

# CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL DA MADEIRA

INTRODUÇÃO A TECNOLOGIA DA MADEIRA

AULA 02 e 03 – MEDIÇÃO DA MADEIRA  
Adaptação Prof. Dr. Pedro Bom, R

---

DOCUMENTO

PB00\_INTRODUÇÃO\_TEC\_MADEIRA\_02-03

## CONTEÚDO

<b>I.</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>3</b>
<b>II.</b>	<b>UNIDADES MÉTRICAS DE VOLUME DA MADEIRA</b> .....	<b>3</b>
<b>III.</b>	<b>TERMOS TÉCNICOS E SUAS ABREVIATURAS UTILIZADAS NA MEDIÇÃO DA MADEIRA E DE ÁRVORES</b> .....	<b>6</b>
	3.1. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE TORAS .....	7
	3.1.1. Instrumentos .....	7
	3.1.2. Trenas .....	8
	3.1.3. Vara de Biltmore .....	8
	<b>3.2. CÁLCULO DO VOLUME DE TORAS</b> .....	<b>9</b>
<b>IV.</b>	<b>Determinação do volume da árvore em pé</b> .....	<b>10</b>
	<b>3.1. 2. MEDIÇÃO DA ALTURA</b> .....	<b>11</b>
	2.1. Hipsômetro de BLUME-LEISS.....	11
	2.2. Hipsômetro de HAGA.....	11
	2.3. Hipsômetro de CHRISTEN .....	11
	2.4. PRANCHETA DENDROMÉTRICA .....	12
	2.5. SEMELHANÇA DE TRIANGULOS .....	12
<b>V.</b>	<b>FATOR DE FORMA</b> .....	<b>13</b>
	3.1. Determinação do Fator de Forma .....	13

## **I. Introdução**

A medição da madeira compreende a determinação do volume de troncos, pilhas de lenha, de árvores em pé e de povoamentos florestais inteiros.

As dimensões das árvores aumentam ano a ano, tanto em diâmetro do tronco como em altura, sendo portanto necessário o conhecimento deste aumento, que é chamado de incremento anual.

Para a comercialização da madeira em toras é necessário se conhecer o volume do lote, como também é essencial o conhecimento do volume em pé das árvores de um povoamento para o estabelecimento dos planos de corte e o ordenamento florestal, isto é, o conhecimento da destinação da madeira de acordo com as dimensões das toras resultantes do corte, que podem ser destinadas para diferentes tipos de processamento: os maiores volumes para laminação e serrarias, diâmetros menores para a produção de painéis aglomerados ou de fibras (MDF) ou para a fabricação de celulose e papel.

## **II. UNIDADES MÉTRICAS DE VOLUME DA MADEIRA**

A unidade básica no sistema internacional para a determinação do volume de madeira é o metro cúbico (m<sup>3</sup>).

É importante ressaltar que o volume da madeira em toras ou em árvores em pé deve ser indicado se foi determinado com casca ou sem casca, pois em muitas espécies a porcentagem de casca é bastante significativa.

No caso de toras empilhadas e de lenha, as três dimensões da pilha são mensuradas, e o volume é obtido em esteres (st) ou estéreos, que é uma unidade criada a fim de descontar os espaços vazios que ficam entre uma tora e outra, e que obviamente não representam volume de madeira.

A seguinte relação entre volume em m<sup>3</sup> e estéreos é utilizada:

