

A medição da espessura de casca e sua influência na determinação do volume sem casca em árvores de *Pinus taeda*

DÉCIO JOSÉ DE FIGUEIREDO*
AFONSO FIGUEIREDO FILHO**
JOBERTO VELOZO DE FREITAS***
VITOR GOMES BEVILACQUA JÚNIOR****

RESUMO

Neste trabalho pretendeu-se avaliar os erros que podem ser cometidos no cálculo do volume sem casca a partir de medições de espessuras de casca ao longo do tronco. A espessura de casca foi medida com o medidor de casca sueco (Swedish bark gauge) e uma régua comum em 10 posições relativas à altura total de 31 árvores de *Pinus taeda*, com DAPs (diâmetros à altura do peito) variando de 15 a 36 cm. Nessas 10 posições (alturas), 3 espessuras de casca foram medidas com cada instrumento, totalizando 6 tratamentos, procedendo-se ainda, a medição dos diâmetros com e sem casca com o uso de uma suta. Os volumes sem casca foram calculados pelo método de Hohenadl (10 seções) para os 6 tratamentos e para a testemunha (volume sem casca determinado a partir dos diâmetros sem casca medidos com a suta). Diferenças significativas foram detectadas entre todos os tratamentos (incluindo a testemunha) através da análise de variância. Com a técnica de contrastes ortogonais, constatou-se que a testemunha é diferente dos demais tratamentos e que os volumes resultantes do medidor sueco diferem daqueles calculados com o uso da régua comum. Além disso, o teste aplicado indicou que a medição de mais de uma espessura no perímetro, estatisticamente, acarretou alterações não significativas no volume sem casca. Verificou-se, também, superestimativas na média do volume sem casca de: 10,26; 9,23 e 8,43 % para 1, 2 e 3 medidas de espessura de casca, quando utilizou-se o medidor sueco enquanto que com a régua comum esses erros foram da ordem de: 14,17; 14,85 e 15,32 %, respectivamente.

Palavras-chave: medidor de casca sueco, métodos de medição de casca, obtenção de volume sem casca

ABSTRACT

Bark thickness measurement and its influence on the calculation of volume inside bark for *Pinus taeda* trees. The objective of this research was to evaluate the possible errors resulting from volume inside bark determination by measuring the bark thickness along the stem. To reach this objective, the bark thickness was measured by using both, the Swedish bark gauge and a scale rule, in 10 relative positions (heights) along the stem of 31 *Pinus taeda* trees with DBH ranging from 15 to 36 cm. In these relative positions, 3 bark thickness around the stem were measured with these 2 instruments, constituting 6 treatments. The diameters outside and inside bark at these 10

*Eng. Florestal, M.Sc., Professor Adjunto do Departamento de Silvicultura e Manejo, UFPR

**Eng. Florestal, M.Sc., Dr., Professor Adjunto do Departamento de Silvicultura e Manejo, UFPR - Bolsista do CNPq

***Professor Assistente da Universidade Federal do Amazonas, UFAM

****Eng. Florestal do Banestado S. A. Reflorestadora

positions were also measured by using a caliper (check or control). Volumes inside bark were calculated through the Hohenadl method (10 sections) for the 6 treatments and for the check. The analysis of variance revealed significant differences among all treatments, including the check. The orthogonal contrast technique detected that the control was different from all treatments, and that the volumes resulting from the measurement with the Swedish bark gauge differ from those calculated by using the common rule. Furthermore the applied test indicated that the measurement of more than one bark thickness around the stem, did not have significant effects on the volume inside bark. It was also verified superestimates of the average volume inside bark of 10.26, 9.23 and 8.43 % for 1, 2 and 3 bark thickness measurements, by using the Swedish bark gauge, while the same measurements with the common rule, these errors were 14.17, 14.85 and 15.32 %, respectively.

Key words: swedish bark gauge, bark measurement methods, volume inside bark determination

INTRODUÇÃO

Em levantamentos florestais, quase sempre o objetivo é estimar o volume com casca e, principalmente, o volume sem casca por unidade de área, pois é o que, na maioria das vezes, realmente interessa à fonte consumidora.

