

# Inventário Florestal

## Medição e avaliação de variáveis da árvore

Licenciatura Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais  
2º ano, 2º semestre

Paula Soares  
Ano letivo 2020-21

**Exercício:**  
3.2.3, 1), página 11

Determine, por cubagem rigorosa, o volume total com e sem casca de uma das árvores abatidas cujas fichas de medição se encontram nas figuras 3A a 3I.

Determine o volume por categorias de aproveitamento com casca correspondente aos diâmetros de despona de 20, 12 e 6 cm, sem restrições de comprimento, estimando a altura destes diâmetros de despona por interpolação linear entre os diâmetros da base e do topo do toro no qual se encontrem.

Faça um gráfico dos volumes sobre os diâmetros das árvores e veja que existe, de facto, uma relação entre o volume das árvores e os correspondentes diâmetros.

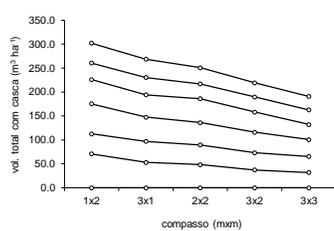
**Exercício:**

**3.2.3, 2), página 21**

Determine, por cubagem rigorosa, o volume total com e sem casca de cada uma das árvores abatidas cujas fichas de medição se encontram nas figuras 4A a 4E.

A qual compasso corresponde o maior volume da árvore média? Consegue explicar porquê?

Assumindo que não existe mortalidade, multiplique agora o volume da árvore média pelo número de árvores por ha. A qual compasso corresponde o maior volume por ha? Consegue explicar porquê?



idade	Nv	1x2		3x3		
		Vtcc	varvm	Nv	Vtcc	varvm
1,0	4413	0,00	0,0000	1032	0,00	0,0000
2,6	4286	60,50	0,0141	981	31,68	0,0323
3,6	4209	107,72	0,0256	975	65,06	0,0667
4,6	4133	162,54	0,0393	952	101,78	0,1069
5,6	3954	204,79	0,0518	941	142,51	0,1515
6,5	3852	237,31	0,0616	941	168,00	0,1785
7,6	3571	278,34	0,0779	924	202,11	0,2187
8,6	3571	323,71	0,0907	924	244,32	0,2644
9,5	3546	343,01	0,0967	901	272,73	0,3027
13,3	3240	431,78	0,1333	879	377,78	0,4298

