

# 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

### Variáveis da árvore (Paula Soares)

9/2, 3ª feira, 14:30-17:00 h

11/2, 5ª feira, 8:45-11:15 h

16/3, 3ª feira, **pode ser de manhã?**

18/2, 5ª feira, 8:45-11:15 h

23/2, 3ª feira, **pode ser de manhã?**

2/3, 3ª feira, TESTE

paulasoares@isa.ulisboa.pt

---

Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021

## 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.

As variáveis da copa mais importantes são:

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

COMO?





## 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

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

Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021



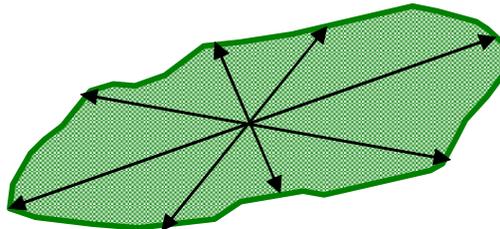
## Raios da copa e área da copa

A copa das árvores pode ser de contorno bastante irregular



há que medir os raios em mais do que uma direção

4 raios, segundo os pontos cardeais ou, no caso de copas bastante irregulares, 8 raios, segundo os pontos cardeais e colaterais



Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021



## Raios da copa e área da copa

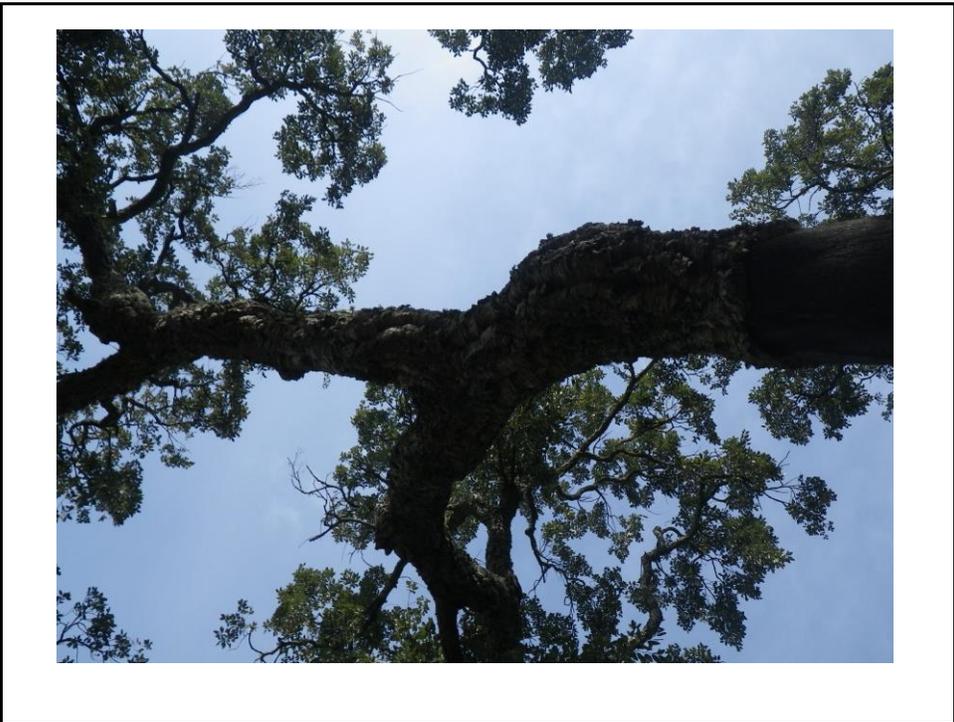
No caso das árvores bastante tortas, nas quais a copa se encontra de tal modo deslocada que não “cobre” o diâmetro a 1.30 m de altura, há que encontrar um centro “fictício” localizado aproximadamente no centro da copa, na direção que une o centro da árvore (a 1.30 m) a um dos pontos cardeais

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”

