

Medição e avaliação de variáveis da árvore

Inventário Florestal

**Licenciatura em Eng^a Florestal e dos Recursos Naturais
4^o semestre**

2015-2016

PRÉ-REQUISITOS

INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS FLORESTAIS (10 h)

Variável dendrométrica

Qualquer variável dendrométrica pode ser obtida:

Medição direta – ex., diâmetro medido a 1.30 m de altura

Medição indireta – ex., altura (obtida com o hipsómetro)

Estimação – ex., altura (obtida por uma curva hipsométrica)

Copa da árvore

As variáveis da copa não são registadas frequentemente nos inventários florestais em consequência da dificuldade de que se reveste a medição destas variáveis

As variáveis da copa que são medidas com maior frequência são:

- ✓ **Altura da base da copa**
- ✓ **Raios ou diâmetros da copa e área da copa**
- ✓ **Área foliar**

Altura da base da copa, profundidade da copa e proporção de copa

Métodos para avaliar a altura da base da copa

A medição direta e indireta da altura da base da copa faz-se com os aparelhos já descritos para a altura total: vara telescópica e hipsómetros

Altura da base da copa, profundidade da copa e proporção de copa

Métodos para avaliar a altura da base da copa

✓ Estimação:

- da altura da base da copa
- da proporção de copa

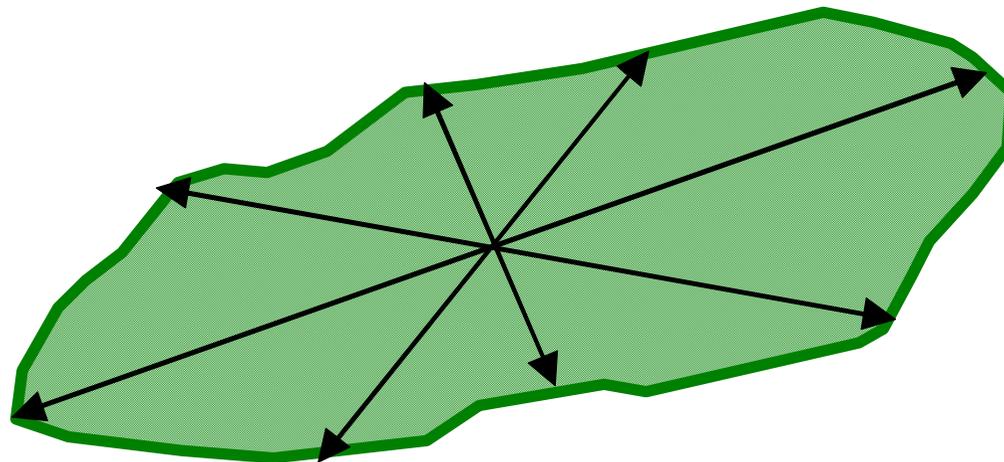
$$pc = \frac{1}{1 - e^{-5.76111 - 12.33413 \frac{1}{t} - 0.27179 \frac{N}{1000} - 0.17543 \text{ hdom} - 0.20559 d}}$$

Raios da copa e área de copa

A copa das árvores pode ser de contorno bastante irregular



há que medir os raios em mais do que uma direcção
pelo menos, 4 raios segundo os pontos cardeais ou, no caso de
copas bastante irregulares, 8 raios, segundo os pontos cardeais
e colaterais



Raios da copa e área de copa

No caso das árvores bastante tortas, nas quais a copa se encontra de tal modo deslocada que não “cobre” o diâmetro à altura do peito, há que encontrar um centro “fictício” localizado aproximadamente no centro da copa na direção que une o centro da árvore (a 1.30 m) a um dos pontos cardeais

Mede-se a distância entre o verdadeiro centro e o centro fictício, toma-se nota da direção segundo a qual se procedeu ao deslocamento do centro da copa e medem-se os raios a partir do centro “fictício”

A utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) no inventário florestal

O projeto AGROMAPPER

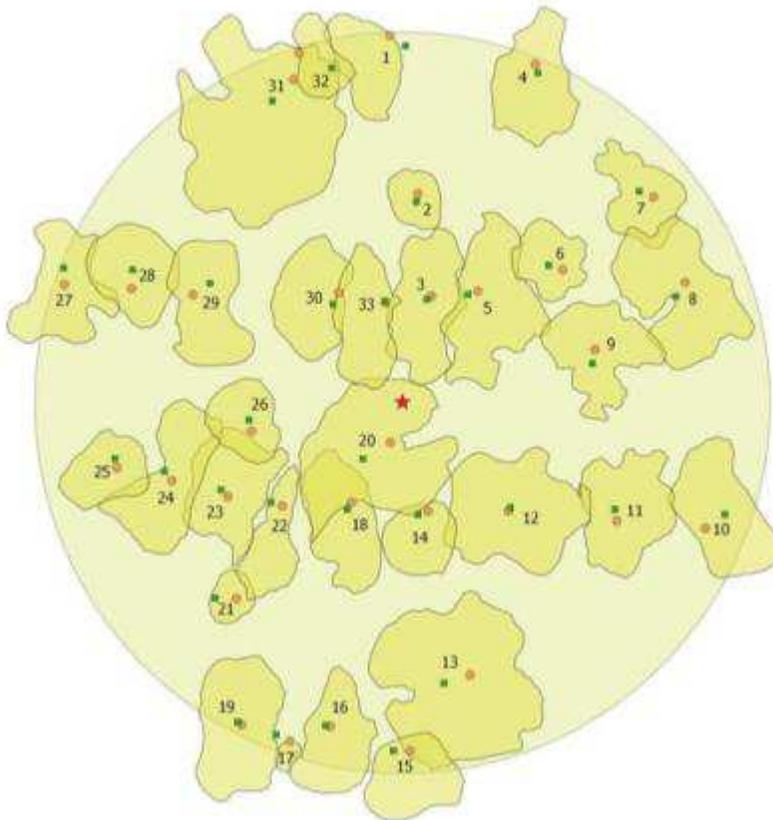


AGROMAPPER

Desenvolvimento de uma aplicação de *software* para processamento de fotografia aérea e visualização de informação relevante para aplicações em gestão florestal e agricultura de precisão

