura e azimute. Os resultados indicaram que na medição da altura a aplicabilidade ficou restrita a 51,2% das árvores levantadas. Quanto ao diâmetro, foi possível medir 97% das árvores. O dendrômetro apresentou boa complementaridade com os métodos comparados nas medições de altura e diâmetro, combinando precisão e versatilidade.

Muller et al. (2014) utilizaram o pentaprisma de Wheeler e um hipsômetro Suunto para cubagens de árvores de eucalipto e acácia em pé, em sistema silvipastoril, para ajustar equações de volume e afilamento. Brianezi et al. (2013) usaram o mesmo pentaprisma para árvores urbanas. Avery e Burkhart (1983) comentaram que em testes com este equipamento, diâmetros medidos até 15,2 m de altura apresentaram acuracidade de 0,5 a 1,27 cm.

Nicoletti et al. (2015), avaliando exatidão de dois dendrômetros ópticos, Criterion 400 e RC3H, na cubagem de 175 árvores em pé da espécie *Eucalyptus grandis*, constataram que o Criterion foi o que resultou nas melhores estimativas. Para o diâmetro e volume por árvore, o Criterion demonstrou erros subestimados médios de aproximadamente 1 cm e 10%, respectivamente, enquanto o RC3H resultou em erros superiores a 5 cm e 30%, em média, para as mesmas variáveis.

Freitas e Wichert (1998) concluíram que a utilização do Criterion RD 400 deveria ser restrita à medição de altura, pois para a medição de diâmetro obtiveram resultados significativamente diferentes dos obtidos com outros equipamentos. Em contrapartida, Castro et al. (2008) concluíram que isto deve ter ocorrido devido à dificuldade de leitura do reticulado que o aparelho dispõe para medir o diâmetro, nos locais com pouca incidência de luz. Em termos médios, os autores consideraram que o erro de medição do diâmetro não apresentou tendência de sub ou superestimativa.

A aplicação do Criterion RD 1000 foi abordada na literatura para diferentes objetivos. Huerta e Wal (2012) o empregaram para medir a altura total das árvores. Yoon et al. (2013) coletaram dados que possibilitaram o ajuste de equação alométrica para estimar o volume de árvores da arborização urbana na Coreia do Sul. Suzuki et al. (2013) utilizaram este equipamento como um relascópio eletrônico, para aplicar o método de Bitterlich no estabelecimento de unidades amostrais em florestas. Rutten et al. (2015) mediram o DAP das maiores árvores das parcelas.

A avaliação dos resultados obtidos do Criterion RD 1000 foi apresentada por Rodriguez et al. (2014) com a medição de 38 árvores e a validação com outras 38. A metodologia de medição foi considerada válida, não tendenciosa e precisa, para uma distância de medição semelhante à altura da árvore; também foi considerada aplicável para estimativa de volume individual e para o desenvolvimento de equações de afilamento.

Oliveira (2013) avaliou o Criterion e outros equipamentos para medição de diâmetro e quantificação de volume e concluiu que não houve diferença significativa nas estimativas produzidas a 95% de probabilidade.

Como usar o dendrômetro para quantificar volume

A medição de diâmetros e alturas de uma árvore requer que o dendrômetro Criterion esteja posicionado a uma distância igual ou superior à projeção da altura da árvore, em local onde seja possível visualizar todo ou quase todo o fuste (Figura 2a), no caso em que a copa seja muito densa, ou que existam outras árvores muito próximas. Deve-se cuidar para que a posição não seja contra o sol, o que inviabiliza tomar as medidas próximas ao topo da árvore.

O uso de um monopé (Figura 2b) para apoio do equipamento facilita a realização das medições, pois embora o equipamento seja leve, seu uso sem o apoio por períodos prolongados, diminui a produtividade.

A sequência de instruções a seguir é apresentada em LTI Criterion (2006) e deve ser adotada para medir altura e diâmetro de uma árvore em algum(ns) ponto(s) ao longo do fuste.

1. Pressione a tecla MODE até que o LCD externo exiba o indicador da modalidade DIÂMETRO (DIAMETER), a medida

de HD (piscando), o indicador apropriado das unidades ("F" ou "M"), e o indicador da função EDIT. Este é o alerta para inserir a distância horizontal até a árvore a ser medida.

Fotos: Luciane Cristine Jaques



Figura 2. Posicionamento para tomada de medidas de uma árvore (a) e dendrômetro Criterion apoiado em um monopé (b).