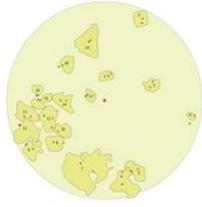
---

Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021

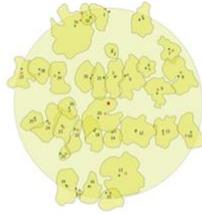




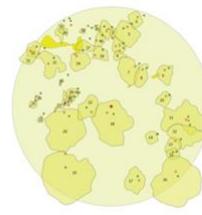
## Resultados – número de árvores



n=19

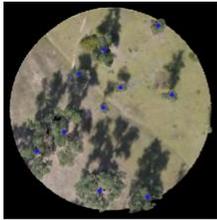


n=33

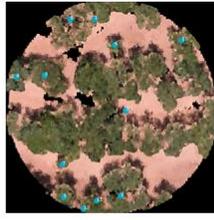


n=40

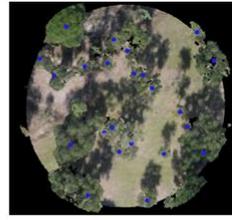
Ortomosaico e contagem de árvores a partir do processamento de fotografia aérea



n=10



n=12



n=23

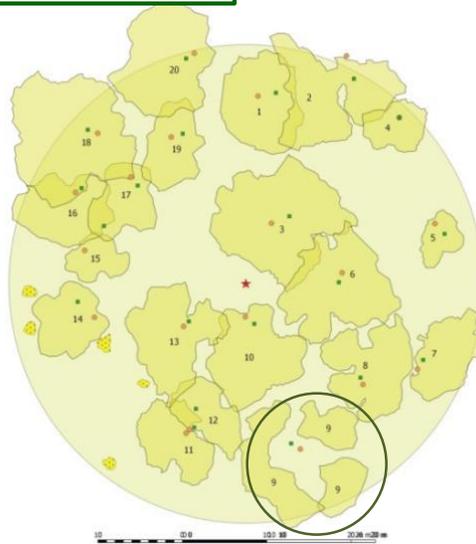
Parcela de montado esperso;  $n$ , número de árvores da parcela

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

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



## Resultados – número de árvores



## Raios da copa e área da 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, 9 de fevereiro de 2021



## Raios da copa e área da copa

Avaliação por estimação

- diâmetro ou área da copa, variáveis dependentes
- diâmetro e variáveis do povoamento relacionadas com a densidade (ex.  $G$ ,  $N$ ), variáveis independentes mais utilizadas

Ex.,

Povoamentos jovens de sobreiro:

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

Povoamentos adultos de sobreiro:

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

Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021





## Área foliar

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

**É uma variável considerada importante, mas a sua avaliação é bastante difícil**

**Pode-se avaliar por:**

**Medição indireta por pesagem**

**Medição indireta através da medição da luz interceptada**

**Estimação**

## Área foliar avaliação indireta por pesagem

A avaliação indireta 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 peso verde das folhas
- retira-se uma amostra de folhas que seja representativa da totalidade das folhas da árvore

Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021



## Área foliar avaliação indireta 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 no scanner, obtendo-se assim a área foliar das folhas da amostra ( $la\_amostra$ )

Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021



## Área foliar avaliação indireta por pesagem

- a área foliar da árvore é então obtida por:

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

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

Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021



## 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 obtida por soma das áreas foliares de cada terço da copa

---

Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021



## Área foliar estimação

estimação da área foliar (*la* – *leaf area*) de eucaliptos em 1ª e 2ª rotação:

$$la = (2189.527 + 99.037 G) d^2 h_{bc}^{(0.0494 - 0.0300 G)}$$

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, 9 de fevereiro de 2021



## Forma

A forma dos troncos das árvores varia com:

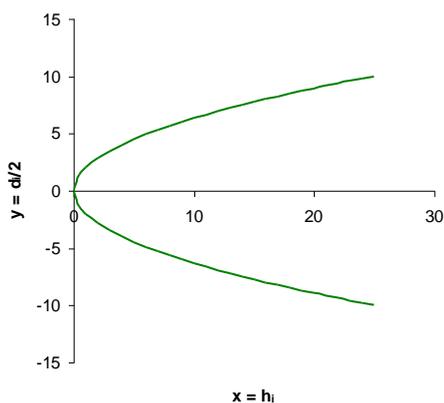
- espécie
- dentro da mesma espécie, de árvore para árvore
- com a idade da árvore
- em função das características da estação
- em função das tratamentos silvícolas
- em função da densidade dos povoamentos

Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021



## 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

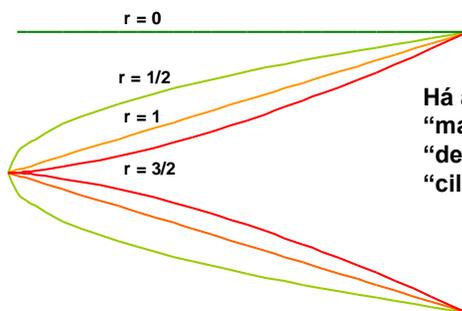
Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021



## Forma

### Família das parábolas generalizadas

$$y = \pm b x^r$$



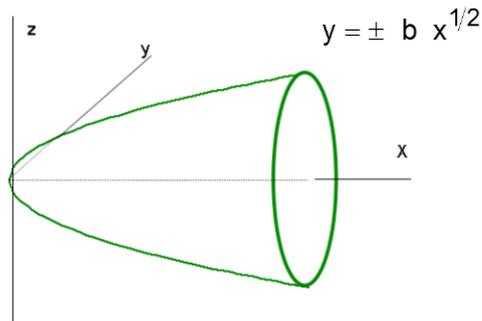
Há árvores com perfis “mais cheios”, mais “delgados”, mais “cilíndricos”

Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021



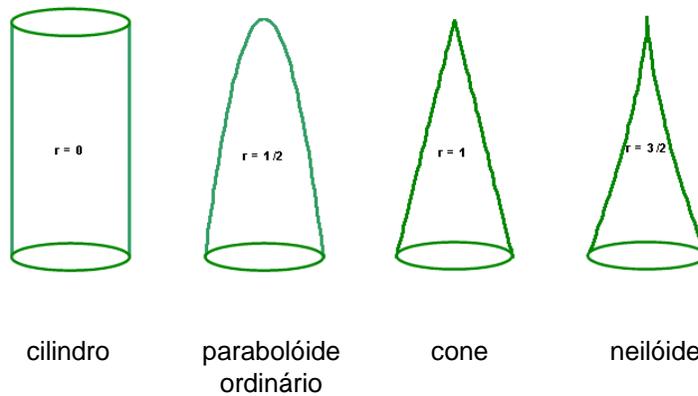
## Forma

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



Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021

## Forma – parabolóides de revolução



Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021

## Forma – coeficientes de forma

### Coeficiente de forma

razão entre o volume 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 1.30 m