A base para estimativas volumétricas de florestas em pé após medições de DAPs e alturas em parcelas amostrais, é a cubagem de árvores representativas que servirão para o ajuste de modelos matemáticos que expressarão os volumes individuais com ou sem casca, sejam eles totais ou comerciais.

A cubagem de árvores para tais finalidades, constitui-se uma etapa importante de um inventário florestal, onde o erro amostral normalmente calculado não engloba os erros cometidos nas estimativas dos volumes individuais quase sempre expressos por equações de volume.

Nos trabalhos de cubagem, seja qual for o método utilizado para o cálculo rigoroso dos volumes, é comum a medição dos diâmetros com casca em vários pontos ao longo do tronco. Por outro lado, a tarefa de obtenção dos volumes sem casca assume diversas situações devido às diferentes maneiras de determinação dos diâmetros sem casca.

Uma das formas para se chegar ao diâmetro sem casca é pela medição direta com o uso de uma régua ou fita graduada. Isto somente é possível, quando a árvore for seccionada em toras, realizando-se as medições nas extremidades das mesmas (HUSCH *et al.*, 1972).

A medição da espessura de casca é outra alternativa para a obtenção do diâmetro sem casca, sendo este determinado pela subtração da dupla espessura de casca do diâmetro com casca, medidos em uma mesma altura. Neste aspecto, segundo CHAPMAN & MEYER (1949), HUSCH *et al.* (1972), LOETSCH *et al.* (1973) e FAO (1974), um dos instrumentos mais comumente utilizados para tal fim é o medidor de casca sueco (Swedish bark gauge).

LOETSCH *et al.* (1973) mencionaram que o uso desse instrumento pode acarretar erros de medição da espessura de casca se a ponta de sua lâmina penetrar demasiadamente no alburno, causando superestimativas ou então subestimativas quando sequer atingir o alburno.

A principal vantagem do medidor sueco e outros similares surgidos posteriormente reside na rapidez com que as medições são efetivadas, bem como na possibilidade de obtê-las sem causar danos, fator relevante quando se trata de árvores em pé. Por outro lado, seu uso é limitado para espécies que apresentam casca espessa e de relativa dureza.

Em decorrência destas limitações ou mesmo quando não se dispõe de tais instrumentos, freqüentemente a espessura da casca tem sido medida com uma régua comum, após cortes da casca realizados ao longo do tronco. Na efetivação dessa tarefa é comum o uso da suta na medição do diâmetro com casca, subtraindo-se do mesmo a dupla espessura de casca medida, o que resultará o diâmetro sem casca (CHAPMAN & MEYER, 1949).

Uma outra possibilidade para se obter o diâmetro sem casca é através da medição da circunferência com casca e, após retirada a casca do perímetro, efetuar a medição da circunferência sem casca. Esta seria a forma mais conveniente de evitar os erros que se pode cometer na avaliação da espessura de casca, sendo no entanto, mais onerosa pois envolve um tempo maior na coleta de dados e pelas dificuldades que podem se apresentar, sobretudo quando se tratar de árvores grossas.

Neste trabalho pretendeu-se avaliar os erros que se pode cometer no cálculo do volume sem casca a partir de medições da espessura de casca ao longo do tronco.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados analisados neste trabalho foram coletados em um plantio de *Pinus taeda* com idade de 19 anos, estabelecido na Estação Experimental do Canguiri, município de Piraquara, estado do Paraná.

Foram abatidas e medidas 31 árvores em todas as classes de DAPs com amplitude de 15 a 36 cm e com variação de altura total (h) de 19 a 23 m (Tabela 1).

Tabela 1 - Distribuição do número de árvores por classes de diâmetro e altura
Table 1 - Distribution of the number of trees by diameter and height classes

classes de DAP c/c (cm)	altura (m)					total -
	19	20	21	22	23	
15 - 17,9	2	2	1	-	-	5
18 - 20,9	2	4	-	-	-	6
21 - 23,9	1	1	2	-	-	4
24 - 26,9	-	1	2	-	-	3
27 - 29,9	-	1	2	2	-	5
30 - 32,9	-	-	1	2	1	4
33 - 35,9	-	-	-	2	2	4
Total	5	9	8	6	3	31

As medições de diâmetros e espessuras de casca ao longo do tronco de todas as árvores foram executadas nas seguintes alturas relativas (h_i): 0,05; 0,15; ... e 0,95h.

