

22-2-2018

## **Medição e avaliação de variáveis da árvore**

### **Inventário Florestal**

**Licenciatura Eng<sup>a</sup> Florestal e dos Recursos Naturais  
4<sup>o</sup> semestre**

**2017-2018**



## **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., volume (obtida com uma equação de volume total)**

## Copa da árvore

As variáveis da copa muitas vezes não são registadas nos inventários florestais por serem de difícil medição.

No entanto, as variáveis da copa mais importantes são:

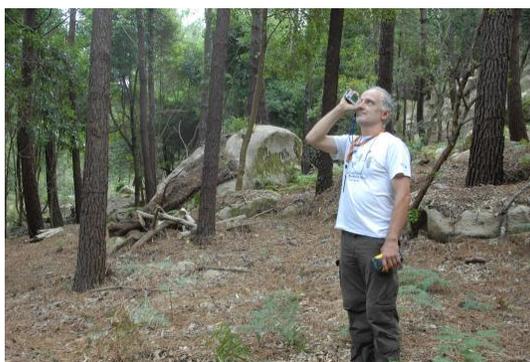
- ✓ Altura da base da copa
- ✓ Raios ou diâmetros da copa
- ✓ Área da copa
- ✓ Área foliar

COMO?



Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018

INSTITUTO  
SUPERIOR DE  
AGRONOMIA  
Universidade de Lisboa



## 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

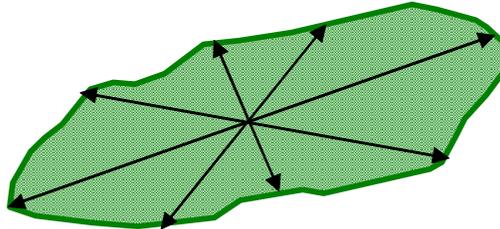
$$pc = \frac{1}{1 + e^{-\left(-5.7611 + 12.33413 \frac{1}{t} - 0.27179 \frac{N}{1000} - 0.17543 \text{ hdom} + 0.20559 d\right)}}$$

## 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



Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018

## 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 a 1.30 m de altura, há que encontrar um centro “fictício” localizado aproximadamente no centro da copa na direcção 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 direcção segundo a qual se procedeu ao deslocamento do centro da copa e medem-se os raios a partir do centro “fictício”

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



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

O projeto AGROMAPPER



## AGROMAPPER

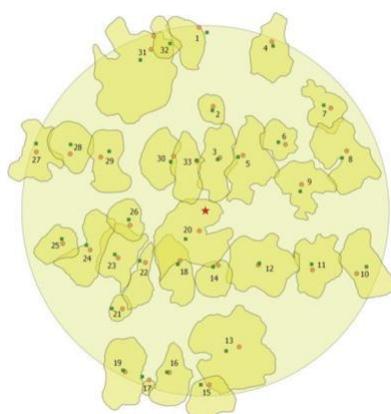
Desenvolvimento de uma aplicação de *software* para processamento de fotografia aérea e visualização de informação relevante para aplicações em gestão florestal e agricultura de precisão



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

## Metodologia

Inventário florestal +  
processamento de dados



Inventário com VANT S20 +  
processamento de fotografia

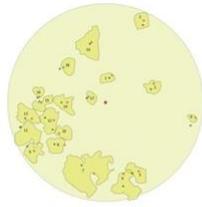
número de  
árvores  
grau de cobertura

altura das  
árvores/média  
estado  
fitossanitário



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

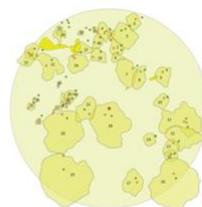
## Resultados – número de árvores



n=19

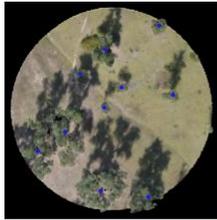


n=33

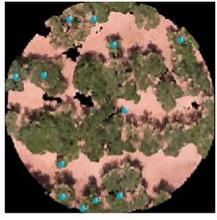


n=40

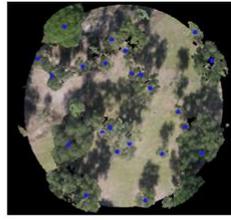
Ortomosaico e contagem de árvores a partir do processamento de fotografia aérea