Metodologia

**Inventário florestal +
processamento de dados**

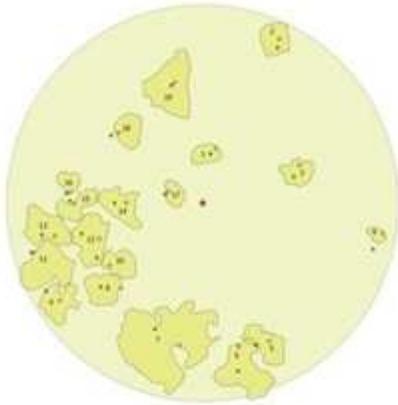


**Inventário com VANT S20 +
processamento de fotografia**

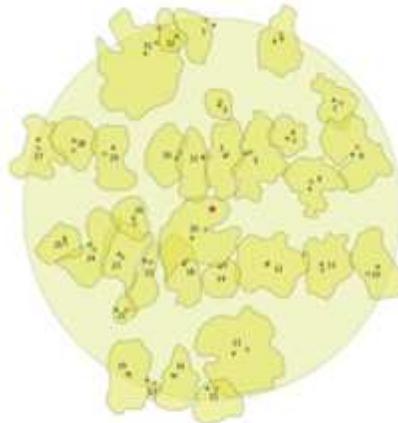
**número de
árvores
grau de cobertura**

**altura das
árvores/média
estado
fitossanitário**

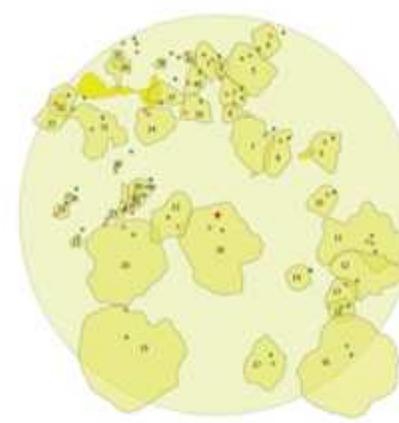
Resultados – número de árvores



n=19

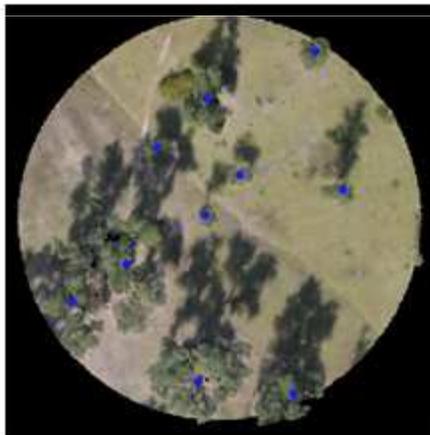


n=33



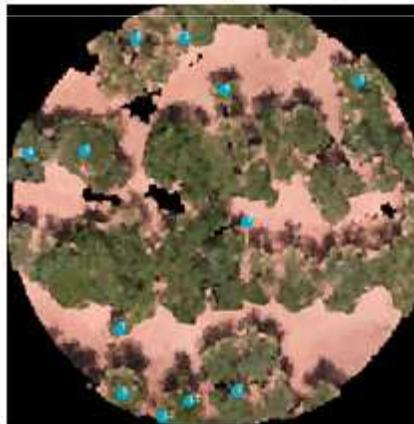
n=40

Ortomosaico e contagem de árvores a partir do processamento de fotografia aérea



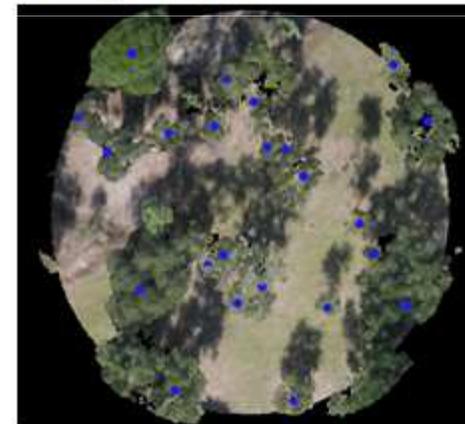
n=10

Parcela de montado esparso; n , número de árvores da parcela



n=12

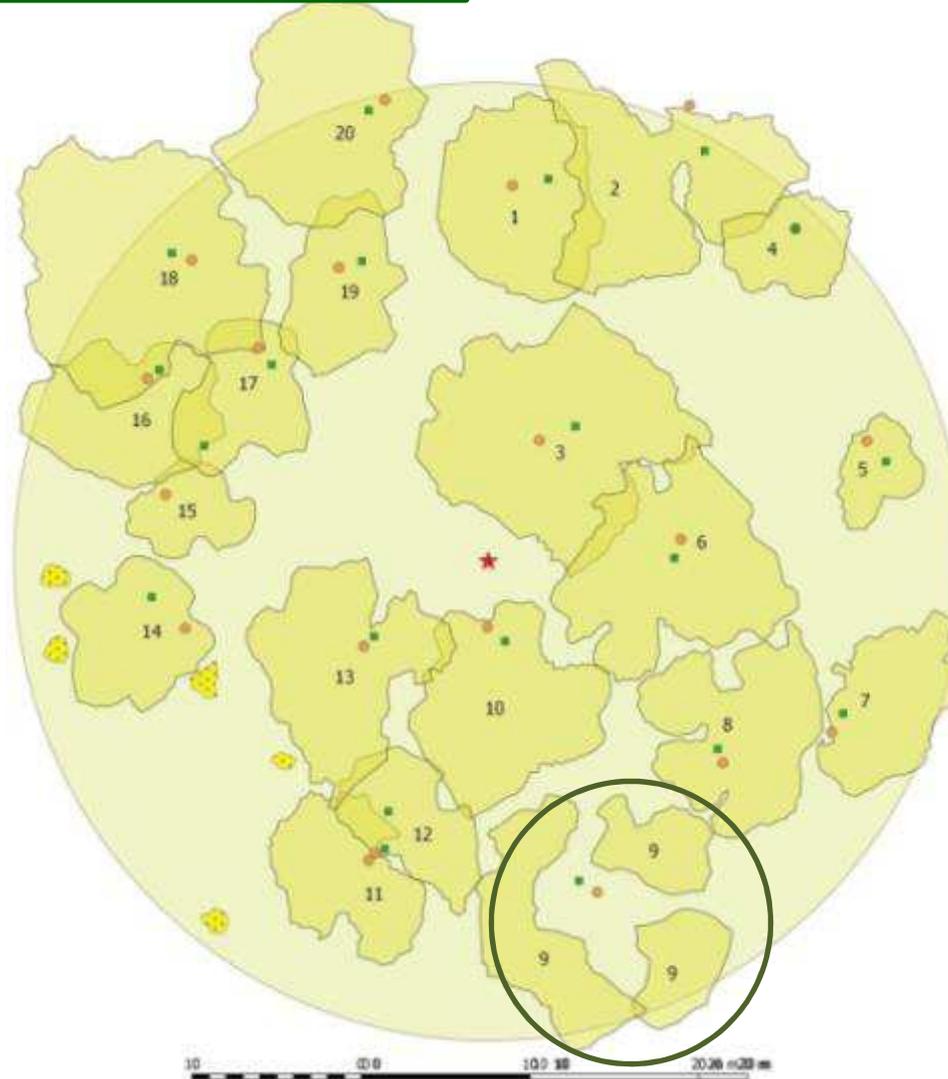
Parcela de montado plantado; n , nº de árvores da parcela



n=23

Parcela de montado denso; n , número de árvores da parcela

Resultados – número de árvores



Raios da copa e área de copa

A partir dos raios da copa (r_i), podem calcular-se diversas variáveis:

Diâmetro da copa (2 x raio médio):

$$d_{\text{copa}} = 2 \frac{\sum_{i=1}^{n_r} r_i}{n_r}$$

(n_r é o número de raios medidos)

Área da copa:

$$a_{\text{copa}} = \frac{\pi d_{\text{copa}}^2}{4}$$

Raios da copa e área de copa

Avaliação por estimação

pode utilizar-se o diâmetro ou a área da copa como variáveis dependentes

as variáveis independentes mais utilizadas são o d e diversas variáveis do povoamento relacionadas com a densidade do mesmo

Ex.,

Povoamentos jovens de sobreiro:

$$d_{\text{copa}} = 17.317 \cdot 1 - e^{-\left(0.01678 \cdot d_{cc} - 0.09756 \cdot \frac{d_{cc}}{d_{ccg}} - 0.03023 \cdot \frac{N}{1000}\right)}$$

Povoamentos adultos de sobreiro:

$$d_{\text{copa}} = 29.927 \cdot 1 - e^{-\left(0.006444 \cdot d_{sc} - 0.062943 \cdot \frac{d_{sc}}{d_{scg}}\right)}$$

Área foliar

A área foliar da árvore é a soma das áreas de cada folha individual; é uma medida da superfície fotossintetizadora

É uma variável considerada cada vez mais importante, embora a sua avaliação seja bastante difícil

Pode avaliar-se por:

Medição indireta por pesagem

Medição indireta através da medição da luz interceptada

Estimação

Área foliar

avaliação indirecta por pesagem

A avaliação indirecta desta variável implica o abate da árvore:

- após o abate da árvore separam-se todas as folhas dos respectivos ramos e raminhos**
- pesa-se, no campo, a totalidade das folhas da árvore, obtendo-se o chamado peso verde das folhas**
- retira-se uma amostra de folhas que seja representativa da totalidade das folhas da árvore**

Área foliar

avaliação indirecta por pesagem

Obtém-se o peso fresco da amostra de folhas ($wl_{amostra}$), no campo ou em laboratório

No laboratório, separam-se os limbos dos pecíolos e procede-se à medição das áreas dos limbos das folhas da amostra com aparelho próprio para a medição de áreas foliares ou após digitalização das folhas com scanner, obtendo-se assim a área foliar das folhas da amostra ($la_{amostra}$)

Área foliar

avaliação indirecta por pesagem

A área foliar da árvore é então obtida através da seguinte regra de 3 simples:

$$\begin{array}{ccc} w_{vf_amostra} & \text{-----} & la_amostra \\ w_{vf} & \text{-----} & la \end{array}$$

Vem portanto que:

$$la = w_{vf} \frac{la_amostra}{w_{vf_amostra}}$$

Área foliar avaliação indireta por pesagem

Se a árvore for grande esta sequência de operações deve ser realizada separadamente para cada um dos 3 terços da árvore: superior, médio e inferior

A área foliar da árvore será então obtida por soma das áreas foliares de cada terço da copa

Área foliar estimação

estimação da área foliar de eucaliptos em 1ª e 2ª rotação:

$$I_a = \{2189.527 - 99.037 G\} d^2 h_{bc} \{0.0494 - 0.0300 G\}$$

Ex.,

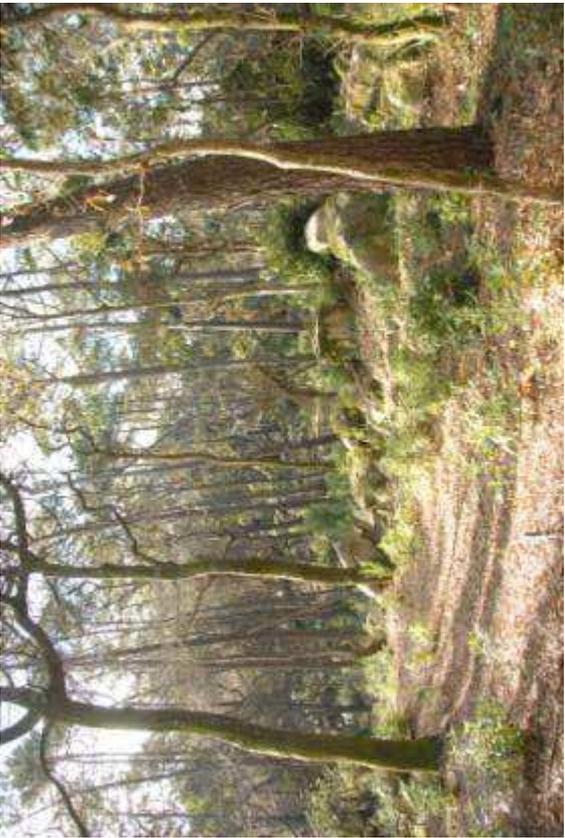
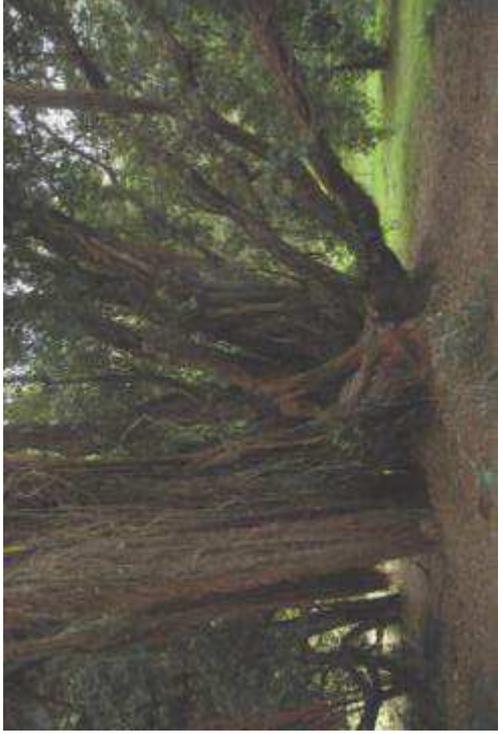
eucalipto, $d=25$ cm, $h_{bc}=14.5$ m, $G=24.5$ m² ha⁻¹