Em cada altura h_i foram realizadas 2 medidas em sentidos opostos com a suta, para obtenção dos diâmetros com casca. Da mesma forma, os diâmetros sem casca foram medidos, após a retirada da casca nos pontos onde os braços da suta tocavam.

Nessas alturas h_i foram ainda tomadas ao longo do perímetro de cada seção (aleatoriamente) 3 espessuras de casca com o medidor sueco (swedish bark gauge) e outras 3 espessuras com uma régua comum, caracterizando 6 tratamentos.

Os volumes sem casca a partir dos diâmetros sem casca medidos com a suta e calculados pelo método de Hohenadl (10 seções) foram considerados como testemunha (T1) para os testes estatísticos. O mesmo método de cálculo do volume foi empregado para determinar os volumes sem casca para uma espessura, para a média de 2 espessuras e para a média de 3 espessuras, obtidas com o medidor de casca sueco, caracterizando assim 3 tratamentos (T2 a T4). Procedendo-se de forma idêntica com as espessuras medidas com a régua comum, completou-se os 7 tratamentos (T5 a T7) testados no trabalho.

Tendo-se os volumes individuais calculados para a testemunha (T1) e os tratamentos (T2 a T7) as 31 árvores foram agrupadas em 7 classes de DAPs com 3 cm de amplitude.

A análise de variância foi aplicada aos dados com a finalidade de verificar a existência ou não de diferenças significativas entre todos os tratamentos (T1 a T7) a um nível de 95 % de probabilidade. O delineamento estatístico empregado foi em blocos casualizados onde cada classe de DAP constituiu-se em um bloco e por conseguinte, cada bloco contém as médias dos volumes sem casca da testemunha (T1) e dos tratamentos (T2 a T7). Anteriormente à análise de variância fez-se um estudo quanto à homogeneidade de variâncias dos volumes através do X^2 de Bartlett, utilizando-se a seguinte fórmula sugerida por FREESE (1967).

$$X^2_{(t-1)GL} = \sum_{i=1}^t (n_i-1) \cdot \ln \bar{S}^2 - \sum_{i=1}^t (n_i-1) \cdot \ln S_i^2$$

onde:

\bar{S}^2 = média ponderada das variâncias

S_i^2 = variância do tratamento i

n_i = número de blocos no tratamento i

t = número de tratamentos

Para a verificação de possíveis diferenças entre tratamentos ou grupo de tratamentos foi empregada a técnica de contrastes ortogonais indicada por STEEL & TORRIE (1960) conforme segue:

$$SQC = Q^2 / k \cdot r$$

onde:

$$Q = \sum_{i=1}^t C_i \cdot T_i \quad \text{e} \quad K = \sum_{i=1}^t C_i^2$$

SQC = soma de quadrados do contraste com um grau de liberdade

T_i = total do tratamento i

r = número de repetições no tratamento i

Em que dois contrastes são mutuamente ortogonais se:

$$\sum_{i=1}^t C_i = 0 \quad \text{e} \quad \sum_{i=1}^t C_i \cdot C'_i = 0$$

onde:

C_i = contraste anterior

C'_i = contraste posterior

Foram realizados os seguintes $(t - 1)$ contrastes ortogonais possíveis entre as médias dos tratamentos envolvidos:

contraste 1 - T1 (test.) x T2, T3, T4, T5, T6 e T7;

contraste 2 - T2, T3 e T4 x T5, T6 e T7;

contraste 3 - T2 x T3 e T4;

contraste 4 - T3 x T4;

contraste 5 - T5 x T6 e T7;

contraste 6 - T6 x T7.