2. Insira a distância horizontal.

Valores válidos: 1,65 a 999,90 pés ou 0,51 a 304,76 m.

a) Para enquadrar automaticamente: aponte e mire o indicador da escala do laser LTI para transferir o valor medido de HD no *display* numérico. O *display* avançará automaticamente para a próxima etapa (opção a ser adotada quando se dispõe do *Trupulse* acoplado).

b) Para inserir manualmente: meça a distância usando uma trena (Figura 3), pressione a tecla EDIT e use as teclas das setas para editar o valor.

c) Pressione a tecla UP ou DOWN para aumentar / diminuir o valor.

d) Pressione a tecla FWD ou BACK para mover para o próximo dígito / para o dígito anterior.

e) Pressione a tecla ENTER para aceitar o valor de HD (Figura 4).

3.O LCD externo exibe o indicador do modo DIAMETER, o indicador de medida pronta do ângulo (piscando), o indicador das unidades DEG (grau), e a mensagem "bASE" serão o alerta para tomar a medida da base do ângulo até a árvore (Figura 5). Esta mensagem aparece também na área numérica do LED no espaço.



Foto: Denise Jeton Cardoso

Figura 3. Medição da distância do equipamento até a árvore com trena.

Fotos: Luciane Cristine Jaques



Figura 4. Entrada da distância entre o equipamento e a árvore, neste caso 32,40 m.



Figura 5. Mensagem "BASE", com o alerta para tomar a medida da base do ângulo até a árvore.

4. Olhe pelo visor do equipamento, pressione e prenda a tecla TRIGGER para ativar a iluminação da escala da barra de medida do LED no espaço.

5. Aponte para a base da árvore alvo. Quando o ponto baixo desejado do alvo do ângulo for identificado, libere a tecla TRIGGER para travar a medida da inclinação (Figura 6).

Foto: Luciane Cristine Jaques



Figura 6. Medida da inclinação do terreno tomada na base da árvore, neste caso 4,4°.

A inclinação aparece no LED *in-scope* e no LCD externo, e é atualizada continuamente ao mesmo tempo em que se preme a tecla TRIGGER.

Acima da tecla TRIGGER, o LED no espaço mostrará piscando a leitura da inclinação encerrada.

6. Pressione e preme a tecla TRIGGER outra vez e faça uma varredura da árvore a partir da base. A leitura no topo da árvore corresponde à altura total (Figura 7). Libere a tecla TRIGGER em alguma parte da altura da árvore para travar a medida da inclinação, por exemplo, 1,3 m.

a) Enquanto estiver medindo o fuste da árvore, a altura da mesma é atualizada automaticamente.

b) Quando você liberar a tecla TRIGGER, o diâmetro da árvore aparecerá no LED *in-scope* e no LCD externo (Figura 8). Este valor é baseado na largura da iluminação da escala de medida do LED no espaço.

c) Neste momento você deve usar as teclas SCALE ADJUST (+) e (-) para alinhar as bordas da escala da barra com as bordas da árvore alvo, mudando simultaneamente o valor indicado do diâmetro.

d) Repita as operações (b) e (c) até que a medição de diâmetros ao longo do fuste esteja concluída.

Para aferir a medição do diâmetro é recomendável medi-lo também com trena e comparar os dois valores. A fita métrica, trena ou fita colorida deve ficar presa à árvore à altura de 1,30 m para conferir a medida de altura gerada pelo dendrômetro.

Foto: Luciane Cristine Jaques



Figura 7. Medida de altura da árvore, no caso 21,0 m.

Fotos: Luciane Cristine Jaques



Figura 8. Tomada de medida do DAP.

O fabricante oferece a opção de transferir os dados em série para um coletor de dados externo, pressionando a tecla DOWN. No entanto, por ser necessário um cabo específico a ser adquirido separadamente, que também depende de importação, este procedimento não vem sendo adotado pelos usuários brasileiros. É preferível que um segundo usuário anote em um tablet os dados ditados pelo operador do equipamento, no momento da medição.

Para aumentar a precisão das medições de diâmetro, em qualquer situação, é recomendável acoplar a lente de aumento (Figura 9) e ligar a constante de ampliação, que é armazenada na memória do RD 1000.

Foto: Denise Jeton Cardoso



Figura 9. Lente de aumento que acompanha o equipamento.