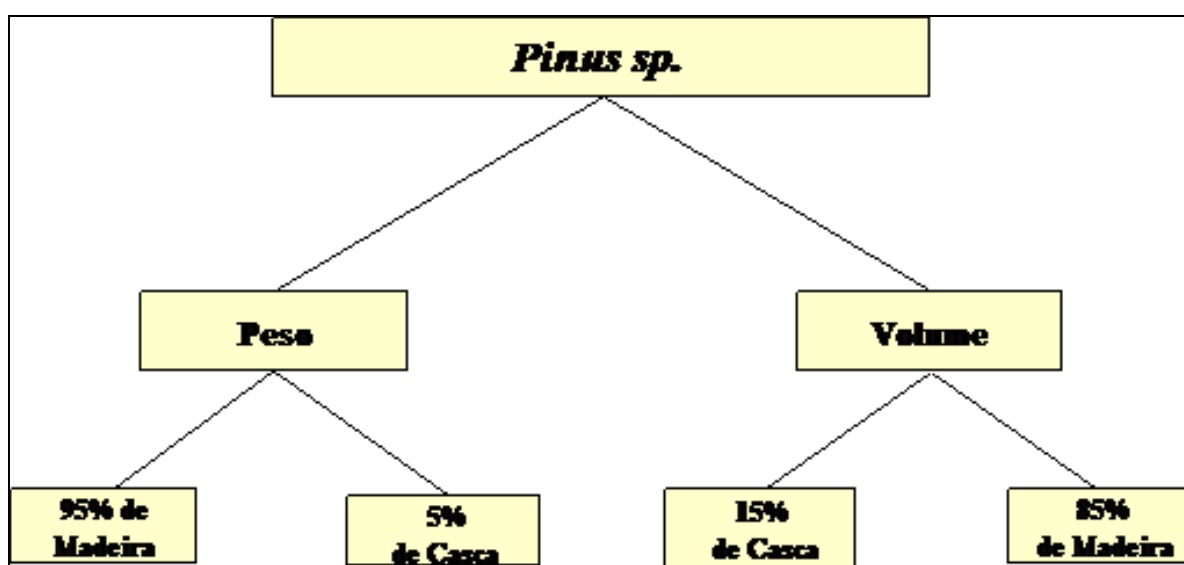
### Fatores de Conversão de Medida de Estoque - Pinus taeda

Classe Dap (cm)	Fatores de Conversão - Pinus						
	t/m3i	st/m3i	st/t	m3i/t	m3i/s t	t/st	m3/m3i
18-24	0,89	0,61	0,69	1,12	1,64	1,45	0,89
25-34	0,85	0,62	0,72	1,18	1,61	1,39	0,85
35-44	0,85	0,64	0,78	1,18	1,56	1,28	0,85
> 45	0,84	0,71	0,84	1,19	1,41	1,19	0,84

Classe Dap (cm)	Fatores de Conversão - Pinus							
	t/m3	st/m3	st/t	m3/t	m3/st	t/st	m3i/m3	st/m3i
8-18	1	0,71	0,65	1,00	1,41	1,54	1,00	1,41
18-24	1	0,74	0,68	1,00	1,35	1,47	1,12	1,52
25-34	1	0,75	0,72	1,00	1,33	1,39	1,18	1,56
35-44	1	0,74	0,72	1,00	1,36	1,39	1,18	1,60
> 45	1	0,72	0,78	1,00	1,39	1,28	1,19	1,65

Observação: m3 = metro cúbico; m3i = metro cúbico na ponta mais fina; st = estéreo; t = tonelada

### Composição do Volume e Peso das Toras de Pinus



## Coeficientes de Rendimento Industrial



## Rendimento de Transformação Industrial de 1m<sup>3</sup>/cc de toras de Pinus

Produto	und	Diâmetro na Ponta Fina (cm)		
		8 a 18	18 - 25	> 25
Madeira Serrada	m <sup>3</sup>		0,38	
Block	m <sup>3</sup>		0,18	
Blancks	m <sup>3</sup>		0,16	
Compensado	m <sup>3</sup>			0,36
Laminado	m <sup>3</sup>			0,43
Fósforo	m <sup>3</sup>			0,40
Aglomerado	m <sup>3</sup>	0,59		
MDF	m <sup>3</sup>	0,59		
OSB	m <sup>3</sup>	0,46		
Celulose Fibra Longa	ton	0,20		
Pasta Mecânica	ton	0,40		

