

Determinação do volume de toras da espécie *Mezilaurus itauba* (Meissn.) Taub.

D. L. C. Miranda¹; F. F. Azevedo¹; J. P. Santos¹

¹Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais - ICAA, Universidade Federal de Mato Grosso – 78550000, Sinop – MT, Brasil

mirandaufmt@yahoo.com.br

(Recebido em 20 de agosto de 2012; aceito em 22 de agosto de 2013)

O presente estudo teve como objetivo avaliar a exatidão das fórmulas de Smalian, Huber e Newton na determinação do volume de toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e verificar se existe diferença significativa entre os diferentes métodos de cubagem aplicada em diferentes tamanhos de toras. Foram mensuradas toras de 2,5; 4 e 5 metros de comprimentos, com diâmetro compreendido entre 30 e 50 cm, e para cada tamanho de tora foram utilizadas 20 repetições. A amostragem foi realizada de forma aleatória, utilizaram-se quatro tratamentos para cada comprimento de tora: Testemunha (volume real); Huber; Smalian; e Newton. Os resultados revelaram que não houve diferença estatística significativa considerando o nível de significância $\alpha = 5\%$ entre os métodos de obtenção do volume. O método de Smalian foi o único que teve uma leve tendência de superestimar o volume real à medida que o comprimento da tora aumentava. Com isso, conclui-se que a mensuração pode ser realizada com qualquer método de cubagem. Do ponto de vista prático o mais indicado é o método de Huber, já do ponto de vista estatístico deve-se utilizar o método de Smalian, já que este apresentou o menor erro padrão para todos os tamanhos de toras.

Palavras-chave: Mensuração Florestal, Volume de Toras, Cubagem

Determining the volume of the timber species *Mezilaurus itauba* (Meissn) Taub.

The present study was to evaluate the accuracy of formulas Smalian Huber and Newton in determining the volume of logs Itaúba (*Mezilaurus Itauba*) and see if there is significant difference between the different scaling methods applied in different sizes of logs. Sampling was done randomly, we used four treatments for each length of logs: Witness (actual volume) Huber; Smalian, and Newton. The results revealed that there was no statistically significant difference considering the significance level $\alpha = 5\%$ between the methods of obtaining the volume. The method of Smalian was the one who had a slight tendency to overestimate the actual volume as the increased length of the log. With this we conclude that the measurement can be performed with any method of scaling. From a practical standpoint is the most suitable method of Huber, as the statistical point of view you should use the method of Smalian, as it had the lowest standard error for all sizes of logs.

Keywords: Forest Measurement, Volume Logs, Cubic.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um importante recurso natural renovável utilizado no mundo inteiro, podendo fornecer matéria prima para as mais variadas finalidades, desde as construções mais rudimentares até as mais modernas obras das mais variadas engenharias, como se pode observar desde pequenos vilarejos até as maiores cidades do mundo.

O Brasil possui extensas áreas de florestas seja nativas ou plantadas, onde grande parte de sua produção é destinado ao abastecimento do mercado interno e o restante é exportado a outros países.

No Estado de Mato Grosso a exploração da madeira começou a desenvolver-se a partir do final da década de 60 e já na década de 70 era explorado economicamente em função da política de ocupação da Amazônia na esteira das colonizações das regiões norte e noroeste do Estado, onde varias espécies eram exploradas de maneira irracional e sem controle. Nos dias atuais para retirar madeira da floresta deve se elaborar um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) ou um Plano de Exploração Florestal (PEF), com isso é possível afirmar que os recursos florestais serão uma fonte plena de matéria prima para futuras gerações.

Mezilaurus itauba popularmente conhecida como Itaúba é uma espécie nativa da Amazônia que vêm sendo amplamente explorada em Planos de Manejo Florestal, Planos de Exploração Florestal no norte do Estado de Mato Grosso. Devido sua grande disponibilidade e ao seu alto valor econômico agregado, a mensuração de seu volume para fins econômicos demanda grande atenção.

Estimar o volume das árvores é na maioria das vezes, a principal finalidade dos levantamentos florestais [1]. Vários pesquisadores florestais procuraram desenvolver metodologias que possibilitassem atender de forma acurada as necessidades práticas do cálculo do volume dito real dos fustes. Os volumes reais têm sido obtidos com procedimentos capazes de proporcionar grande acuracidade do valor paramétrico do cálculo do volume da árvore ou de parte dela.