estimativa da área foliar: 43.7 m²

Forma

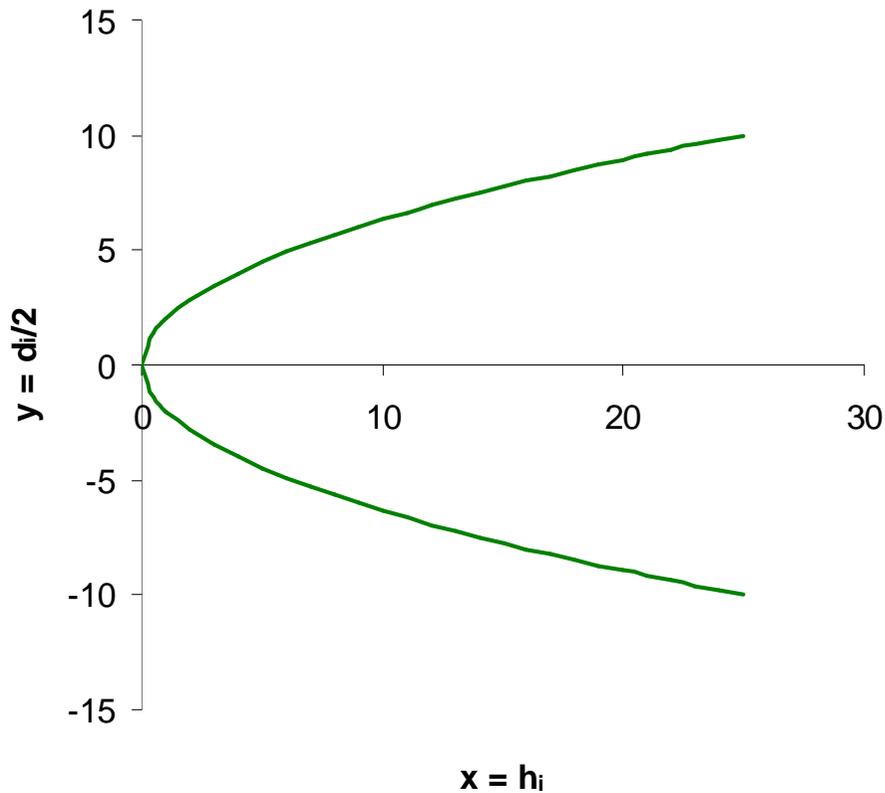
A forma dos troncos das árvores varia com:

- **espécie**
- **dentro da mesma espécie, de indivíduo para indivíduo**
- **em função da estação, das técnicas de silvicultura**
- **ao longo da vida de um mesmo indivíduo**



Forma

Equação da parábola ordinária



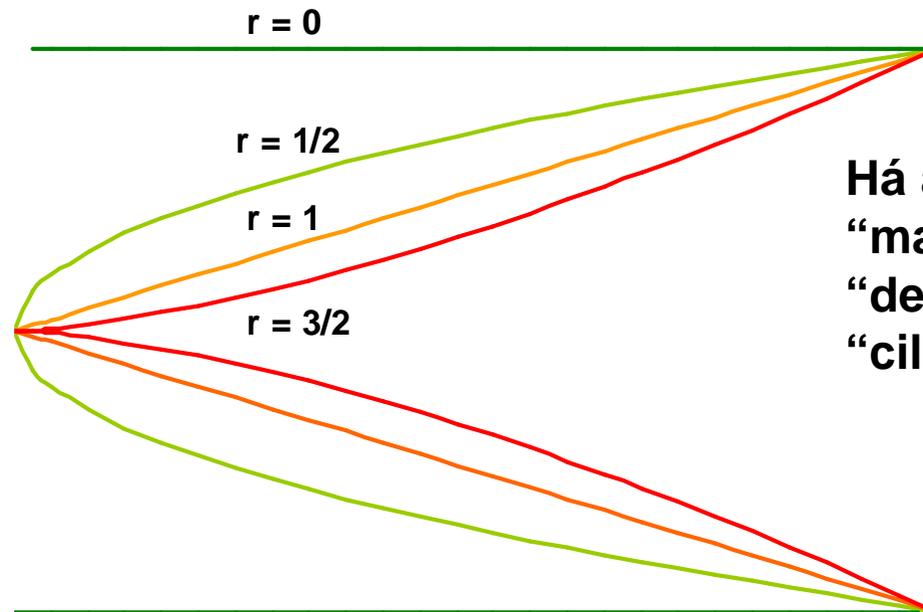
Muitas árvores apresentam perfis longitudinais que se ajustam à curva parabólica

$$y = \pm b x^{1/2}$$

com b real

Forma

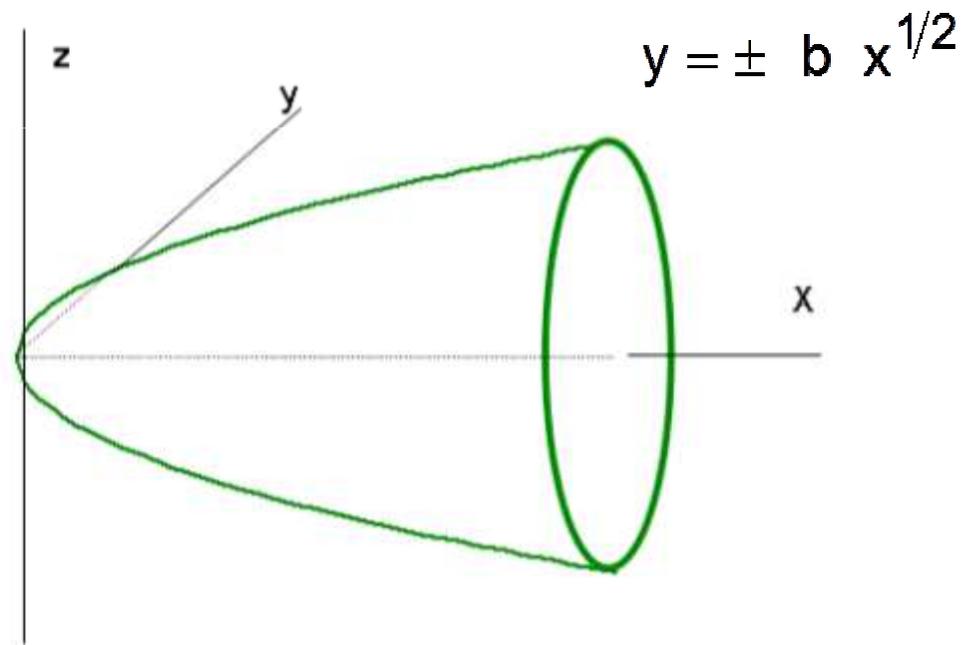
Família das parábolas generalizadas $y = \pm b x^r$