## Unidades de Medida de Áreas

Medida	Hectares	Metros	Braças
Alqueirão	9,68	220 * 440	100 x 200
Alqueire	2,72	165 * 165	75 x 75
Alq. Mineiro/Geométrico	4,84	220 * 220	100 x 100
Alq. Paulista	2,42	110 * 220	50 x 100
Braça Linear	0	2,2	
Braça Quadrada	0,000484	2,2 * 2,2	
Data	0,1	22 * 44	10 x 200
Légua de Sesmaria	4356	6600 * 6600	3000 x 3000
Légua Linear 1	0	5280	2400
Légua Linear 2	0	6000	
Légua Quadrada	3600	6000 * 6000	
Litro	0,0605	11 * 55	5 x 25
Metro Quadrado	0,0001		
Mil Covas	0,3	55 * 55	25 x 25
Quadra 1	1,74	132 * 132	60 x 60
Quadra 2	4,84	220 * 220	100 x 100
Quarta	1,21	110 * 110	50 x 50
Tarefa	0,3	55 * 55	25 x 25
Tarefa Baina	0,44	66 * 66	30 x 30

## **III. TERMOS TÉCNICOS E SUAS ABREVIATURAS UTILIZADAS NA MEDIÇÃO DA MADEIRA E DE ÁRVORES**

Diâmetro – dimensão do diâmetro do tronco ou de árvores.

d = diâmetro (cm ou m)

DAP = diâmetro a altura do peito, medido a altura de 1,30 m

$d_{0,5}$  = diâmetro no meio da tora ( $d_m$ )

$d_g$  = diâmetro da área transversal média

$d_{com}$  = diâmetro comercial (diâmetro mínimo de utilização, ex. 8 cm )

Outras dimensões:

$h$  = altura (m)  $h_g$  = altura correspondente ao diâmetro da área transversal

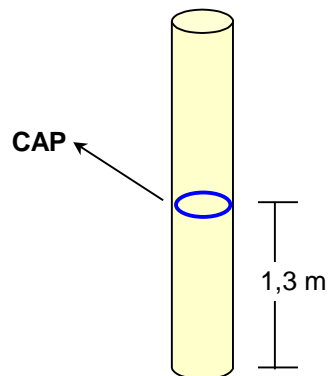
$g$  = área transversal de uma árvore, ou tronco ( $\text{cm}^2$  ou  $\text{m}^2$ )

$G$  = área basal por hectare ( $\text{m}^2$ )

$L$  = comprimento (m)

$c$  = circunferência (cm ou m)

CAP = circunferência a altura do peito



$V$  = volume do povoamento

$v$  = volume de uma árvore, tora.

st = estereo

Outros termos

$F_f$  = fator de forma da árvore

ICA = incremento corrente anual

IMA = incremento médio anual

$I_t$  = incremento total ou  $P_t$  = produção total

$n$  = número de amostras

$N$  = número de árvores por povoamento ou por hectare.

c/c = com casca

s/c = sem casca

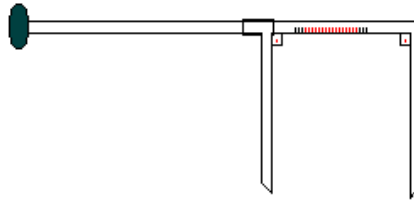
### 3.1. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE TORAS

#### 3.1.1. Instrumentos

SUTAS – instrumentos utilizados para a medição de diâmetros, consistem de:

- régua graduada
- braço fixo e,
- braço móvel

Exemplo:



Aspectos importantes a serem observados para medições corretas:

- A régua graduada deve ser reta e firme,
- A escala deve ser bem visível
- Os braços devem ser paralelos e estarem no mesmo plano longitudinal.

### 3.1.2. Trenas

As trenas são utilizadas para medição de diâmetros e comprimento.

Para a determinação do diâmetro mede-se primeiro sua circunferência (na medição florestal aceita-se que a circunferência do tronco corresponda a um círculo).

$$c = 2 \pi \times r \quad \text{OU} \quad c = \pi \times d$$

Então, para se obter o diâmetro : **d = C ÷ π**

Na realidade, a seção transversal de um tronco raramente corresponde a um círculo o que acarreta pequenos erros nos cálculos.