O volume real das árvores abatidas pode ser obtido a partir de três maneiras: Deslocamento de água, Peso e Cubagem rigorosa [2]. O método mais utilizado para determinação do volume de árvores é a cubagem rigorosa, pois neste evita-se a pesagem integral do fuste [3]. A cubagem rigorosa pode ser dividida em dois grupos: Absoluto que pode ser pelos métodos de Smalian, Huber e Newton e Relativos pelos métodos de Hohenald e da FAO [4].

No Estado de Mato Grosso, os órgãos fiscalizadores como IBAMA e SEMA (Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso), ambos utilizam o método analítico de cubagem através da fórmula de Smalian para a mensuração de toras em suas fiscalizações. Apesar disto um dos grandes problemas encontrados nas madeireiras do norte do Mato Grosso é a divergência dos volumes calculados entre a SEMA, IBAMA e o existente no pátio, apesar destes órgãos fiscalizadores utilizarem o mesmo método de cubagem.

Com base nestes conhecimentos, foi realizado um estudo para verificar se o método utilizado pela SEMA e pelo IBAMA é eficiente para diversos tamanhos de toras e se alguns destes métodos como Huber, Newton e Smalian teriam uma diferença significativa em relação ao outro. Tendo em vista que se não houver diferença significativa entre os métodos, poderia ser utilizado um método com maior rapidez, pois isto implicará na diminuição de custos na mensuração florestal. Assim sendo, o objetivo do presente estudo é comparar a exatidão das fórmulas de Smalian, Huber e Newton na determinação do volume de toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e verificar o método mais apropriado para determinação do volume real desta espécie.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo

A Madeireira Bel Monte local onde se realizou o estudo, situa-se na estrada Silvana, chácara 184, Bairro de Chácara Sinop, próximo à margem da BR 163, KM 844,2 no município de Sinop-MT.

O município de Sinop está localizado na região centro-norte do Estado do Mato Grosso, às margens da rodovia Cuiabá - Santarém (BR 163), a 500 km de Cuiabá, entre os meridianos 55° W e 46° W [5]. O clima, segundo classificação de Köpen, pertence ao tipo climático am, tropical quente e úmido com temperatura média anual de 24° C. O regime de chuvas é equatorial e caracteriza-se por um período seco no inverno e um período chuvoso no verão com precipitação pluviométrica média anual de 2000 mm [6].

2.2. Coleta de dados

Os dados foram coletados no pátio da madeireira Bel Monte Ltda no mês de maio de 2012, com o auxílio de trena de fibra para obter o comprimento das toras, prancheta e caneta para marcação dos dados e fita métrica para medição dos diâmetros das toras.

Todas as toras utilizadas para mensuração foram provenientes de um Plano de Exploração Florestal localizado na região Norte do Estado de Mato Grosso.

As toras selecionadas para a mensuração apresentavam tamanhos de 2,5; 4 e 5 metros de comprimento e diâmetro compreendido entre 30 e 50 cm.

Para a determinação do volume das toras foram utilizados os métodos absolutos de cubagem, Smalian, Huber e Newton [1]. A fim de se avaliar a exatidão dos métodos acima citados, utilizou-se como testemunha o volume obtido por Smalian, dividindo-se as toras em seções bastante curtas (20 a 30cm) [7].

2.3. Análise de Dados

Para verificar o método mais apropriado para determinação do volume real de toras de Itaúba, a amostragem foi realizada de forma aleatória, onde as toras a serem selecionadas estavam empilhadas ao longo do pátio da madeireira. O delineamento experimental constou de quatro tratamentos (comprimento de tora: 2;5; 4 e 5 metros), com 20 repetições.

Os resultados foram analisados com auxílio de uma planilha eletrônica onde foram efetuadas as análises estatísticas de homogeneidade de variância (Teste do X^2 de Bartlett), análise de variância (Anova) e teste de comparação de médias (Tukey).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença estatística significativa entre os métodos analíticos (Smalian, Huber e Newton) de obtenção de volume para toras de 2,5; 4 e 5 metros de comprimento, portanto, do ponto de vista estatístico poderia se optar por qualquer um dos métodos testados. Em um trabalho semelhante com a espécie *Mimosa scabrella* Benth., onde foram testados diferentes métodos de cubagem para tamanhos de toras com comprimentos de 1, 2 e 4m, os autores encontraram resultados significativos nessa comparação [8]. Dessa forma, percebe-se que a diferença na determinação do volume de toras pode ser afetada pela forma geométrica atribuída a tora da espécie ou ainda pelo método de cubagem.