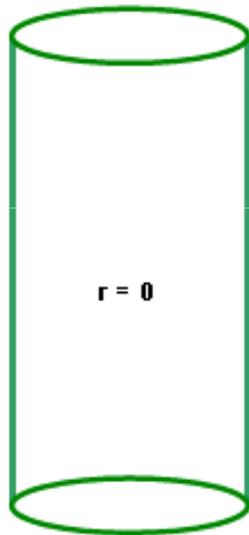
Há árvores com perfis
“mais cheios”, mais
“delgados”, mais
“cilíndricos”

Forma

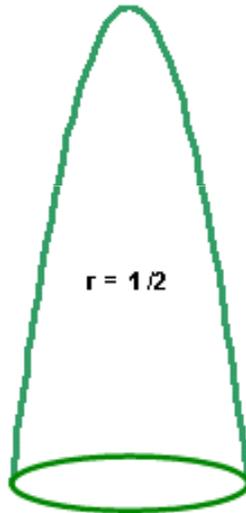
Parabolóide de revolução (gerado pela rotação de um ramo de uma parábola)



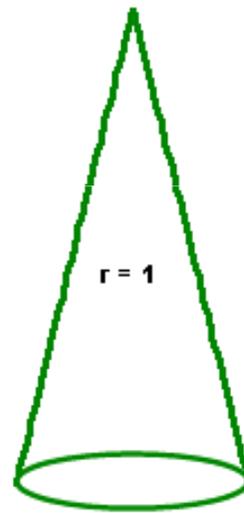
Forma - parabolóides de revolução



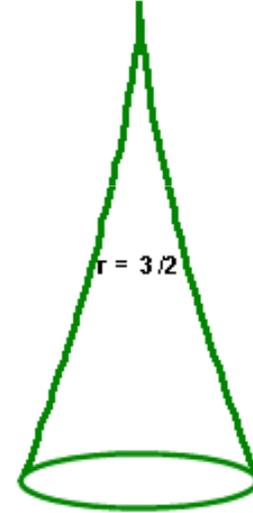
cilindro



parabolóide
ordinário



cone



neilóide

Forma – coeficientes de forma

Coeficiente de forma

razão entre o volume da árvore (ou de uma parte da árvore) e o volume de um cilindro padrão com a mesma altura do que a árvore e com um diâmetro selecionado para referência

Qualquer que seja o diâmetro de referência, quanto maior for o coeficiente de forma mais cilíndrica é a árvore

Forma – coeficientes de forma

Em função do diâmetro de referência utilizado tem-se:

Coeficiente de forma absoluto (f_0)

diâmetro referência: diâmetro da base da árvore

Coeficiente de forma ordinário (f)

diâmetro referência: diâmetro a 1.30m

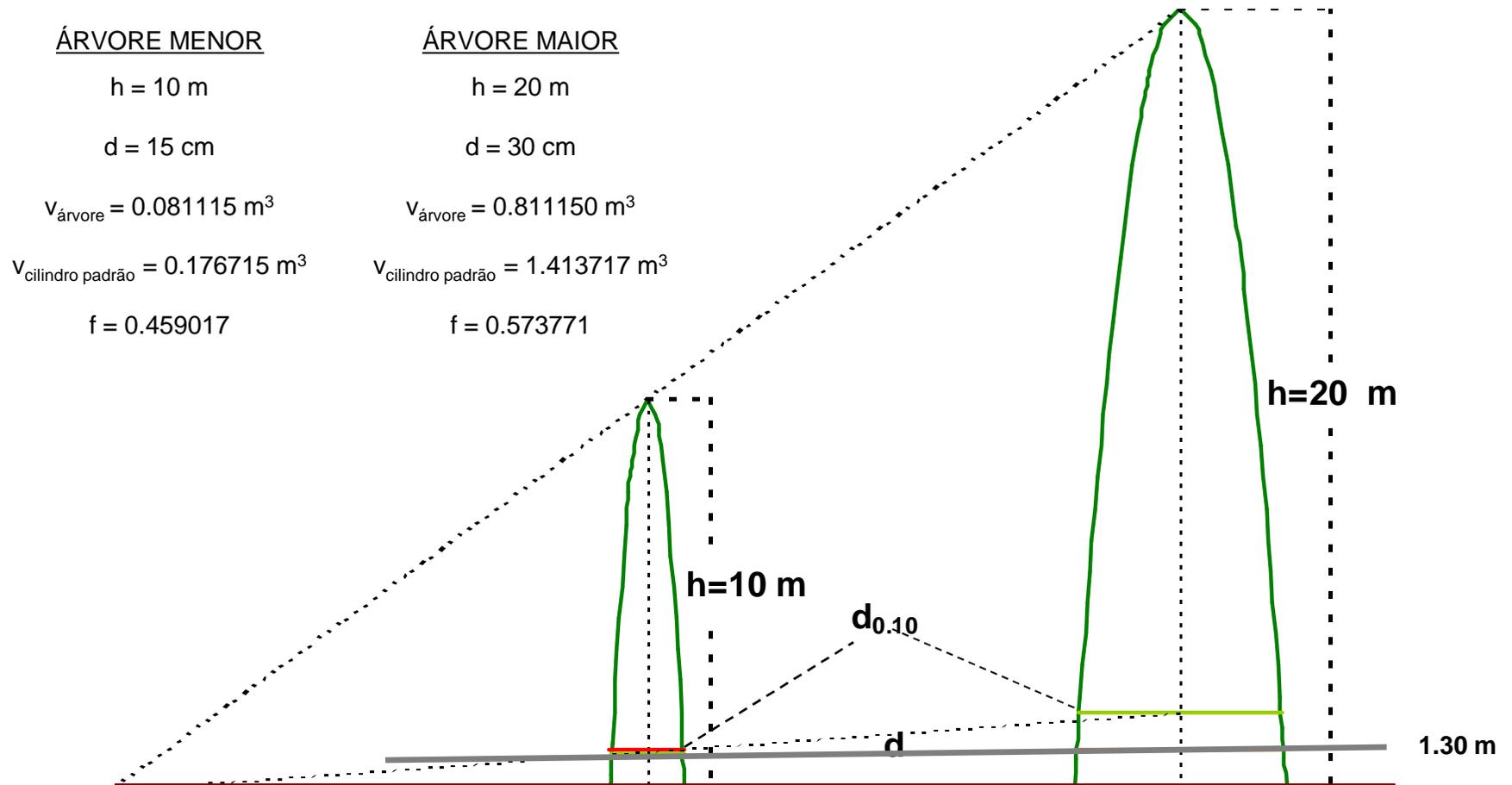
Coeficiente de forma verdadeiro ($f_{0.10}$)

diâmetro referência: diâmetro a 10% da altura árvore

Só o f_0 e o $f_{0.10}$ caracterizam realmente a forma da árvore, mas o f é o mais utilizado

Forma – coeficientes de forma

2 troncos com a mesma forma, mas tamanhos diferentes, não têm o mesmo valor de $f_{\text{ordinário}}$. O uso de d como diâmetro de referência não conduz a um mesmo valor do f , embora as duas árvores tenham exatamente a mesma forma.