### 3.1.3. Vara de Biltmore

A vara de Biltmore é usada para medir diâmetros quando não se exige muita precisão. Consiste de uma régua graduada estreita com cerca de 60 cm, sua graduação é feita de acordo com a seguinte fórmula:

$$S = D \div (\sqrt{1 + (d \div L)^2})$$

S = Diâmetro

D = Diâmetro desejado a corrigir e L = comprimento do fio

Mede-se o diâmetro com a vara, sendo encostada horizontalmente contra a árvore e o olho do observador afastado a 50 cm desta (comprimento do fio). A

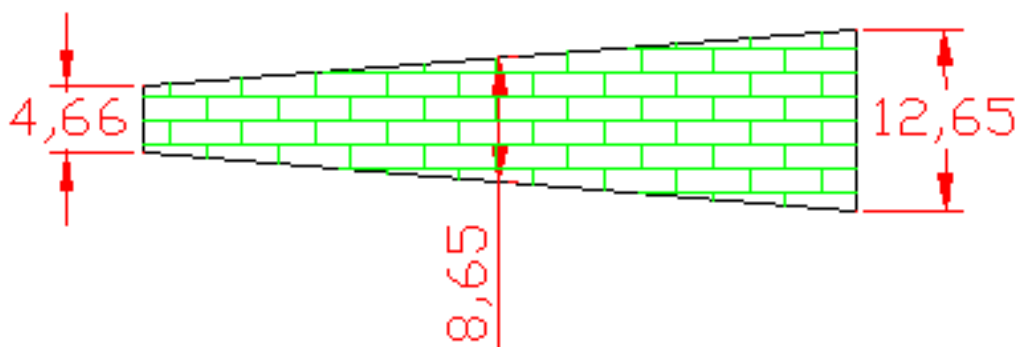


cabeça do observador deve ser mantida imóvel e a vara movida até o zero coincidir exatamente com a linha da vista, para o lado esquerdo do tronco. Onde a graduação da vara coincidir com a linha da vista do observador, para o lado oposto do tronco, é indicado na escala inferior, o diâmetro desta.

### 3.2. CÁLCULO DO VOLUME DE TORAS

Os troncos são bastante irregulares e não existem dois que sejam totalmente idênticos.

Contudo os troncos apresentam uma forma geométrica semelhante a um cilindro. Desta forma alguns métodos são utilizados.



#### HUBER

Quando o diâmetro é tirado na metade do comprimento da tora ( $d_{0,5}$ ) e o volume é calculado como se a tora fosse um cilindro. A diferença para menos na parte superior é compensada pela diferença a mais na parte inferior.

$$V = d^2 \times (\pi \div 4) \times h \quad \text{ou} \quad v = g_m \times h$$

Onde:

$$g_m = d^2 \times (\pi \div 4)$$

O volume calculado desta forma é relativamente exato se a forma aproxima-se de um cilindro, porém os erros podem ser consideráveis e os volumes podem ser subestimados para as outras formas de tronco.

#### SMALIAN

A fórmula de Smalian considera o diâmetro da base e do topo. Depende muito do diâmetro da forma das extremidades da tora, muitas vezes a influência da base é maior e assim ocorre uma superestimativa do volume.

$$V = [d_b^2 \times (\pi \div 4) + d_t^2 \times (\pi \div 4)] \div 2 \times h$$

$$\text{ou } v = [(g_b + g_t) \div 2] \times h$$

## **NEWTON**

Esta fórmula equilibra os erros das anteriores porque atribui peso maior ao diâmetro do meio da tora (peso 4):

$$V = [d_b^2 \times (\pi \div 4) + 4 \times d_m^2 \times (\pi \div 4) + d_t^2 \times (\pi \div 4)] \div 6 \times h$$

$$\text{ou } v = [(g_b + 4 \times g_m + g_t) \div 6] \times h$$

Para uma estimativa rápida do volume de uma tora pode-se utilizar a seguinte fórmula

$$v = d_m^2 \times h \times 0,8 \text{ onde } 0,8 \text{ é a aproximação de } (\pi \div 4) = 0,7853$$

## **IV. Determinação do volume da árvore em pé**

O volume é calculado segundo a fórmula:

$$V = DAP^2 \times (\pi \div 4) \times h \times F_f$$

h = altura da árvore

F<sub>f</sub> = Fator de forma

A influência da correta medição do DAP é bastante expressiva pois o diâmetro é elevado ao quadrado e, quando se calcula a área transversal, o erro será também aumentado, por isso a medição deve ser a mais precisa possível.