O método de Newton é exato para todas as formas que a seção possa assumir [9]. Seu uso não tem sido frequente, uma vez que um número maior de diâmetro necessita ser medido ao longo do tronco, tornando-o mais demorado, sendo mais indicado para trabalhos de pesquisa [10]. Os mesmos autores relatam que uma vez que a fórmula de Newton é mais trabalhosa, o ideal seria utilizar o método de Huber para cálculos de volume.

Do ponto prático, pode-se constatar que o método de Huber é o mais rápido para mensuração, pois necessita de apenas uma mensuração no meio da tora, aumentando desta forma o rendimento do trabalho e reduzindo os custos gastos com a mensuração. Porém se as toras estiverem empilhadas, este método se torna mais trabalhoso e muitas vezes impraticável, nestes casos, o método mais indicado seria Smalian com mensurações apenas nas extremidades das toras.

3.1 Toras com 2,5 metros de comprimento

De acordo com os resultados da análise de variância apresentada Tabela 1 para comprimento de toras de 2,5 metros, observou-se que não houve diferença estatística significativa considerando o nível de significância $\alpha = 5\%$ entre os métodos de obtenção do volume.

Tabela 1: Resultado estatístico (ANOVA) para comparação dos diferentes métodos de cubagem em seções de 2,5 metros.

FV	GL	SQ	QM	FC
Tratamento	3	0,000497	0,000166	0,028351*
Erro	76	0,444507	0,005849	
Total	79	0,445005		

Em que: * = Não significativo a 95% probabilidade; FV = Fonte de Variação; GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma de Quadrados; QM = Quadrado Médio; FC = F Calculado.

Após a estatística paramétrica, foi realizada ainda uma estatística descritiva (Tabela 2) para verificar qual dos métodos analíticos de cubagem seria o mais apropriado para toras de 2,5 metros de comprimento.

Tabela 2: Resultado da estatística descritiva para comparação dos diferentes métodos de cubagem em seções de 2,5 metros.

Tratamento	Média (m ³)	Mínimo (m ³)	Máximo (m ³)	CV (%)	Erro Padrão (m ³)
Testemunha	0,36794	0,24515	0,46286	20,60	0,01695
Smalian	0,37511	0,23918	0,46731	19,88	0,01665
Huber	0,36973	0,23778	0,46951	21,33	0,01763
Newton	0,37139	0,25155	0,46877	20,65	0,01715

Em que: CV = Coeficiente de variação

Os valores apresentados na Tabela 2 revelam que a média do volume obtido pelas fórmulas de Huber, Smalian e Newton superestimaram numericamente o volume das toras em relação à testemunha a qual foi considerada como o volume real.

Em relação ao erro padrão, o volume obtido pela fórmula de Smalian foi o qual obteve o menor valor, já o volume calculado pela fórmula de Huber obteve um erro superior, porém sua forma de mensuração é mais prática e rápida. Em outro estudo, o mesmo não ocorreu, pois os erros na determinação do volume de toras obtido pela fórmula de Huber foram menores que os erros obtidos pela fórmula de Smalian para seções de 2,44m de comprimento [11].

Ao analisar o coeficiente de variação verificou-se que o volume obtido pela fórmula de Smalian foi o que demonstrou a menor variação em relação aos demais, o que indica para o presente estudo que a fórmula de Smalian apresentou menores erros.

3.2 Toras com 4 metros de comprimento

A análise de variância não apresentou diferença estatística significativa considerando o nível de significância $\alpha = 5\%$ entre os métodos de obtenção de volume (Smalian, Huber e Newton) quando comparados com a testemunha que obteve o volume real das toras (Tabela 3).

Tabela 3: Resultado estatístico (ANOVA) para comparação dos diferentes métodos de cubagem em seções de 4 metros.

FV	GL	SQ	QM	Fc
Tratamento	3	0,003535	0,001178	0,072233*
Erro	76	1,239837	0,016314	
Total	79	1,243372		

Em que: * = Não significativo a 95% probabilidade; FV = Fonte de Variação; GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma de Quadrados; QM = Quadrado Médio; FC = F Calculado.

Para toras de 4 metros de comprimentos também logo após a estatística paramétrica, foi realizada a estatística descritiva (Tabela 4) para verificar e indicar quais dos métodos analíticos de cubagem seria o mais apropriado.

Tabela 4: Resultado da estatística descritiva para comparação dos diferentes métodos de cubagem em seções de 4 metros.