Inventário Florestal, 16 de fevereiro de 2021



idade	Nv	Nm	%mortas	G	hd	dd	hm	dg	dmax	Vtcc	ac	ama	vmed	Vtsc	Vmcc	Vmsc	
1.0	4413	587	5000	0.12	0.0	3.5	0.0	2.0	0.0	0.0			0.0000	0.0	0.0	0.0	
2.6	4286	714	5000	0.14	11.9	13.2	10.6	9.3	5.9	11.8	60.5	38.2119	23.4202	0.0141	56.8	11.5	11.2
3.6	4209	791	5000	0.16	18.0	15.8	13.0	10.8	7.4	14.9	107.7	47.2134	30.0602	0.0256	101.9	47.0	44.8
4.6	4133	867	5000	0.17	22.3	19.1	15.0	12.4	8.3	17.0	162.5	54.8239	35.4632	0.0393	153.6	91.9	86.9
5.6	3954	1046	5000	0.21	25.3	21.3	16.7	14.9	9.0	19.2	204.8	42.2516	36.6790	0.0518	193.5	132.6	125.1
6.5	3852	1148	5000	0.23	27.9	22.4	17.7	16.0	9.6	20.4	237.3	35.4769	36.5095	0.0616	224.5	165.7	156.4
7.6	3571	1429	5000	0.29	30.2	24.3	19.0	17.5	10.4	21.6	278.3	37.8768	36.7048	0.0779	263.2	210.2	198.1
8.6	3571	1429	5000	0.29	31.5	26.8	19.7	19.7	10.6	22.1	323.7	45.3667	37.7139	0.0907	304.9	249.0	233.7
9.5	3546	1480	5026	0.29	33.1	27.2	20.8	20.8	11.0	23.2	343.0	21.0556	36.1066	0.0967	323.6	271.8	255.6
13.3	3240	1760	5000	0.35	37.0	30.5			12.1	25.9	431.8	23.6713	32.5871	0.1333	406.7	363.7	341.4
1.0	1032	91	1123	0.08	0.0	3.2	0.0	2.0	0.0	0.0			0.0000	0.0	0.0	0.0	
2.6	981	142	1123	0.13	6.6	11.9	12.7	10.2	9.3	14.4	31.7	20.0103	12.2644	0.0323	29.1	21.3	19.5
3.6	975	147	1122	0.13	11.3	14.7	16.1	13.0	12.1	18.3	65.1	33.3812	18.1575	0.0667	60.5	54.9	50.9
4.6	952	170	1122	0.15	14.1	18.4	18.4	15.9	13.7	20.5	101.8	36.7164	22.2067	0.1069	94.5	90.7	83.9
5.6	941	181	1122	0.16	17.0	21.3	20.2	18.4	15.2	22.8	142.5	40.7340	25.5250	0.1515	132.3	131.1	121.4
6.5	941	181	1122	0.16	19.2	22.3	21.2	19.8	16.1	24.1	168.0	27.8030	25.8463	0.1785	156.4	156.8	145.6
7.6	924	198	1122	0.18	21.8	23.8	22.8	20.9	17.3	25.9	202.1	31.4895	26.6524	0.2187	188.5	191.4	178.1
8.6	924	198	1122	0.18	23.4	26.6	23.9	23.7	18.0	27.3	244.3	42.2084	28.4648	0.2644	227.2	232.8	216.0
9.6	901	221	1122	0.20	24.7	28.1	25.0	24.6	18.8	28.5	272.7	28.4042	28.4585	0.3027	253.5	261.4	242.5
13.3	879	232	1111	0.21	29.2	32.9			20.6		377.8	28.6499	28.5114	0.4298	350.6	366.1	339.2

Inventário Florestal, 16 de fevereiro de 2021



**Exercício:**

**3.2.1-2, página 6**

**Para cada uma das árvores que representou graficamente no exercício anterior:**

**Calcule o coeficiente de forma ordinário e o coeficiente de forma baseado no diâmetro a 15% da altura da árvore.**

**Qual lhe parece mais adequado para comparar a forma de árvores de tamanhos diferentes?**

**Com base no coeficiente de forma selecionado na alínea anterior, diga qual é a árvore mais cônica.**

---

Inventário Florestal, 16 de fevereiro de 2021



## Estimação de volume

**Três tipos de equações de volume:**

**Equações de volume total (EVT)**

} Permite calcular vol total

**Equações de volume percentual (EVP)**

**Até um diâmetro de desponta (di)**

**Até uma altura de desponta (hi)**

} Permite calcular vol por categorias de aproveitamento

**Equações de perfil do tronco (EPT)**

} Permite calcular vol total e vol por categorias de aproveitamento

---

Inventário Florestal, 16 de fevereiro de 2021



## Equações de volume total (EVT)

São equações, ajustadas por regressão, que estimam o volume total (v) da árvore em função do diâmetro (d) e da altura total (h)

Existem equações que estimam volume total com casca e com cepo, com casca e sem cepo.....

Estas equações, por serem obtidas por técnicas estatísticas de regressão, têm de ser aplicadas com as variáveis nas unidades usadas no ajustamento. Frequentemente, o d entra em cm, a altura em m e obtém-se o volume em m<sup>3</sup>.