Exemplo:

DAP errado = 0,22 m

DAP correto = 0,20 m

Erro = 10%

$$g = 0,038 \text{ m}^2$$

Erro = 22,5%

$$g = 0,031 \text{ m}^2$$

### 3.1. 2. MEDIÇÃO DA ALTURA

Instrumentos de medição:

**HIPSÔMETROS** – são instrumentos que servem para medir alturas de árvores para posterior determinação do volume.

#### 2.1. Hipsômetro de BLUME-LEISS

Funciona com base no princípio trigonométrico, ou seja, transforma automaticamente ângulos (graus) em distâncias (metros). Consiste de um visor com um pêndulo, que mostra em quatro escalas as alturas em dependência das distâncias em que se faz a visada (15, 20, 30 ou 40 m). Possui também uma quinta escala que serve para medir declividades.

O instrumento possui um visor ótico que permite a determinação da distância do operador e a árvore com o auxílio de uma mira.

As medidas são precisas, é de fácil manuseio, possibilita medir distâncias e declividades, contudo em florestas densas torna-se difícil medir as distâncias e alturas devido a má visibilidade.

#### 2.2. Hipsômetro de HAGA

Utiliza princípios semelhantes ao de Blume-Leiss.

#### 2.3. Hipsômetro de CHRISTEN

Baseia-se na semelhança de triângulos. Consiste de uma régua de 30 cm de comprimento, onde a marca de 3 cm esta salientemente marcada. O processo de medição consiste em enquadrar a árvore nos 30 cm. A partir disso, mede-se a altura correspondente aos 3 cm na árvore e multiplica-se por 10, obtendo-se a altura aproximada da árvore.

#### 2.4. PRANCHETA DENDROMÉTRICA

Consiste de uma tábua graduada de 30 cm com altura de 10 cm. A graduação inicia-se no meio da tábua, e no meio na parte superior esta fixado um pendulo. O princípio é o mesmo do Hipsômetro de Blume-Leiss. Serve para medir alturas entre 5 e 15 m.

Método auxiliar.

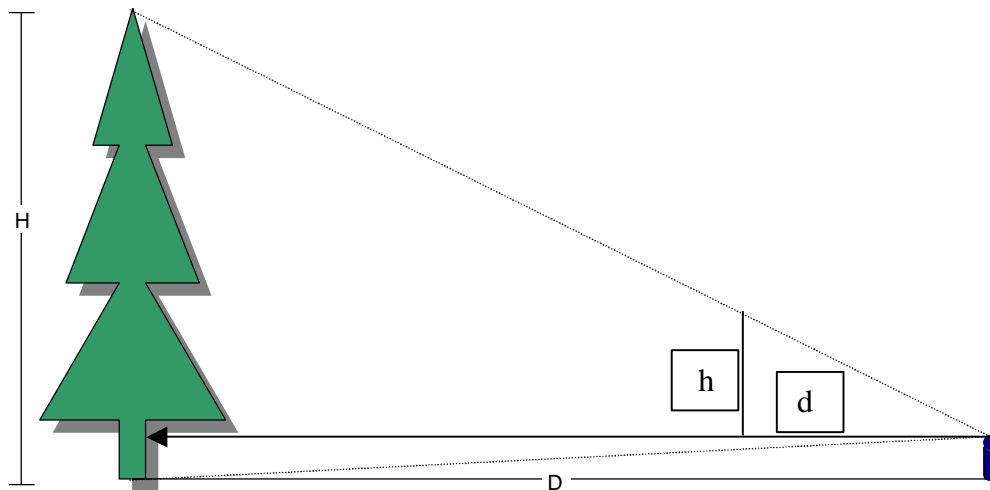
É uma maneira simples de se medir a altura através de semelhança de triângulos.