Tratamento	Média (m ³)	Mínimo (m ³)	Máximo (m ³)	CV (%)	Erro Padrão (m ³)
Testemunha	0,53067	0,33515	0,76732	24,06	0,02855
Smalian	0,54204	0,36106	0,74737	21,93	0,02659
Huber	0,52363	0,30974	0,77912	25,86	0,03028
Newton	0,52976	0,32685	0,76854	24,22	0,02869

Em que: CV = Coeficiente de variação

O volume médio obtido pela fórmula de Newton foi o qual mais se aproximou do volume real (Testemunha), já o volume médio fornecido pela fórmula de Huber tendeu a subestimar o resultado e o volume médio obtido pela fórmula de Smalian tendeu a superestimar o resultado em relação a testemunha (Tabela 4). Em um estudo semelhante com seção superior a 3,6 metros, o método de Smalian também superestimou o volume enquanto Huber subestimou [7]. Como não houve diferença estatística significativa, qualquer método analítico pode ser utilizado na mensuração de toras de 4 metros, onde Huber se destaca devido a sua praticidade.

Outros estudos demonstram que a fórmula de Huber deveria realmente ser usada em qualquer circunstância o que acarretaria uma redução no esforço de amostragem e consequentemente em um menor custo, principalmente se as seções compridas são usadas, tendo em vista a estabilidade de Huber quando os comprimentos aumentam [10]. No entanto, do ponto de vista estatístico o método a ser utilizado para a cubagem deverá ser aquele que apresentou o menor erro padrão, ou seja, pela fórmula de Smalian.

3.3 Toras com 5 metros de comprimento

Da mesma maneira que os resultados das análises de variância anteriores não houve diferença estatística significativa considerando o nível de significância $\alpha = 5\%$ entre os métodos de obtenção de volume (Smalian, Huber e Newton) quando comparados com a testemunha que obteve o volume real das toras, conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5: Resultado estatístico (ANOVA) para comparação dos diferentes métodos de cubagem em seções de 5 metros.

FV	GL	SQ	QM	Fc
Tratamento	3	0,00274	1,130178	0,06141*
Erro	76	1,130178	0,014871	
Total	79	1,132917		

Em que: * = Não significativo a 95% probabilidade; FV = Fonte de Variação; GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma de Quadrados; QM = Quadrado Médio; FC = F Calculado.

A estatística descritiva foi realizada logo após a estatística paramétrica ter sido concluída, com o propósito de verificar qual dos métodos analíticos de cubagem seria o mais apropriado para toras de 5 metros de comprimento, conforme é demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6: Resultado da estatística descritiva para comparação dos diferentes métodos de cubagem em seções de 5 metros.

Tratamento	Média (m ³)	Mínimo (m ³)	Máximo (m ³)	CV (%)	Erro Padrão (m ³)
Testemunha	0,59865	0,40524	0,89474	19,45	0,02604
Smalian	0,61179	0,42714	0,91063	19,96	0,02731
Huber	0,59653	0,37982	0,92754	21,07	0,02811
Newton	0,60162	0,39559	0,92190	20,48	0,02756

Em que: CV = Coeficiente de variação

De acordo com a Tabela 6, percebeu-se que o volume médio obtido pela fórmula de Huber, apesar de subestimar a média do volume, foi o que mais se aproximou do volume obtido pela testemunha considerado volume real. O volume médio obtido pela fórmula de Smalian foi o qual teve a maior tendência de superestimar em relação à testemunha. Em estudos semelhantes foram encontrados resultados que demonstram que conforme aumenta o comprimento da seção, o volume obtido pelo método de Smalian tem a tendência a superestimar enquanto que os volumes obtidos em Huber têm resultados inversos ao de Smalian [7].

Os erros padrões do volume obtidos pelas fórmulas de Huber e Newton foram os maiores, já o volume obtido pela fórmula de Smalian apresentou o menor erro, e conseqüentemente seria o indicado para mensuração de toras de 5 metros da espécie em estudo. O mesmo não ocorreu em outro estudo, onde a exatidão das três fórmulas tradicionais de cubagem (Smalian, Huber e Newton) indicou que a fórmula de Huber é a mais exata para determinação do volume total, volumes comerciais para laminação e serraria [12].

3.4 Exatidão dos Métodos

A exatidão dos métodos analíticos (Figura 1) foi calculada com base no volume obtido pela testemunha, onde que desvios negativos indicam superestimativas e os desvios positivos indicam subestimativas em relação ao volume real.