Forma – quocientes de forma

Quociente de forma

Razão entre um diâmetro selecionado para referência, diâmetro este a uma altura superior à altura do peito, e o diâmetro à altura do peito

$$qf_{0.50} = \frac{d_{0.50}}{d}$$

Quociente de forma dos 50%

$d_{0.50}$ – meia distância entre o 1.30 m e o topo da árvore

$$qf_{\text{Girard}} = \frac{d_{5.30}}{d}$$

Quociente de forma de Girard

$d_{5.30}$ – diâmetro a 5.30 m de altura da árvore

Forma – perfil do tronco

Perfil do tronco

É a linha limite do perfil da árvore definido pelas medições conjugadas de diâmetros e alturas

h_i (m)	0.1	0.5	1.0	1.3	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0	12.9
d_i (cm)	9.10	8.00	7.45	7.20	5.50	5.15	4.05	3.40	2.40	0.00

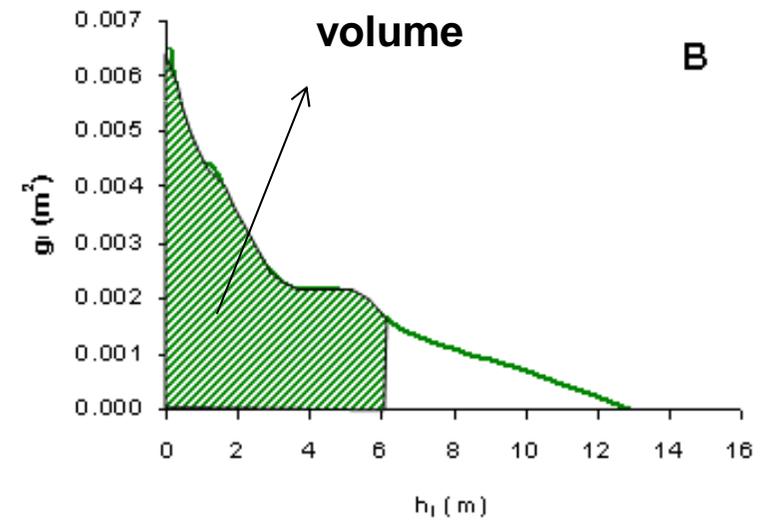
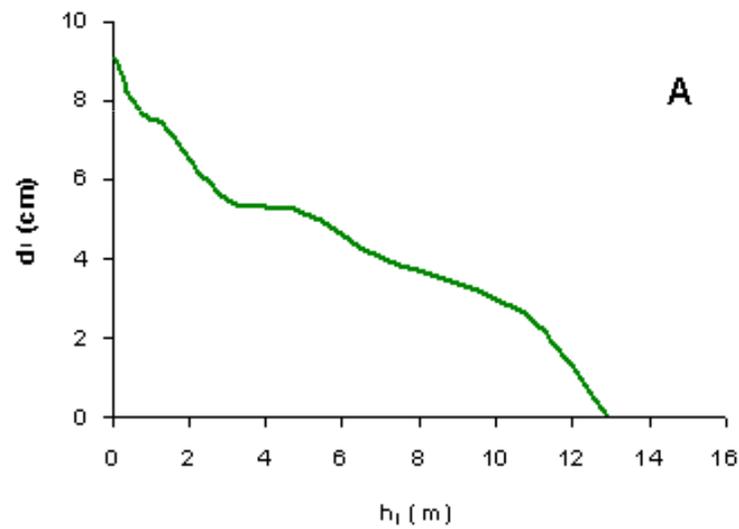
Propriedade: Furadouro - Alto do Vilão
 Compasso 3.00 x2.00
 Data do abate 31-03-93
 Ávore nº 187

Alturas (m)		
Total	do cepo	
em pé	no chão	0.1
12.25	12.90	

Local de medição	Diâmetros (mm)		casca	
	1	2	1	2
Dap	71	73	3	3
Local corte	89	93	9	8
0.5	78	82	4	3
1.0	75	74	3	3
3.0	55	55	2	2
5.0	50	53	1	1
7.0	39	42	1	1
9.0	29	39	1	1
11.0	23	25		
13.0				
15.0				
17.0				
19.0				
20.0				

Forma – perfil do tronco

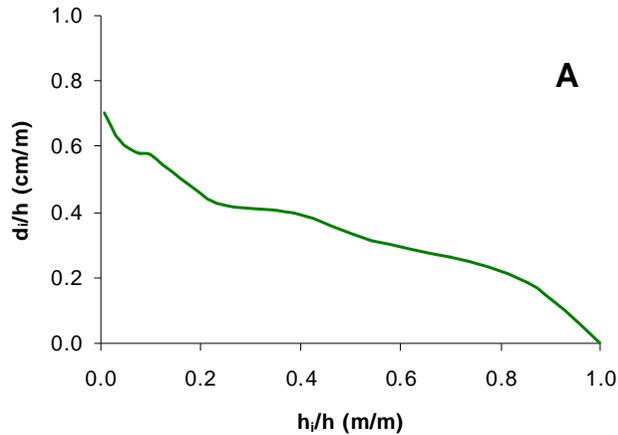
Gráficos do perfil do tronco



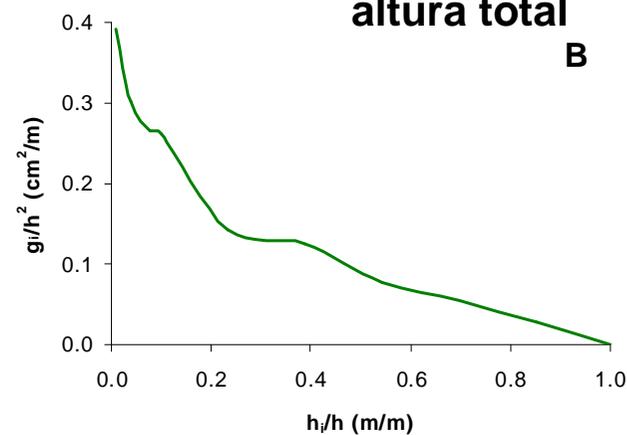
g - área seccional

Para comparar perfis de árvores com tamanhos diferentes há que converter os valores originais de diâmetros e alturas em unidades relativas:

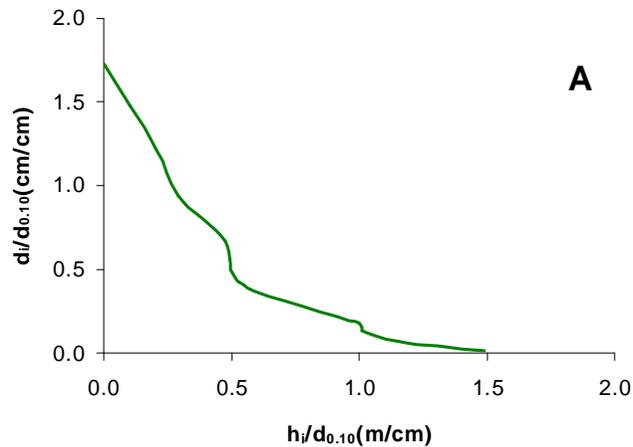
Dividir os d_i e h_i pela altura total



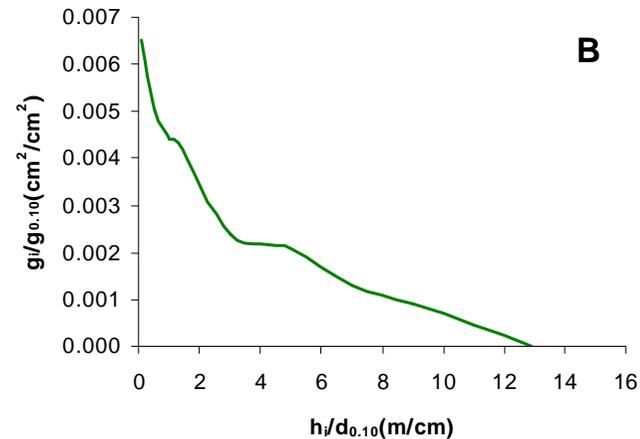
Dividir os g_i pelo quadrado da altura total e os h_i pela altura total



Dividir os d_i e h_i por um diâmetro medido a uma % da altura da árvore



Dividir os g_i pela área seccional de um diâmetro de referência e os h_i pelo diâmetro de referência



Exercício página 124 (3.9.1.1):

Faça o gráfico do perfil do tronco de alguns dos eucaliptos cujas medições se encontram nas figuras 67 (parcelas com diferentes compassos). Realize dois tipos de gráficos:

- a) Utilizando para eixo dos xx a altura de despona e para eixo dos yy os correspondentes diâmetros de despona. Consegue dizer qual das árvores é a mais cónica e qual é a mais cilíndrica?**

- b) Selecione para o eixo dos xx e dos yy variáveis que lhe permitam comparar a forma das árvores. Qual das árvores é a mais cónica e qual a mais próxima do cilindro?**

Medição de árvores abatidas

Propriedade: *Furadouro - Alto do Vilão*
 Compasso *3.00 x 2.00 (bloco 1)*
 Data do abate *31-03-93*
 Árvore nº: *172*

Alturas (m)		
Total		do cepo
em pé	no chão	<i>0.04</i>
<i>26.50</i>	<i>28.30</i>	

Local de medição	Diâmetros (mm)		Espessura da casca	
	1	2	1	2
d	<i>182</i>	<i>178</i>	<i>9</i>	<i>9</i>
Local corte	<i>229</i>	<i>211</i>	<i>15</i>	<i>13</i>
0.5	<i>199</i>	<i>189</i>	<i>12</i>	<i>12</i>
1.0	<i>187</i>	<i>177</i>	<i>11</i>	<i>10</i>
3.0	<i>170</i>	<i>163</i>	<i>8</i>	<i>8</i>
5.0	<i>162</i>	<i>151</i>	<i>8</i>	<i>7</i>
7.0	<i>145</i>	<i>140</i>	<i>5</i>	<i>5</i>
9.0	<i>134</i>	<i>133</i>	<i>5</i>	<i>4</i>
11.0	<i>127</i>	<i>120</i>	<i>4</i>	<i>4</i>
13.0	<i>118</i>	<i>108</i>	<i>4</i>	<i>4</i>
15.0	<i>100</i>	<i>98</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
17.0	<i>103</i>	<i>96</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
19.0	<i>79</i>	<i>83</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
21.0	<i>76</i>	<i>83</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
23.0	<i>61</i>	<i>60</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
25.0	<i>39</i>	<i>38</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
27.0	<i>21</i>	<i>21</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
29.0				