Utiliza-se um bastão reto que tenha o comprimento igual à distância “olho até a ponta do braço esticado”. Segurando-se o bastão pela sua extremidade, na vertical e mantendo o braço esticado, perpendicular ao corpo, aproxima-se ou afasta-se da árvore até que o ápice da árvore coincida com a ponta do bastão ( alinham-se olho, ponta do bastão e ápice da árvore).

A altura da árvore será a distância do operador até a árvore, acrescida da altura do solo até a parte inferior do bastão.

#### 2.5. SEMELHANÇA DE TRIANGULOS

É o mesmo processo do anterior. Tome uma régua e se afaste da árvore até que, mantendo o braço esticado a ponta da régua fique nivelada com a ponteira da árvore.



Meça a distância do seu ponto até a árvore (D).

Com a altura da régua (h) e distância (comprimento) de seu braço (d), poder-se-á por semelhança de triângulo determinar a altura da árvore. Não se deve esquecer de somar a altura do solo à altura da linha de seu braço.

$$H/h = D/d$$

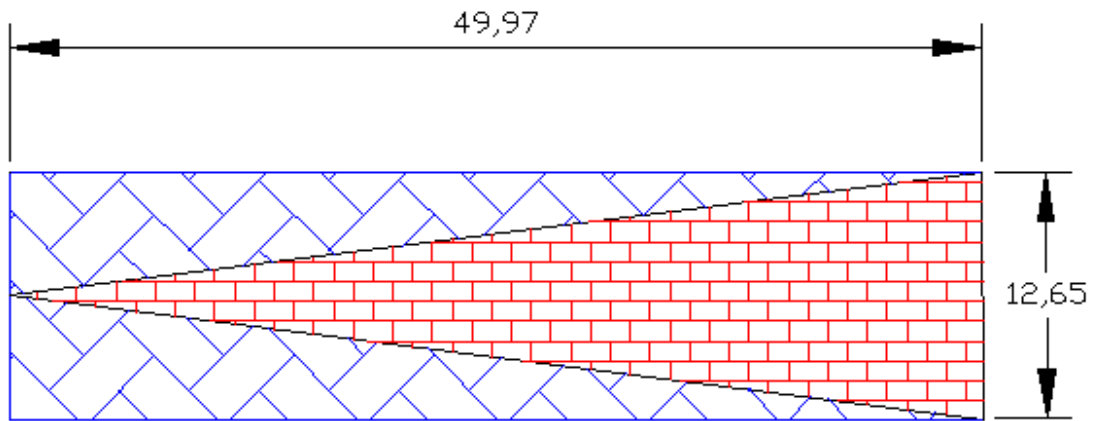
## **V. FATOR DE FORMA**

Além do diâmetro e da altura (ou comprimento), a forma do tronco é o terceiro fator que influencia o volume. No caso de árvores em pé, pelo fato de se medir apenas o DAP, utiliza-se o fator de forma para correção do volume do cilindro para se obter o volume real.

O Fator de Forma é definido pela relação do volume real dividido pelo volume do cilindro, com o diâmetro correspondente ao DAP.

### **3.1. Determinação do Fator de Forma**

Dependendo do tamanho e homogeneidade do povoamento florestal, entre 5 a 10 árvores representativas deste povoamento são cortadas e medidas, determinando-se o volume de seções de 2 em 2 metros através da fórmula de HUBER, sendo o somatório de todas as seções o volume real.



Fator de Forma (FF) = Volume do Cone / Volume do Cilindro

$$FF = \frac{(1/3) * \pi * (12,65/100/2)^2 * 49,97}{(12,65/100)^2 * 49,97}$$

$$FF = 0,209 / 0,628$$

$$FF = 0,33$$