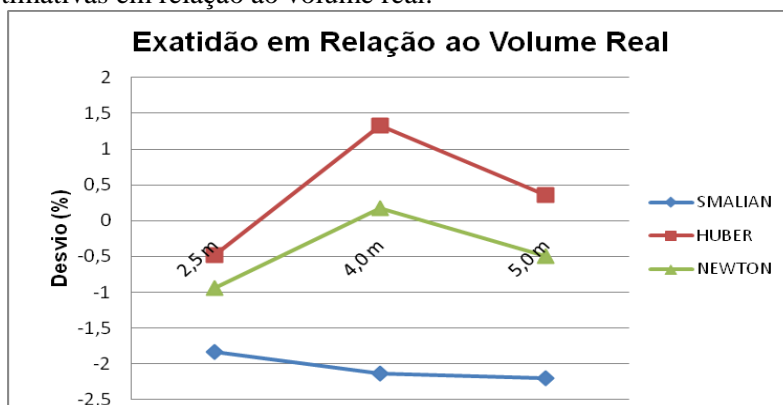


Figura 1: Exatidão em relação ao volume real.

Pode-se observar na Figura 1 que os volumes obtidos pelas fórmulas de Smalian, Huber e Newton, para toras de 2,5 metros de comprimento superestimaram o volume obtido pela testemunha considerado real. Nas toras de comprimento de 4 metros os volumes obtidos pelas fórmulas de Huber e Newton subestimaram o volume real apresentado pela testemunha, já o volume apresentado pela fórmula de Newton superestimou o volume real.

Para toras de 5 metros de comprimento o volume calculado pela fórmula de Huber subestimou o volume real (testemunha), já para os volumes obtidos pelas fórmulas de Smalian e Newton superestimaram o volume da testemunha considerado real.

De maneira geral o volume calculado pela fórmula de Smalian foi o único que teve uma leve tendência de superestimar o volume real à medida que o comprimento da tora aumentava. Para

os volumes obtidos pela fórmula de Huber e Newton percebeu-se que não houve nenhum tipo de tendência.

4. CONCLUSÃO

O método de Huber apresenta melhor praticidade em campo, porém quando as toras se encontrarem empilhadas, o método mais prático de mensurar é o de Smalian.

-
1. MACHADO, S.A., FIGUEIREDO FILHO, A. *Dendrometria*. Curitiba: A. Figueiredo Filho, 2003. 309 p.
 2. SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. F. *Biometria Florestal: medição e volumetria de árvores*. Textos técnicos. UFLA, Lavras. 1998. 310p.
 3. SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R., Metodologias para determinação de biomassa florestal. *In: Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas. 2º Simpósio Latino Americano sobre Fixação de Carbono. Metodologias Curitiba, 2004. 205p.*
 4. SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. *Biometria Florestal: Medição, Volumetria e Gravimetria*. Textos Acadêmicos. UFLA, Lavras. 2004. 285 p.
 5. ANGELO, H.; SILVA, G. F.; SILVA, V. S. V. Análise Econômica da Indústria de Madeiras tropicais: O Caso do Polo de Sinop- MT. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 91-101. 2004.
 6. ALVES, A. O. *Estudo da fotossíntese de espécies dominantes em florestas de transição no sudoeste da Amazônia*. 2004. 63f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.
 7. MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. *Dendrometria*. - 2. ed.- Guarapuava ; UNICENTRO, 2006.
 8. MACHADO, S. A.; Téó, S. J.; URBANO, E.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R. Comparação de métodos de cubagem absolutos com o volume obtido pelo xilômetro para Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) *Cerne*, Lavras, v. 12, n. 3, p. 239-253, jul./set. 2006.
 9. HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. *Forest mensuration*. 3.ed. New York: JWiley & Sons, 1982. 402p.
 10. SCHREUDER, H.T.; GREGOIRE, T.G; e WOOD, G.B. *Sampling Methods for Multire source Forest Inventory*. Jonh Wiley & Sons, Inc. New York, 1993. 446 p.
 11. YOUNG, H. E.; ROBBINS, W.C.; WILSON, S. Errors in volume determination of primary forest products. *Pulp & Paper Magazine of Canada*, Quebec, v.68, p.389-394, 1967.
 12. FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; CARNEIRO, M. R. A. Testing accuracy of log volumen calculation procedures agaist wáter displacement techniques (xylometer). *Canadian Journal of Forester Research*, Toronto, v.30, n.6, p.990-997, June 2000.