Exemplo de tomada de medidas com o dendrômetro

Como demonstração do uso do dendrômetro Criterion RD 1000, foram medidas duas árvores de *Eucalyptus grandis*, sendo realizada também a cubagem pelo método destrutivo, em que se derruba a árvore e se medem os diâmetros às alturas 0,0; 0,3; 0,7; 1,30; 2 m e em seguida a cada metro. O volume foi calculado pelo método de Smalian, conforme descrito por Machado e Figueiredo Filho (2003).

A coleta de dados foi realizada na região de Londrina, PR, na Fazenda Maravilha (coordenadas 22K 501441,13 m E e 7403033,24 m S), onde existe um plantio em sistema silvipastoril, em espaçamento médio de 30 m entre linhas e 2,5 m entre árvores (Figura 10a) e um plantio puro de espaçamento 3,0 x 3,0 m (Figura 10b), ambos com 4 anos de idade, um ao lado do outro.

As árvores foram selecionadas de maneira a representar o DAP médio do talhão a que pertencem, tendo no plantio puro 15,8 cm e no sistema iLPF 23,5 cm, conforme inventário realizado aos quatro anos de idade. Ressalta-se a diferença de 7,7 cm no DAP médio destas áreas contíguas, atribuída ao espaçamento de plantio.

Antes da derrubada da árvore para a cubagem tradicional, os diâmetros foram medidos com o dendrômetro a 0,0; 0,70; 1,30; 2 m e depois, a cada metro, de tal maneira que até 10 m de altura foram tomadas 13 medidas. Os diâmetros a alturas superiores a 10 m não foram medidos com o dendrômetro, pois a visualização foi inviabilizada devido à posição do sol no horário das medições, que ocorreram próximo ao meio dia.

Fotos: Denise Jéton Cardoso



Figura 10. Vista parcial do sistema de integração (a) e do plantio puro de *Eucalyptus grandis* (b).

Ao manusear o equipamento, percebeu-se a dificuldade em utilizá-lo no plantio puro, que embora bem iluminado e com árvores de copas pouco desenvolvidas, gerou confusão na identificação do fuste a ser medido. No sistema iLPF, a visualização do fuste foi relativamente fácil, sempre buscando que o equipamento ficasse a favor do sol ou em posição lateral a este.

Na comparação com os dados obtidos por medição rigorosa após a derrubada das árvores, as medições de DAP e altura realizadas com

dendrômetro e com trena indicaram diferença de 0,2 e 0,1 cm para o DAP e 0,9 e 0,0 m para a altura, respectivamente para a árvore do sistema iLPF e para a do plantio puro (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados das variáveis dendrométricas para as duas árvores avaliadas, sendo a árvore 1 do sistema iLPF e a 2 do plantio puro. A diferença percentual foi calculada em relação às medições após a derrubada.

Variável	Árvore	Equipamento	Medidas	Diferença (absoluta)	Diferença (%)
DAP (cm)	1	Criterion	24,0	0,2	0,8
		fita métrica (circunferência)	23,7	-0,1	-0,4
		suta	24,3	0,5	2,1
		fita métrica (diâmetro) após a derrubada	23,8		
	2	Criterion	15,1	0,1	0,7
		fita métrica (circunferência)	15,0	0,0	-
		suta	14,7	-0,3	-2,0
		fita métrica (diâmetro) após a derrubada	15,0		
Altura (m)	1	Criterion	22,6	-0,9	-3,8
		Trena (após a derrubada)	23,5		
	2	Criterion	21,5	0,0	
		Trena (após a derrubada)	21,5		
Volume até 10 m de altura (m ³)	1	Criterion	0,3231	0,0106	3,2
		Trena e fita métrica (após a derrubada)	0,3337		
	2	Criterion	0,1655	-0,0301	-22,2
		Trena e fita métrica (após a derrubada)	0,1354		

As maiores diferenças ocorreram para os diâmetros medidos a partir de 6 m de altura (Figura 11). Este resultado pode ser considerado erro de medição, que com treinamento e prática, pode ser melhorado consideravelmente. Isto foi confirmado por um estudo realizado por Williams et al. (1999) sobre os efeitos de treinamento e uso de dendrômetros ópticos, que indicou que o erro de medição e a variabilidade diminuíram à medida que o operador se tornou mais familiarizado com o equipamento Criterion.