Tabela 7a. Equações utilizadas na estimação do volume com casca e cepo

Modelos		IFN5 2005-06				
(1a) $v = \beta_0 \left(\frac{d}{100}\right)^{\beta_1} h^{\beta_2}$	(1b) $v = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$					
(2) $v_{2.5} = \frac{\beta_0}{1000} (d^2 h)^{\beta_1}$						
(3) $v = \beta_0 d^2 h$						
(4a) $v_{u7.5} = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$	(4b) $v_{7.5} = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$					
Espécie	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	Fonte
Pinheiro bravo	1a	0,7520	2,0706	0,8031	-	Tomé et al., 2007d
Eucalipto	1a	0,2105	1,8191	1,0703	-	Tomé et al., 2007b
Sobreiro	4a	0,000460	2,0302	-	-	Paulo e Tomé, 2006
Azinhreira	4b	0,000452	1,9783	-	-	Paulo e Tomé, 2006
Carvalhos	2	0,08011	0,9220			Carvalho, 2000
Pinheiro manso	1b	0,000094	1,9693	0,6530		Tomé et al., 2007d
Castanheiro	3	0,00003299				Patrício, 2006
Acácia	3	0,00003299				Patrício, 2006
Outras folhosas	2	0,08011	0,9220			Carvalho, 2000
Outras resinosas	1a	0,7520	2,0706	0,8031	-	Tomé et al., 2007d

$d$  – diâmetro da árvore medido a 1,30 m de altura (cm);  $h$  – altura total da árvore (m);  $v$  – volume com casca e com cepo;  $v_{2.5}$  - volume com casca e com cepo até um diâmetro de despona de 2,5 cm (Carvalhos e folhosas diversas);  $v_{7.5}$  - volume com casca e com cepo até um diâmetro de despona de 7,5, incluindo braças (Azinhreira),  $v_{u7.5}$  - volume sem casca e com cepo até um diâmetro de despona de 7,5, incluindo braças (Sobreiro).

## Equações de volume percentual (EVP)

São equações, ajustadas por regressão que estimam a percentagem do volume (P) da árvore que se situa abaixo de um determinado diâmetro de despona ( $d_i$ ) ou abaixo de uma determinada altura de despona ( $h_i$ )

Ex.:

$$P_{d_i} = \frac{V_{d_i}}{V} = e^{-0.7084 \frac{d_i^{4.5317}}{d^{4.3164}}} \quad P_{h_i} = \frac{V_{h_i}}{V} = 1 + \left( -0.8950 \frac{(h-h_i)^{2.37798}}{h^{2.33908}} \right)$$

Permitem a repartição do volume por categorias de aproveitamento

**Tabela 7b. Equações utilizadas na estimação dos volumes mercantis de pinheiro bravo e eucalipto (sem ceppo e sem casca)**

**Modelos**

**IFN5 2005-06**

(1a)  $v_{\_st} = \beta_0 \left( \frac{d}{100} \right)^{\beta_1} h^{\beta_2}$       (1b)  $vu_{\_st} = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$

(2)  $Pvudi_{\_st} = \frac{vudi_{\_st}}{vu_{\_st}} = e^{-\beta_0 \frac{d_i^{\beta_1}}{d^{\beta_2}}}$

(3)  $d_i = d \left[ -\beta_0 \left( \frac{h_i}{h} - 1 \right) + \beta_1 \left( \frac{h_i^2}{h^2} - 1 \right) \right]^{0.5}$

Espécie	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	Fonte
Pinheiro bravo $vu_{\_st}$	(1b)	0,0000247	2,1119	0,9261		Falcão, 1994
Pinheiro bravo $Pvudi_{\_st}$	(2)	1,41300	4,3488	4,3188	-	Falcão, 1994
Pinheiro bravo $d_i$	(3)	2,1823	0,8591			Falcão, 1994
Eucalipto $vu_{\_st}$	(1a)	0,1241	1,7829	1,1564		Tomé et al, 2007b
Eucalipto $Pvudi_{\_st}$	(2)	0,6022	4,7767	4,4125	-	Tomé et al, 2007b

$d$  – diâmetro da árvore medido a 1,30 m de altura (cm);  $h$  – altura total da árvore (m);  $vu_{\_st}$  – volume total sem casca e sem ceppo ( $m^3$ );  $d_i$  – diâmetro (cm) medido à altura  $h_i$  (m);  $vudi_{\_st}$  – volume sem casca e sem ceppo até ao diâmetro de despona  $d_i$  ( $m^3$ );  $Pvudi_{\_st}$  – proporção de volume sem casca e sem ceppo até ao diâmetro de despona  $d_i$ .