n=10



n=12



n=23

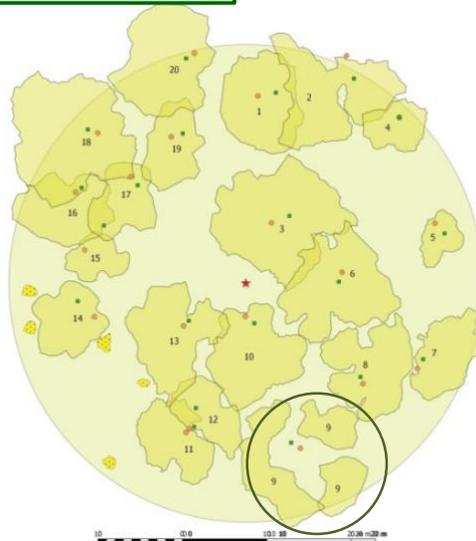
Parcela de montado esparsa;  $n$ , número de árvores da parcela

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

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



## Resultados – número de árvores





- número de árvores
- diâmetro da copa da árvore
- altura da árvore
- crescimento da copa da árvore

diâmetro árvore = f(altura estimada)  
biomassa árvore = f(dap, altura)

Using high resolution UAV imagery to estimate tree variables in *Pinus pinea* plantation in Portugal  
Guerra-Hernández J. et al., 2016. *Fores Systems*, 25(2), Esc09, 5 pages.

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



## Raios da copa e área de copa

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

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

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



## 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:

Povoamentos adultos de sobreiro:

$$d_{\text{copa}} = 17.317 \left( 1 - e^{-\left( 0.01678 \text{ dcc} - 0.09756 \frac{\text{dsc}}{\text{dcc}_g} + 0.03023 \frac{N}{1000} \right)} \right)$$
$$d_{\text{copa}} = 29.927 \left( 1 - e^{-\left( 0.006444 \text{ dsc} + 0.062943 \frac{\text{dsc}}{\text{dsc}_g} \right)} \right)$$

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



## 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-se avaliar por:

Medição indireta por pesagem

Medição indireta através da medição da luz interceptada

Estimação

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



## 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 respetivos 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

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



## Área foliar avaliação indirecta por pesagem

Obtém-se o peso fresco da amostra de folhas ( $w_{l\_amostra}$ ), 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:

$$\frac{w_{vf\_amostra}}{w_{vf}} = \frac{la\_amostra}{la}$$

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

---

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



## 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,  $G=24.5$  m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>