Finalmente, os erros médios percentuais, por classe de diâmetro e por tratamento, observados na determinação do volume sem casca através da medição da espessura de casca, foram assim calculados:

$$\text{e } \% = [(\text{trat.} - \text{test.}) / \text{test.}] \cdot 100$$

onde:

trat. = média dos tratamentos (T2, ... e T7) / classe

test. = média da testemunha (T1) / classe

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As médias dos volumes sem casca agrupados em classes de DAPs para a testemunha (T1) e tratamentos (T2 a T7), bem como os erros médios cometidos no cálculo do volume sem casca quando se mede espessuras de casca constam da Tabela 2.

O teste X^2 de Bartlett aplicado para testar a homogeneidade de variâncias resultou igual a 0,07758 que comparado com o X^2 tabelar (12,59) para um nível de significância = 0,05 e graus de liberdade igual a $t-1$ (6), mostrou-se não significativo, indicando, portanto, que as variâncias são homogêneas.

Assim sendo, procedeu-se a análise de variância a fim de verificar a

existência ou não de diferenças significativas entre todos os tratamentos pesquisados, estando os resultados na Tabela 3, mostrando que os mesmos são diferentes, uma vez que F calculado é maior que o F tabelar.

Tabela 2 - Volumes médios sem casca (dm^3) calculados para a testemunha (T_1), para os tratamentos (T_2 a T_7) e respectivos erros (%) por classes de DAPs (blocos)
 Table 2 - Average volumes inside bark (dm^3) calculated for the control (T_1), treatments (T_2 to T_7) and respective errors (%) by DBH classes (blocks)

bloco n°	classe de DAP (cm)	freq.	testemunha (suta)	tratamentos					
				medidor succo			régua		
				1 esp. (T2)	2 esp. (T3)	3 esp. (T4)	1 esp. (T5)	2 esp. (T6)	3 esp. (T7)
1	15 - 17,9	5	145,94	173,08	172,82	172,35	181,12	181,27	181,06
				+ 18,6	+ 18,4	+ 18,1	+ 24,1	+ 24,2	+ 24,1
2	18 - 20,9	6	199,14	229,14	228,01	226,75	234,14	235,55	236,96
				+ 15,1	+ 14,5	+ 13,9	+ 17,6	+ 18,3	+ 19,0
3	21 - 23,9	4	295,01	320,93	318,54	317,43	334,90	338,05	338,74
				+ 8,8	+ 8,0	+ 7,6	+ 13,5	+ 14,6	+ 14,8
4	24 - 26,9	3	318,74	358,14	355,21	352,67	374,24	377,94	378,57
				+ 12,4	+ 11,4	+ 10,6	+ 17,4	+ 18,6	+ 18,8
5	27 - 29,9	5	458,95	517,66	513,62	509,75	546,84	550,18	551,85
				+ 12,8	+ 11,9	+ 11,1	+ 19,1	+ 19,9	+ 20,2
6	30 - 32,9	4	604,52	657,41	651,15	644,79	667,62	669,75	675,31
				+ 8,7	+ 7,7	+ 6,7	+ 10,4	+ 10,8	+ 11,7
7	33 - 35,9	4	804,18	860,19	848,16	841,10	888,27	893,47	897,06
				+ 7,0	+ 5,5	+ 4,6	+ 10,5	+ 11,1	+ 11,5
médias	-	-	403,78	445,22	441,07	437,83	461,02	463,74	465,65
erro médio (%)	-	-	-	+ 10,3	+ 9,2	+ 8,4	+ 14,2	+ 14,8	+ 15,3

Em função desses resultados, realizou-se os testes de contrastes ortogonais que também estão na Tabela 3 e que permitem extrair as seguintes observações:

- a) a testemunha (T_1) é diferente dos demais tratamentos (T_2 a T_7);
- b) os volumes calculados com o uso do medidor succo (T_2 , T_3 e T_4) são diferentes daqueles resultantes da régua comum (T_5 , T_6 e T_7);
- c) os demais contrastes (3, 4, 5 e 6) mostraram que não há qualquer diferença entre os volumes obtidos a partir da medição de 1, 2 ou 3 espessuras de casca, tanto para o medidor succo como para a régua comum.