## Equações de perfil do tronco (EPT)

São equações ajustadas por regressão que estimam diâmetros ao longo do tronco ( $d_i$ ) em função da altura a que se encontram ( $h_i$ ), do diâmetro a 1.30 m ( $d$ ) e da altura total ( $h$ )

Com uma EPT é possível calcular a área seccional em qualquer ponto do perfil da árvore; o integral entre 0 e  $h$  corresponde ao volume total da árvore

A EPT também pode ser usada para estimar todos os diâmetros que seriam necessários medir para proceder à cubagem rigorosa da árvore com base na fórmula de Smalian

**Tabela 7b. Equações utilizadas na estimação dos volumes mercantis de pinheiro bravo e eucalipto (sem ceppo e sem casca)**

Espécie	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	Fonte
Pinheiro bravo vu_st	(1b)	0,0000247	2,1119	0,9261		Falcão, 1994
Pinheiro bravo Pvud_st	(2)	1,41300	4,3488	4,3188	-	Falcão, 1994
Pinheiro bravo di	(3)	2,1823	0,8591			Falcão, 1994
Eucalipto vu_st	(1a)	0,1241	1,7829	1,1564		Tomé et al, 2007b
Eucalipto Pvud_st	(2)	0,6022	4,7767	4,4125	-	Tomé et al, 2007b

$d$  – diâmetro da árvore medido a 1,30 m de altura (cm);  $h$  – altura total da árvore (m);  $vu\_st$  – volume total sem casca e sem ceppo ( $m^3$ );  $di$  – diâmetro (cm) medido à altura  $h_i$  (m);  $vudi\_st$  – volume sem casca e sem ceppo até ao diâmetro de despona  $d_i$  ( $m^3$ );  $Pvudi\_st$  – proporção de volume sem casca e sem ceppo até ao diâmetro de despona  $d_i$ .

**IFN5 2005-06**

(1a)  $vu\_st = \beta_0 \left(\frac{d}{100}\right)^{\beta_1} h^{\beta_2}$       (1b)  $vu\_st = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$

(2)  $Pvudi\_st = \frac{vudi\_st}{vu\_st} = e^{-\beta_0 \frac{d_i^{\beta_1}}{d^{\beta_2}}}$

(3)  $d_i = d \left[ -\beta_0 \left(\frac{h_i}{h} - 1\right) + \beta_1 \left(\frac{h_i^2}{h^2} - 1\right) \right]^{0.5}$

**Exercício:**  
**3.2.5, página 27**

Em relação às árvores indicadas no ficheiro excel faça a avaliação indireta de:

a) volume total (m<sup>3</sup>) com uma EVT

$$v = 0.00005126 d^{2.0507} h^{0.8428} \quad \text{com } d \text{ (cm) e } h \text{ (m)}$$

arv1: d=25.5 cm; h=12.9 m arv2: d=22.5 cm; h=10.9 m

b) volume total (m<sup>3</sup>) com uma EPT

$$d_i = d \sqrt{-2.1823 \left(\frac{h_i}{h} - 1\right) + 0.8591 \left(\frac{h_i^2}{h^2} - 1\right)} \quad \text{com } d \text{ (cm) e } h_i, h \text{ (m)}$$

arv1: d=25.5 cm; h=12.9 m

---

Inventário Florestal, 16 de fevereiro de 2021



**Exercício:**  
**3.2.5, página 27**

Em relação às árvores indicadas no ficheiro excel faça a avaliação indireta de:

c) volume por categorias de aproveitamento com uma EVP  
(diâmetro de despona a 6, 18, 25 cm)

$$Pd_i = \frac{vd_i}{v} = e^{-0.7084 \frac{d_i^{4.5317}}{d^{4.3164}}}$$

com  $d_i$  (cm)

arv1: d=25.5 cm; h=12.9 m

---

Inventário Florestal, 16 de fevereiro de 2021



**Exercício:**  
**3.2.5, página 27**

**d) volume por categorias de aproveitamento mas com uma EPT  
(despontas a 5, 18, 25 cm)**

**e) igual a c), mas considerando toros de madeira ( $d_i > 25$  cm) com  
comprimento  $> 2$  m**

**f) igual a c), mas considerando toros de madeira ( $d_i > 25$  cm) com  
comprimento = 2 m**