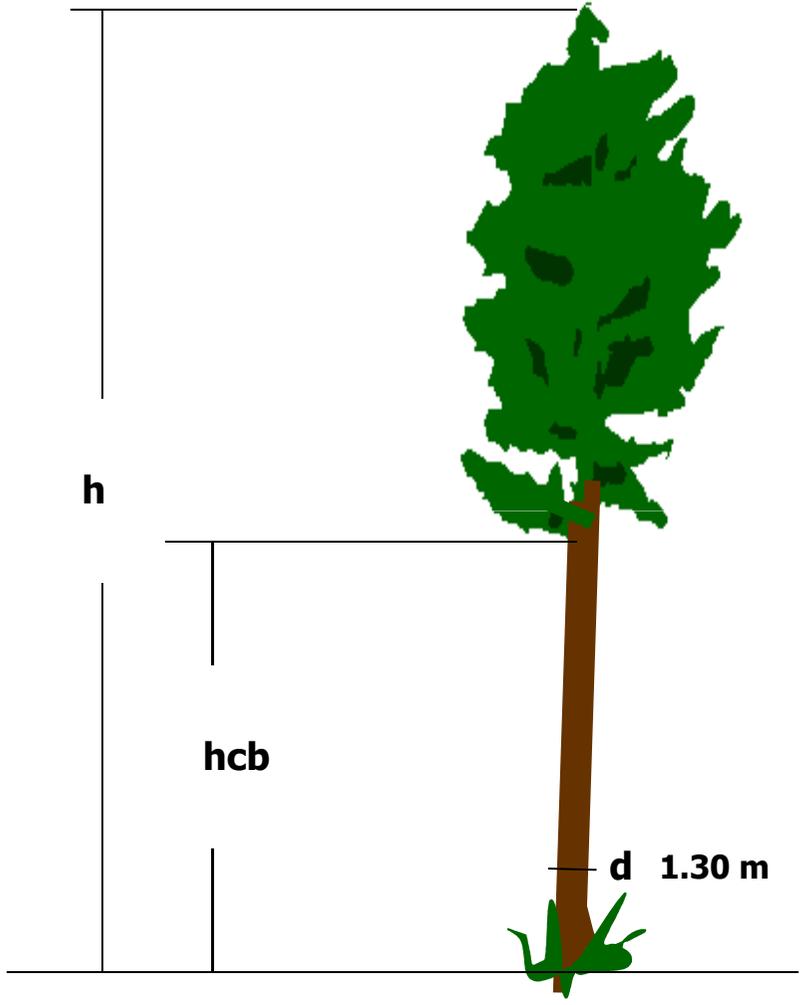
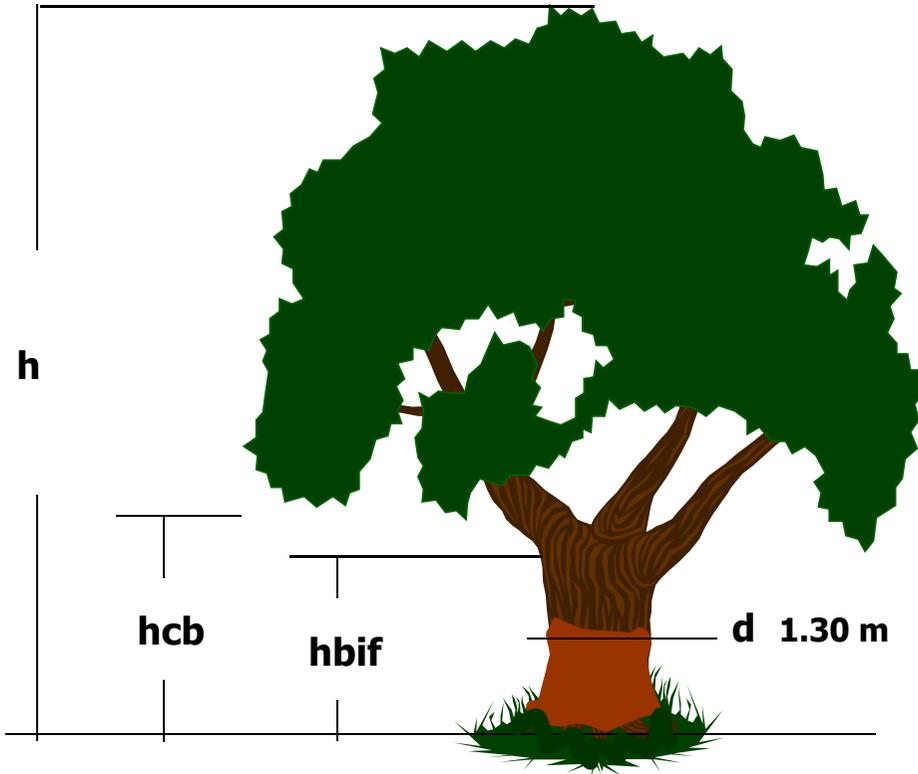
Volume

Nas árvores com dominância apical o volume da árvore corresponde ao volume do tronco

Nas árvores com copas com ramos bastante desenvolvidos, falamos do volume do fuste, sendo este definido como o volume do tronco até à bifurcação

Nas árvores com este tipo de ramificação, deve também calcular-se:

- o volume das pernadas**
- o volume das braças de 1ª e 2ª ordem**



Volume – tipo de volumes

volume da árvore ⇨ volume do tronco com casca incluindo o cepo (volume total)

MAS

Há vários tipos de volumes:

volume com casca e com cepo

volume com casca e sem cepo

volume sem casca e com cepo

volume sem casca e sem cepo

Volume por categorias de aproveitamento

repartição do volume por categorias de aproveitamento - estas definem-se de acordo com diâmetros mínimos de despona e/ou comprimentos dos toros.

Ex.:

Madeira de classe superior: $d_i > 25$ cm e comprimento toro de, pelo menos, 3 m

Madeira de segunda: $20 < d_i \leq 25$ cm e $d_i > 25$ cm desde que comprimento inferior a 3 m

Madeira para peças de pequena dimensão: $12 < d_i \leq 20$ cm

Rolaria e trituração: $6 < d_i \leq 12$ cm

Bicada: $d_i \leq 6$ cm

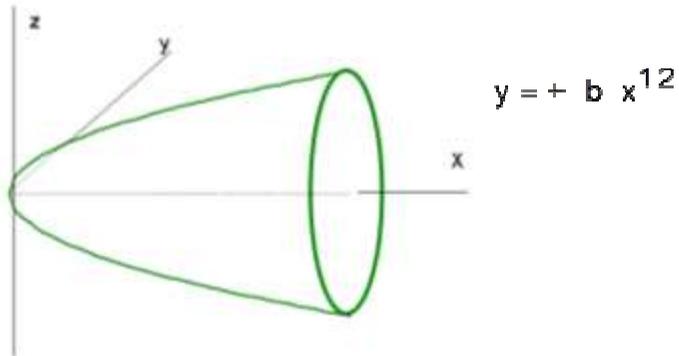
Cubagem de parabolóides de revolução

Se assumirmos que a forma do tronco da árvore pode ser aproximado por um parabolóide de revolução

então

o volume do tronco resume-se ao estudo da cubagem dos parabolóides de revolução

Cubagem de parabolóides de revolução



Área da secção transversal genérica do parabolóide:

$$g_i = \pi y^2 = \pi b^2 x^{2r} = \pi b^2 \left(\frac{d_i}{2} \right)^{2r}$$

O volume do parabolóide com comprimento h é dado por:

$$v = \int_{x=0}^h g_i dx = \int_{x=0}^h \pi b^2 x^{2r} dx = \dots = \frac{1}{2r+1} \pi b^2 h^{2r} h = \frac{1}{2r+1} g_0 h$$

Fórmula geral de cubagem dos parabolóides

Cubagem de parabolóides de revolução

Coeficiente forma absoluto ← $\frac{1}{2r+1} g_0 h = v$ → Volume de um cilindro

Sólido	Índice da parábola	
Cilindro	0	$v = g_0 h$
Parabolóide cúbico	1/3	$v = \frac{3}{5} g_0 h$
Parabolóide ordinário	1/2	$v = \frac{1}{2} g_0 h$
Parabolóide semi-cúbico	2/3	$v = \frac{3}{7} g_0 h$
Cone	1	$v = \frac{1}{3} g_0 h$
Neilóide	3/2	$v = \frac{1}{4} g_0 h$

Cubagem de troncos de parabolóides

Fórmula de Smalian ou fórmula da secção média (r=1/2):

$$V_{\text{toro}} = \frac{g_1 + g_2}{2} h_{\text{toro}}$$