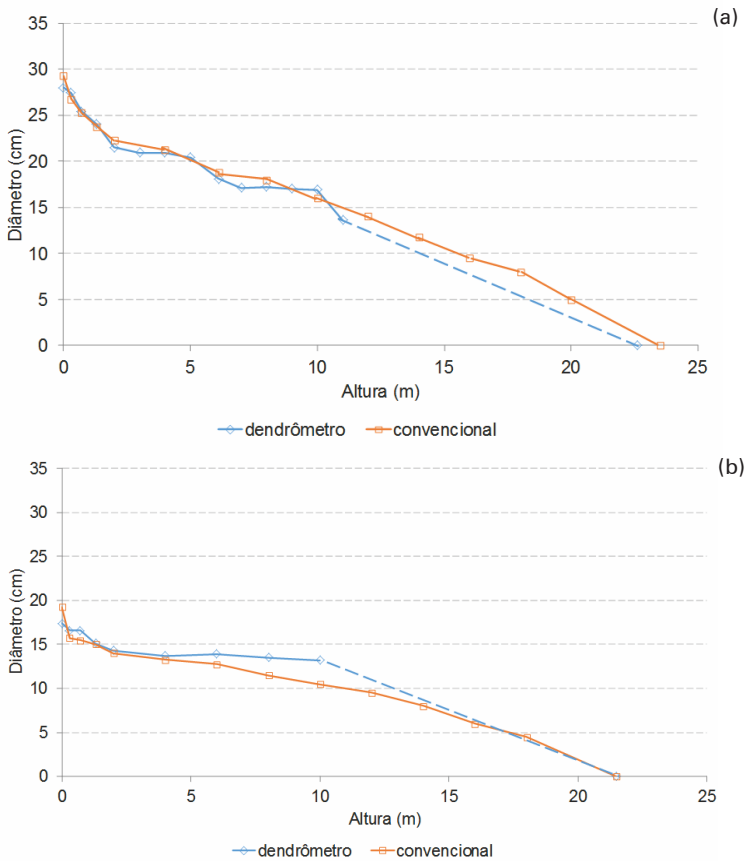


Figura 11. Perfil das árvores avaliadas: árvore do sistema iLPF (a) e do plantio puro (b).

As diferenças verificadas nas medições de diâmetro e altura refletiram no resultado do volume por árvore até 10 m de altura, representando superestimativa de 22,2% para a árvore do plantio puro e subestimativa de 3,2% para a árvore do sistema iLPF, quando medidas com o dendrômetro.

Embora não tenha sido o objetivo do trabalho aferir a precisão dos resultados obtidos com o dendrômetro, pois isto já foi realizado por outros autores e também porque seria necessária a derrubada de pelo menos 20 árvores de cada área, os resultados gerados com a medição das duas árvores estão de acordo com o esperado. Oliveira (2013) obteve erro médio de 2,5% no volume por árvore, ao medir 30 árvores de *Cryptomeria japonica*, enquanto Nicoletti et al. (2015) obtiveram um erro médio de 10%, ao medir 175 árvores de *Eucalyptus grandis*.

Considerações finais

O dendrômetro Criterion tem potencial de aplicação especialmente em plantios onde não se pretende a colheita de árvores em curto prazo, ou ainda em situações onde não é possível realizar a cubagem pelo método tradicional. No entanto, a operação com o instrumento requer bastante atenção, acuidade visual e treino.

As medições não são realizadas necessariamente nas alturas previamente estabelecidas, pois a ocorrência de galhos das copas ou de árvores muito próximas da árvore-alvo pode dificultar a medição em um ponto preciso. Recomenda-se que sejam tomadas pelo menos dez medidas ao longo do fuste.

Em inventários florestais, em geral, assume-se que o erro amostral deve ser de no máximo 10%, o que pode ser atendido com o uso do Criterion que pode apresentar estimativas de diâmetro ao longo do fuste e do volume do fuste com erro abaixo de 10%, desde que o usuário seja treinado e que o posicionamento para visualização da árvore seja adequado.