estimativa da área foliar: 43.7 m<sup>2</sup>

---

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018

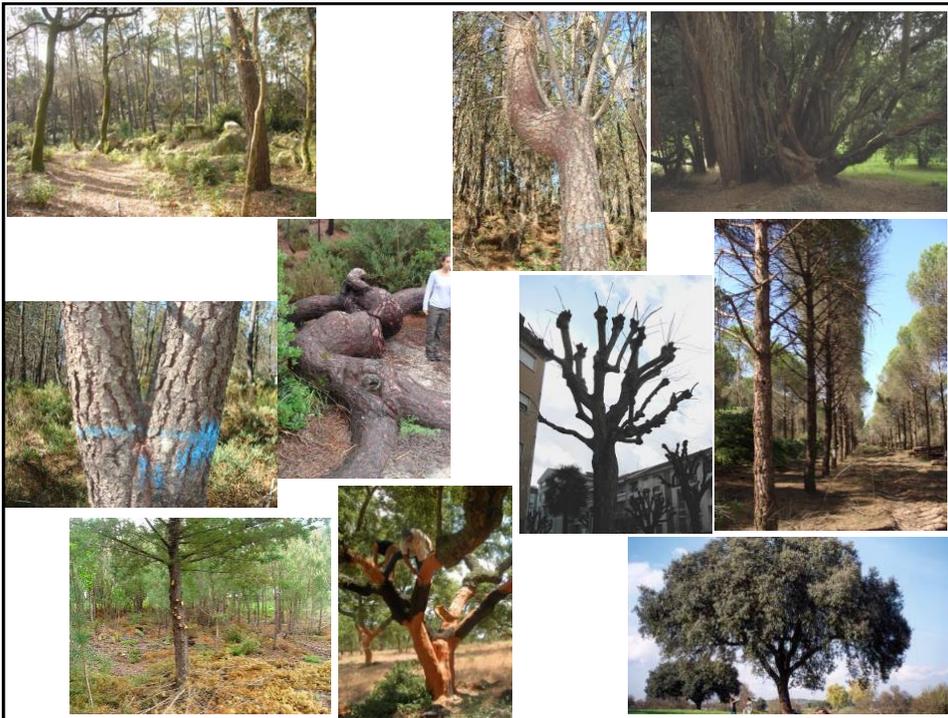


## Forma

A forma dos troncos das árvores varia com:

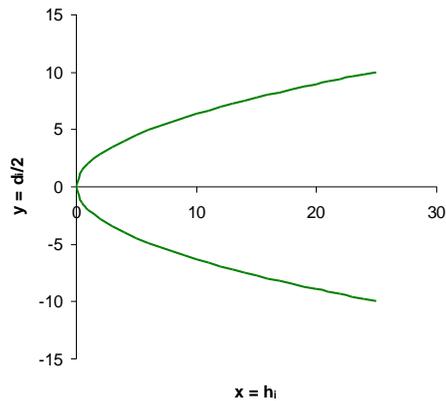
- espécie
- dentro da mesma espécie, de indivíduo para indivíduo
- em função das características da estação
- em função das tratamentos silvícolas
- em função da densidade dos povoamentos
- ao longo da vida de um mesmo indivíduo

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



## Forma

### Equação da parábola ordinária



Muitas árvores apresentam perfis longitudinais que se ajustam à curva parabólica

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

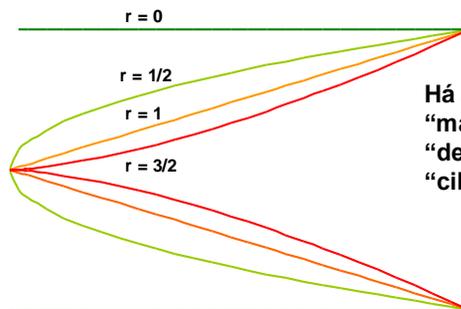
com b real

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



## Forma

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



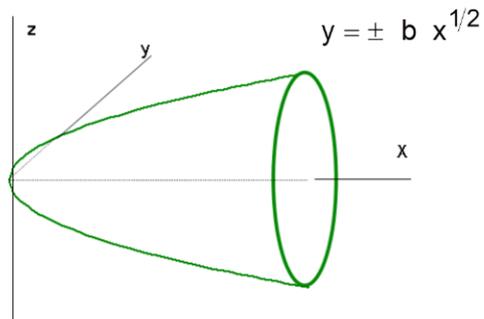
Há árvores com perfis “mais cheios”, mais “delgados”, mais “cilíndricos”

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



## Forma

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

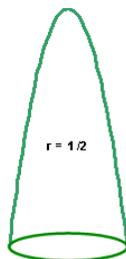


Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018

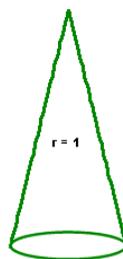
## Forma - parabolóides de revolução



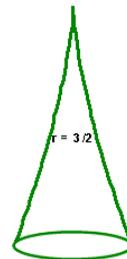
cilindro



parabolóide  
ordinário



cone



neilóide

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018

## 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 **menor** 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

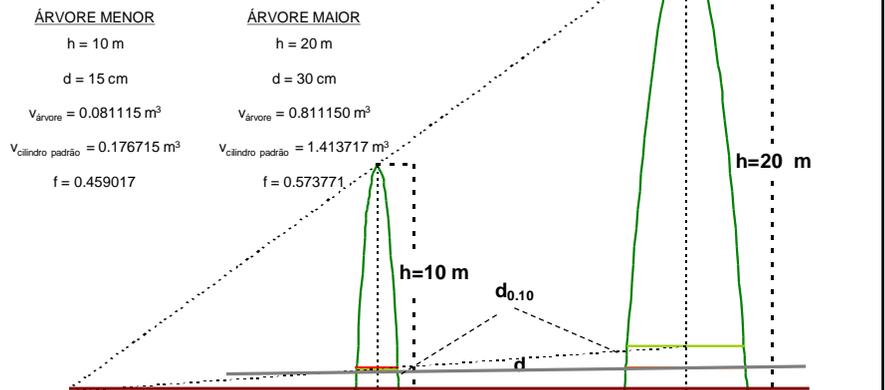
**Coeficiente de forma verdadeiro ( $f_{0.10}$ )**

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.



Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



## 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

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



## Forma – perfil do tronco

### Perfil do tronco

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

<b>h<sub>i</sub> (m)</b>	0.1	0.5	1.0	1.3	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0	12.9
<b>d<sub>i</sub> (cm)</b>	9.10	8.00	7.45	7.20	5.50	5.15	4.05	3.40	2.40	0.00

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



Propriedade: Furadouro - Alto do Vilão

Compasso 3.00 x 2.00

Data do abate 31-03-93

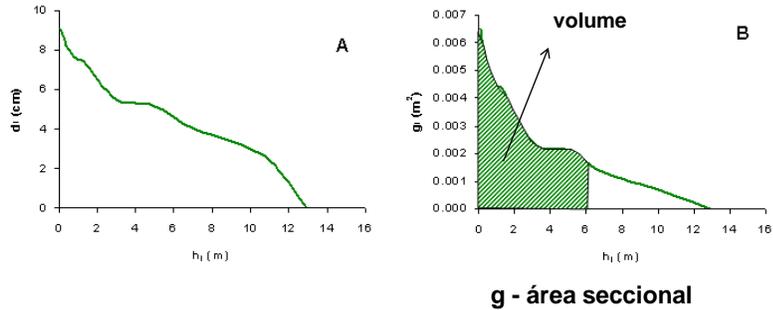
Árvore nº 187

Alturas (m)		
Total		do cepo
em pé	no chão	
<b>12.25</b>	<b>12.90</b>	<b>0.1</b>

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

## Forma – perfil do tronco

### Gráficos do perfil do tronco

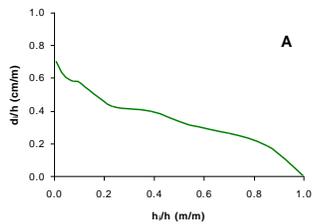


Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018

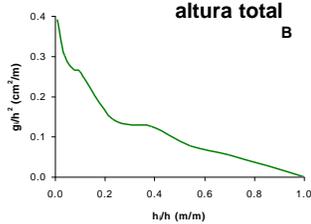


Para comparar perfis de árvores com tamanhos diferentes há que converter os valores originais de diâmetros e alturas em unidades relativas:

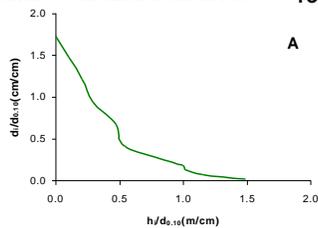
Dividir os  $d_i$  e  $h_i$  pela altura total



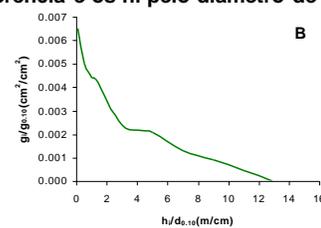
Dividir os  $g_i$  pelo quadrado da altura total e os  $h_i$  pela altura total



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 3.2.1-1, página 6:**

**Faça o gráfico do perfil do tronco de alguns dos eucaliptos cujas medições se encontram nas figuras 4 (parcelas com diferentes compassos). Realize dois tipos de gráficos:**

- Utilizando para eixo dos xx a altura de desponta e para eixo dos yy os correspondentes diâmetros de desponta. Consegue dizer qual das árvores é a mais cônica e qual é a mais cilíndrica?
- Selecione para o eixo dos xx e dos yy variáveis que lhe permitam comparar a forma das árvores. Qual das árvores é a mais cônica e qual a mais próxima do cilindro?

Inventário Florestal, 22 de fevereiro de 2018



**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)			
	Diâmetro com casca		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				