**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.

### ÁRVORE MENOR

$h = 10 \text{ m}$

$d_{ap} = 15 \text{ cm}$

$V_{\text{árvore}} = 0.0811 \text{ m}^3$

$V_{\text{cilindro padrão}} = 0.177 \text{ m}^3$

$f = 0.459$

### ÁRVORE MAIOR

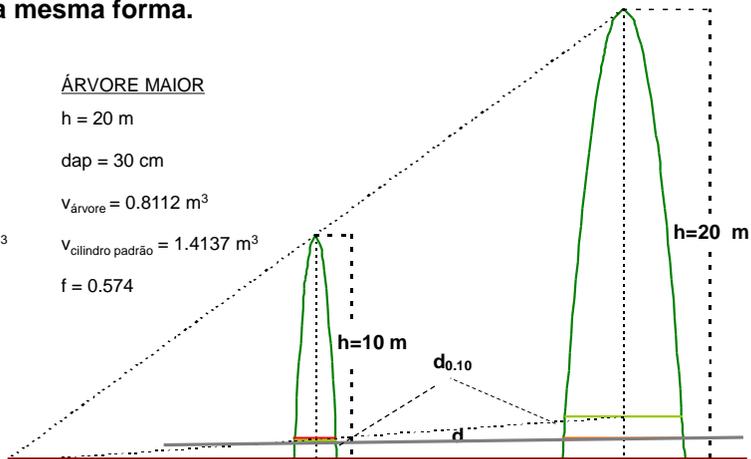
$h = 20 \text{ m}$

$d_{ap} = 30 \text{ cm}$

$V_{\text{árvore}} = 0.8112 \text{ m}^3$

$V_{\text{cilindro padrão}} = 1.4137 \text{ m}^3$

$f = 0.574$



Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021



## Forma – quocientes de forma

### Quociente de forma

Razão entre um diâmetro selecionado para referência, diâmetro este a uma altura superior a 1.30 m, e o diâmetro a 1.30 m

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

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, 9 de fevereiro de 2021

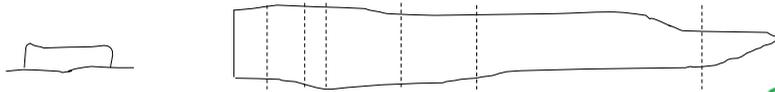


## Forma – perfil do tronco

### Perfil do tronco

É a linha limite do perfil da árvore definido pelas medições “emparelhadas” 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, 9 de fevereiro de 2021



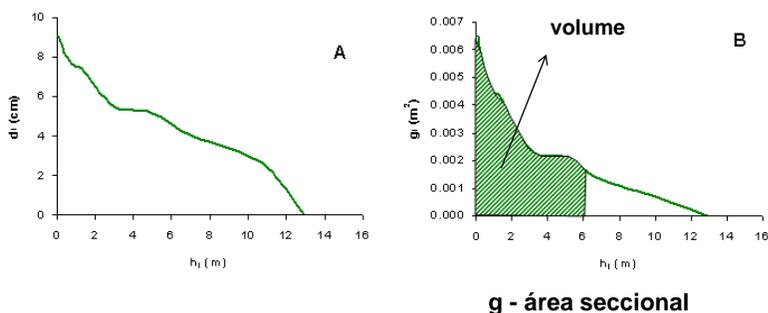
Propriedade: Furadouro - Alto do Vilão  
Compasso 3.00 x 2.00  
Data do abate 31-03-93  
Árvore nº 187

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

| Local de medição | Diâmetros (mm)     |    |       |   |
|------------------|--------------------|----|-------|---|
|                  | Diâmetro com casca |    | 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

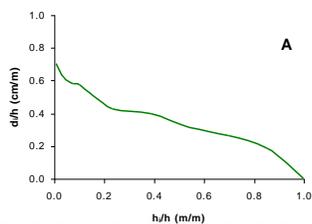


Inventário Florestal, 9 de fevereiro de 2021

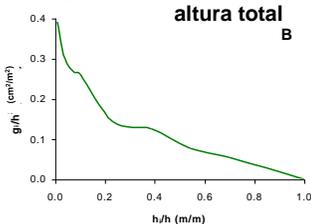


Para comparar perfis de árvores com tamanhos diferentes há que converter os valores originais de diâmetros e alturas em unidades relativas:

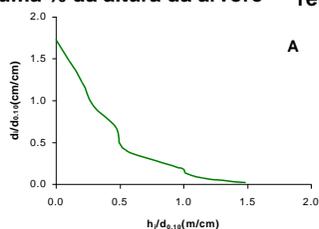
Dividir os  $d_i$  e  $h_i$  pela altura total



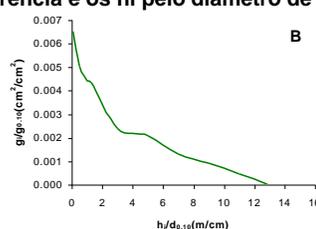
Dividir os  $g_i$  pelo quadrado da altura total e os  $h_i$  pela altura total



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 na figura 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, 9 de fevereiro de 2021



**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>26.50</i> | <i>28.30</i> | <i>0.04</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             |                    |            |                    |           |