Os resultados mostraram que a medição de espessuras de casca, seja com o medidor succo ou com a régua comum, superestimou o volume sem casca em todas as classes diamétricas, notadamente nas inferiores, onde os erros foram maiores.

Observou-se uma pequena redução dos erros em todas as classes diamétricas, quando se aumentou o número de espessuras de casca tomadas

Tabela 3 - Análise de variância para os tratamentos e contrastes
 Table 3 - Analysis of variance for treatments and orthogonal contrasts

fonte de variação	GL	SQ	QM	Fcal	
blocos (classes diamétricas)	6	2.566.254,42	427.709,07	4.698,03	*
tratamentos	6	19.588,65	3.264,77	35,86	*
contraste 1	1	14.194,88	14.194,88	155,92	*
contraste 2	1	5.126,01	5.126,01	56,31	*
contraste 3	1	155,25	155,25	1,71	n.s.
contraste 4	1	36,66	36,66	0,40	n.s.
contraste 5	1	63,16	63,16	0,69	n.s.
contraste 6	1	12,69	12,69	0,14	n.s.
resíduo (erro)	36	3.277,56	91,04		
total	48	2.589.120,63			

$$F_{(0,05; 1 e 36)} = 4,11; F_{(0,05; 6 e 36)} = 2,36$$

com o medidor sueco. Tendência inversa foi verificada no comportamento dos erros quando utilizou-se a régua comum.

As superestimativas para o volume sem casca foram em média de 10,26; 9,23 e 8,43 % para o medidor sueco e de 14,17; 14,85 e 15,32 % para a régua comum, respectivamente, quando foram medidas 1, 2 e 3 espessuras de casca.

A medição de mais de uma espessura de casca, além de demandar um tempo maior na coleta de dados, não contribuiu de forma significativa para o aumento da precisão na determinação do volume sem casca.

Embora o medidor sueco tenha apresentado erros médios inferiores à régua comum no cálculo dos volumes sem casca, mesmo assim estes foram diferentes, estatisticamente, em relação àqueles obtidos com o uso da suta (T1).

Deve-se mencionar ainda, que o medidor sueco apresenta limitações de uso quando a espécie apresenta casca espessa e de relativa dureza.

Estes fatores analisados indicam que a técnica de medir espessuras de casca ao longo do tronco com a finalidade de obter o volume de madeira não é recomendável, principalmente considerado-se que os erros foram sistemáticos, ou seja, causaram superestimativas no volume sem casca.

CONCLUSÕES

A medição da espessura de casca com o medidor Sueco ou com a régua comum superestimou o volume sem casca.

Estas superestimativas variaram de 8,43 até 15,32 %, constituindo-se em erros consideráveis, principalmente quando os resultados são extrapolados por unidade de área.

O erro de amostragem determinado nos inventários florestais não inclui estes erros (não amostrais) e, conseqüentemente, deve-se minimizá-los.

A medição da espessura de casca para determinar o volume de madeira deve, portanto, ser evitada, optando-se pela medição direta do diâmetro ou da circunferência sem casca ao longo do tronco, apesar das dificuldades maiores acarretadas por tal tarefa.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- CHAPMANN, H. H. & MEYER, W. H. 1949. **Forest mensuration**. McGraw-Hill, New York. 522 p.
- FAO. 1974. **Manual de inventário forestal con especial referencia a los bosques mixtos tropicales**. Roma. 195 p.
- FREESE, F. 1967. **Elementary statistical methods for foresters**. Forest Service, Washington. 87 p.
- HUSCH, B.; MILLER, C. I. & BEERS, T. W. 1972. **Forest mensuration**. 2nd ed., Ronald Press, New York. 410 p.
- LOETSCH, F.; ZOHRER, F. & HALLER, K. E. 1973. **Forest inventory**. BLV Verlagsgesellschaft, München, v. 2. 469 p.
- STEEL, R. G. D. & TORRIE, S. M. 1960. **Principles and procedures of statistics**. McGraw-Hill, New York. 481 p.

Trabalho submetido em 03.02.94 e aceito em 18.05.94