Referências

- AVERY, T. E.; BURKHART, H. E. **Forest measurements**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1983. 331 p.
- BELL, J. F.; GROMAN, W. A. A field test of the accuracy of the Barr and Stroud Type FP-12 optical dendrometer. **The Forestry Chronicle**, Mattawa, v. 47, n. 2, p. 69-74, 1971.
- BRIANEZI, D.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; CASTRO, R. V. O.; BASSO, V. M. Equações alométricas para estimativa de carbono em árvores de uma área urbana em Viçosa - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 6, p. 1073-1081, 2013.
- BRICKELL, J. E. **Bias and precision of the Barr and Stroud dendrometer under field conditions**. Ogden, Utah: Dept. of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1976. 46 p.
- CASTRO, T. N.; MONTEIRO, D. R.; BATISTA, J. L. F. Utilização do dendrômetro Criterion 400 na cubagem rigorosa de árvores em pé. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 16., 2008, Piracicaba. [Anais eletrônicos...]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em <<https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=3967&numeroEdicao=16>>. Acesso em: 17 set. 2015.
- CLARKE, A. B. **LTI historical moment: the Criterion**. 2012. Disponível em: <<http://www.lasertech.com/blogs/Professional-Measurement/post/12/08/06/LTI-Historical-Moment-The-Criterion.aspx>>. Acesso em: 18 set. 2015.
- FREITAS, A. G. de; WICHERT, M. C. P. **Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o Criterion 400**. Piracicaba: IPEF, 1998. (Circular Técnica, 188).
- GONÇALVES, D. de A.; ELDIK, T. van; POKORNY, B. O uso de dendrômetro a laser em florestas tropicais: aplicações para o manejo florestal na Amazônia. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 175-187, jan./mar. 2009.
- HUERTA, E.; WAL, H. van der. Soil macroinvertebrates abundance and diversity in home gardens in Tabasco, Mexico, vary with soil texture, organic matter and vegetation cover. **European Journal of Soil Biology**, n. 50, p. 68-75, 2012. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2011.12.007.

LTI Criterion RD 1000: user's manual. 3rd ed. Centennial, CO: LaserTechnology, 2006. 34 p.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba, 2003. 309 p.

MULLER, M. D.; SALLES, T. T.; PACIULLO, D. S. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. R. T. de. Equações de altura, volume e afilamento para eucalipto e acácia estabelecidos em sistema silvipastoril. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 473-484, jul./set. 2014.

NICOLETTI, M. F.; BATISTA, J. L. F.; CARVALHO, S. P. C.; CASTRO, T. N. Exatidão de dendrômetros ópticos para determinação de volume de árvores em pé. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 25, n. 2, p. 395-404, abr./jun. 2015. DOI: 10.5902/1980509818458.

OLIVEIRA, K. A. de. Desempenho de diferentes instrumentos para mensuração de altura total, DAP e volume em *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L. F.) D. DON. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21.; EVENTO DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO, 6., 2013. **Livro de Resumos**. Curitiba: UFPR, 2013. p. 443.

RODRIGUEZ, F.; LIZARRALDE, I.; FERNÁNDEZ-LANDA, A.; CONDÉS, S. Non-destructive measurement techniques for taper equation development: a study case in the Spanish Northern Iberian Range. **European Journal of Forest Research**, n. 133, p. 213-223, 2014. DOI: 10.1007/s10342-013-0739-5.

RUTTEN, G.; ENSSLIN, A.; HEMP, A.; FISCHER, M. Forest structure and composition of previously selectively logged and non-logged montane forests at Mt. Kilimanjaro. **Forest Ecology and Management**, n. 337, p. 61-66, 2015. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.10.036.

SUZUKI, R.; KIM, Y.; ISHII, R. Sensitivity of the backscatter intensity of ALOS/PALSAR to the above-ground biomass and other biophysical parameters of boreal forest in Alaska. **Polar Science**, v. 7, n. 2, p. 100-112, 2013. DOI: 10.1016/j.polar.2013.03.001.

WILLIAMS, M. S.; CORMIER, K. L.; BRIGGS, R. G.; MARTINEZ, D. L. Evaluation of the Barr & Stroud FP15 and Criterion 400 Laser Dendrometers for measuring upper stem diameters and heights. **Forest Science**, v. 45, n. 1, p. 53-61, 1999.

YOON, T. K.; PARK, C. W.; LEE, S. J.; KO, S.; KIM, K. N.; SON, Y.; LEE, K. H.; OH, S.; LEE, W. K.; SON, Y. Allometric equations for estimating the aboveground volume of five common urban street tree species in Daegu, Korea. **Urban Forestry & Urban Greening**, n. 12, p. 344-349, 2013. DOI: 10.1016/j.ufug.2013.03.006.

Embrapa

Florestas

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA