

FATOR DE FORMA ARTIFICIAL DE *Pinus elliottii* Engelm PARA A REGIÃO DA SERRA DO SUDESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

ARTIFICIAL FORM FACTOR OF *Pinus elliottii* Engelm FOR THE REGION OF "SERRA DO SUDESTE", RIO GRANDE DO SUL (BRAZIL)

Ronaldo Drescher¹ Paulo Renato Schneider² César Augusto Guimarães Finger³
Francis Livio Corrêa Queiroz⁴

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o propósito de estudar o fator de forma artificial de *Pinus elliottii* Engelm para a região da Serra do Sudeste do Estado do Rio Grande do Sul. Para tanto, estudou-se o desenvolvimento do fator de forma artificial em função de variáveis dendrométricas, além da confecção de tabelas de fator de forma para uso regional. Dentre os modelos estudados, o que melhor ajustou à variável dependente foi o expresso por,

$$f = 0,2435 + 1,5736 * \left(\frac{d_{0,3}}{d^2} \right) + 0,0858 * \left(\frac{d_{0,3} * d_{0,5}}{d^2} \right) + 0,3783 * \left(\frac{d_{0,5}}{d} \right)^2$$

sendo: d o diâmetro à altura do peito, $d_{0,5}$ e $d_{0,3}$ os diâmetros relativos de Hohenadl, tendo apresentado um coeficiente de determinação igual a 0,89 e um coeficiente de variação de 3,59%. Os diâmetros relativos de Hohenadl da equação de fator de forma foram estimados através das equações: $\ln(d_{0,5}) = -0,27211 + 0,97542 * \ln(d)$ e $\ln(d_{0,3}) = -0,62082 + 0,26949 * \ln(d^2) + 0,22483 * \ln(d * h)$, tendo apresentado coeficiente de determinação de 0,91 e 0,99 e coeficiente de variação 4,23 e 8,21%, respectivamente.

Palavras-chave: fator de forma, equações de fator de forma, *Pinus elliottii*.

SUMMARY

The present research was established with the purpose of studying form factors of *Pinus elliottii* Engelm for the region of Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. Thus, the development of artificial form factors in function of

dendrometrical variables were studied. Furthermore tables of form factors for regional use were established. Of the tested models, the model that best adjusted the dependent variable can be expressed as follows:

$$f = 0,2435 + 1,5736 * \left(\frac{d_{0,3}}{d^2} \right) + 0,0858 * \left(\frac{d_{0,3} * d_{0,5}}{d^2} \right) + 0,3783 * \left(\frac{d_{0,5}}{d} \right)^2$$

being: d = diameter at breast height, $d_{0,5}$ and $d_{0,3}$ =diameters of Hohenadl, with a coefficient of determination of 0.89 and a coefficient of variation of 3.59%. The relative diameters of Hohenadl of the equation of form factor were estimated through the equations: $\ln(d_{0,5}) = -0.27211 + 0.97542 * \ln(d)$ and $\ln(d_{0,3}) = -0.62082 + 0.26949 * \ln(d^2) + 0.22483 * \ln(d * h)$, showing a coefficient of determination of 0.91 and 0.99 and a coefficient of variation of 4.23 and 8.21%, respectively.

Key words: form factors, Equation of form factors, *Pinus elliottii*.

INTRODUÇÃO

O *Pinus elliottii* Engelm tem sua distribuição geográfica natural nos Estados Unidos da América, sendo considerado como uma das espécies florestais de maior importância nessa região. No Brasil essa espécie foi introduzida com grande sucesso, tendo sido implantado povoamentos, principalmente, para atender à demanda de madeira para celulose e papel e, no setor madeireiro, em rotações mais longas.

¹Engenheiro Florestal, MSc., Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS.

²Engenheiro Florestal, Doutor, Professor Titular do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, CCR, UFSM. Pesquisador do CNPq.

³Engenheiro Florestal, Doutor, Professor Adjunto do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, CCR, UFSM. Pesquisador do CNPq.

⁴Engenheiro Florestal da Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso.

Quando se necessita determinar a valia dos recursos florestais disponíveis num povoamento, a variável volume, com certeza, é uma das mais importantes variáveis a ser apreciada. E para se calcular o incremento em volume de uma árvore, deve-se levar em consideração o crescimento em área transversal, altura e o desenvolvimento do fator de forma. A estimativa de volumes de árvores total ou parcial conforme PELLICO NETTO (1980) pode ser formalizada através de vários processos, dentre estes, encontra-se o fator de forma.

Conceitua-se fator de forma, segundo SILVA (1977) e FINGER (1992), como sendo um fator de redução do volume do cilindro para o volume real da árvore; este deve ser multiplicado pelo volume do cilindro para, então, se obter o volume real da árvore.

O fator de forma, conforme Pressler & Kunze apud PRODAN *et al.* (1997), pode ser real ou verdadeiro, e falso ou artificial, dependendo da altura que for medido o diâmetro do cilindro de referência. Fato idêntico ocorre com os quocientes de forma. Dessa maneira, se o diâmetro do cilindro de referência for medido em altura relativa, o fator de forma será denominado real ou verdadeiro. E caso seja medido a uma altura absoluta, o fator de forma denominar-se-á falso ou artificial.

Os autores citam, ainda, que o fator de forma artificial pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$f_j = \frac{v}{W_j}$$

Sendo: f_j = fator de forma artificial; W_j = volume de um cilindro de diâmetro d_j e altura h ; v = volume rigoroso.

SILVA (1974) e PRODAN *et al.* (1997) citam que o fator de forma artificial num povoamento depende de fatores genéricos e de fatores mensuráveis. Os fatores genéricos como a espécie, idade do povoamento, qualidade do sítio e densidade do povoamento podem ter certa dificuldade de se determinar e de se comprovar. Já os fatores mensuráveis como diâmetro, altura, tamanho da copa são mais facilmente mensuráveis dentro do povoamento. Devido a isso, na prática e cientificamente, o fator de forma é expresso em função dos fatores mensuráveis.

A determinação do fator de forma artificial ou natural se constitui numa importante prática, quando se pretende estimar volume individual de árvores. Assim sendo, o presente trabalho teve por objetivo determinar o fator de forma artificial de

Pinus elliottii Engelm para a região da Serra do Sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, expressando-o através de modelos estatísticos, bem como confeccionar tabelas de fator de forma para a região em estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados para o estudo foram provenientes de florestas equiâneas situadas na localidade de Cordilheira da Serra do Piquiri, no extremo sul do município de Cachoeira do Sul, na região denominada de Serra do Sudeste. Essas florestas de propriedade da empresa Todeschini S.A são formadas por povoamentos homogêneos de *Pinus elliottii* Engelm, implantados em junho de 1982, com um espaçamento inicial de 3 x 2 metros nos quais foram realizados desramas e desbastes.

O clima da região é do tipo Cfb/g, definido pela temperatura média do mês mais quente de 24,8°C e do mês mais frio de 13,6°C. As chuvas estão distribuídas por todos os meses do ano, sendo junho o mês mais chuvoso, com 166mm, e dezembro o mês de menor ocorrência de chuvas, com 94mm. A região apresenta um déficit hídrico médio de 85mm, distribuídos de dezembro a março. A umidade relativa média anual é de 81% (MORENO, 1961).

A formação de geadas é freqüente, com uma média de 22 ocorrências por ano, e os ventos mais comuns são do sudeste e do leste, esse último predominante no mês de abril. A altitude média da região varia entre 100 e 500 metros e o relevo é ondulado, com formações de vales abertos.

Conforme LEMOS *et al.* (1973), o solo da área experimental faz parte da unidade de mapeamento Pinheiro Machado que se caracteriza por solos litólicos, bem drenados, de coloração escura, textura média, com percentagens elevadas das frações mais grosseiras (areia grossa e cascalho), tendo como material de origem granito.

No estudo do fator de forma foram utilizadas 430 árvores cubadas através do método de Smalian.

Na medição dos diâmetros ao longo do tronco de cada árvore, foi adotado o procedimento seguinte: derrubada das árvores, e cubagem utilizando-se os dados das medições nas alturas de 0,10m, 0,70m, 1,30m, depois em distâncias de 1,0m até o topo da árvore, conforme SCHNEIDER *et al.* (1988).

Os cálculos da cubagem foram feitos através do programa CUBA, na linguagem Fortran elaborado por SCHNEIDER (1984a). Esse programa fornece como saída as seguintes variáveis dendrométricas: h – altura total, m; d – diâmetro à altura do peito, cm; f – fator de forma verdadeiro; $f_{1,3}$ – fator de forma artificial; V_S – volume segundo Smalian, m^3 ; V_H – volume segundo Hohenadl, m^3 ; V_P – volume segundo Pressler, m^3 ; QH – quociente de Hohenadl; RIHO – altura de Pressler; ETA – quociente de forma; $d_{0,i}$ – diâmetros relativos de Hohenadl.

Para o estudo do fator de forma artificial, foram testadas as equações apresentadas na tabela 1, sendo empregadas as variáveis: h – altura total, em metros; d – diâmetro à altura do peito, em centímetros; $f_{1,3}$ – fator de forma artificial; $d_{0,i}$ – diâmetros relativos de Hohenadl, na forma aritmética, logarítmica, inversa, entre outras.

As equações de fator de forma, discriminadas na tabela 1, foram ajustadas através do pacote estatístico SAS - Statistical Analysis System (1993), sendo determinados os coeficientes e as respectivas

estatísticas: coeficiente de determinação (R^2), o erro padrão de estimativa (S_{xy}), o coeficiente de variação (CV) e o teste F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estatísticos para os modelos de fator de forma artificial, apresentados na tabela 1, encontram-se discriminados na tabela 2. Nesta tabela, pode-se observar que todos os modelos testados obtiveram baixo erro padrão de estimativa (S_{yx}), baixo coeficiente de variação (CV) e alto coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajus}). Observa-se que a média dos R^2_{ajus} foi, aproximadamente, 0,6869 e este valor coincide com aqueles encontrados descritos na literatura florestal para equações de fator de forma artificial.

Os modelos 8, 9, 10 foram os que apresentaram menores coeficientes de determinação e os maiores erros-padrões de estimativa entre os modelos estudados. Os valores de coeficientes de determinação e dos erros-padrões de estimativa encontrados para estes modelos, para a região da Serra do Sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, foram semelhantes aos valores encontrados por SCHNEIDER (1984b) em seu estudo para o povoamento de *Pinus elliottii* da Floresta Nacional de Passo Fundo.

Observando os modelos 8 e 9, pode-se verificar que as variáveis independentes, diâmetro à altura do peito (d) e altura total (h), quando transformadas no seu inverso, foram as que menos ajustaram o fator de forma artificial, quando comparados com os demais modelos estudados. Por outro lado, verifica-se que os modelos 3, 4, 6 e 7 foram aqueles que apresentaram os melhores indicadores de precisão e ajuste em relação ao coeficiente de determinação ajustado e erro padrão de estimativa.

A análise dos resíduos permitiu verificar o ajuste da equação ao longo de toda amplitude dos dados observados, indicando que as equações 6 e 7 foram as que melhor descreveram a relação estudada. As duas equações apresentaram critérios estatísticos

Tabela 1 - Modelos de equações testadas para descrever o fator de forma artificial.

| Número | Equações de fator de forma |
|--------|---|
| 01 | $f = b_0 + b_1 * (d_{0,1} * d_{0,5}) / d^2$ |
| 02 | $f = b_0 + b_1 * (d_{0,3} / d^2) + b_2 * (d_{0,1} * d_{0,5}) / d^2$ |
| 03 | $f = b_0 + b_1 * (d_{0,3} / d^2) + b_2 * (d_{0,1} * d_{0,5}) / d^2 + b_3 * (d_{0,5} / d^2)$ |
| 04 | $f = b_0 + b_1 * (d_{0,3} / d^2) + b_2 * (d_{0,1} * d_{0,5}) / d^2 + b_3 * (d_{0,5} / d^2) + b_4 * (d_{0,3} / d^2)$ |
| 05 | $f = b_0 + b_1 * (d_{0,3} / d^2) + b_2 * (d_{0,3} * d_{0,5}) / d^2$ |
| 06 | $f = b_0 + b_1 * (d_{0,3} / d^2) + b_2 * (d_{0,3} * d_{0,5}) / d^2 + b_3 * (d_{0,5} / d)^2$ |
| 07 | $f = b_0 + b_1 * (d_{0,3} / d^2) + b_2 * (d_{0,3} * d_{0,5}) / d^2 + b_3 * (d_{0,5} / d)^2 + b_4 * (d_{0,3} / d)^2$ |
| 08 | $f = b_0 + b_1 * 1/d^2 * h + b_2 * 1/h + b_3 * 1/d^2$ |
| 09 | $f = b_0 + b_1 * 1/d^2 * h + b_2 * 1/dh + b_3 * 1/d + b_4 * 1/h + b_5 * 1/d^2$ |
| 10 | $f = b_0 + b_1 * 1/h + b_2 * h/d + b_3 * h/d^2$ |
| 11 | $f = b_0 + b_1 * d_{0,3} / d^2 + b_2 * h / d^2$ |
| 12 | $f = b_0 + b_1 * d_{0,3}^2 / d^2 + b_2 * h / d^2$ |
| 13 | $f = b_0 + b_1 * d_{0,3} / d^2 + b_2 * h / d^2 + b_3 * 1/d$ |
| 14 | $f = b_0 + b_1 * (d_{0,1} * d_{0,5}) / d^2 + b_2 * d_{0,3} / d^2$ |
| 15 | $f = b_0 + b_1 * (d_{0,1} * d_{0,5}) / d^2 + b_2 * d_{0,3}^2 / d^2 + b_3 * h / d^2$ |
| 16 | $f = b_0 + b_1 * (d_{0,5} / d)^2 + b_2 * (d_{0,3} / d)^2$ |
| 17 | $f = b_0 + b_1 * \ln(d_{0,5} / d)^2$ |
| 18 | $f = b_0 + b_1 * \ln(d, h) + b_2 * \ln(d_{0,5} / d)^2$ |
| 19 | $\ln f = b_0 + b_1 * \ln(d, h) + b_2 * \ln((d_{0,3} * d_{0,5}) / d^2) + b_3 * \ln(d_{0,5} / d)^2$ |
| 20 | $\ln f = b_0 + b_1 * \ln(1/d) + b_2 * \ln(d_{0,5}) + b_3 * \ln((d_{0,3} * d_{0,5}) / d^2)$ |

Sendo: h = altura total, em metros; d = diâmetro a 1,3 m do nível médio do solo, em centímetros; $d_{0,i}$ = diâmetro relativo de Hohenadl, em centímetros; ln = logaritmo neperiano.

Tabela 2 - Estatística dos modelos de equações de fator de forma artificial de *Pinus elliottii*.

| Modelo | Coeficientes | | | | | R ² _{AJUS} | S _{yx} | F | Prob>F | CV |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|-----------------|---------|--------|-------|
| | b ₀ | b ₁ | b ₂ | b ₃ | b ₄ | | | | | |
| 1 | 0,4080 | 0,6675 | | | | 0,5856 | 0,0328 | 593,13 | 0,0001 | 6,33 |
| 2 | 0,2382 | 1,6455 | 0,4434 | | | 0,8643 | 0,0188 | 1335,21 | 0,0001 | 3,62 |
| 3 | 0,2502 | 1,5207 | 0,1067 | 0,3933 | | 0,8700 | 0,0189 | 935,43 | 0,0001 | 3,55 |
| 4 | 0,2505 | 1,5132 | 0,0947 | 0,3883 | 0,019 | 0,8698 | 0,0189 | 700,88 | 0,0001 | 3,55 |
| 5 | 0,3040 | 1,4377 | 0,4746 | | | 0,7969 | 0,0230 | 822,93 | 0,0001 | 4,43 |
| 6 | 0,2435 | 1,5736 | 0,0858 | 0,3783 | | 0,8866 | 0,0186 | 908,54 | 0,0001 | 3,59 |
| 7 | 0,2438 | 1,5656 | -0,6936 | 0,6423 | 0,570 | 0,8877 | 0,0186 | 688,20 | 0,0001 | 3,58 |
| 8 | 0,4619 | -5,0800 | 0,5359 | 2,6390 | | 0,1800 | 0,0462 | 31,67 | 0,0001 | 8,90 |
| 9 | 0,4420 | 2,5201 | 30,0566 | 3,7929 | -1,841 | 0,2620 | 0,0438 | 30,75 | 0,0001 | 8,45 |
| 10 | 0,1555 | 2,2554 | 0,3865 | -2,5245 | | 0,2711 | 0,0436 | 52,96 | 0,0001 | 8,39 |
| 11 | 0,4324 | 5,7541 | -1,9636 | | | 0,6498 | 0,0302 | 389,77 | 0,0001 | 5,82 |
| 12 | 0,3639 | 0,5428 | 0,4086 | | | 0,6033 | 0,0321 | 319,62 | 0,0001 | 6,19 |
| 13 | 0,4499 | 7,4593 | -1,3129 | -1,6169 | | 0,7059 | 0,0277 | 336,18 | 0,0001 | 5,33 |
| 14 | 0,3850 | 0,5110 | 1,5132 | | | 0,6920 | 0,0283 | 471,61 | 0,0001 | 5,46 |
| 15 | 0,3697 | 0,3637 | 0,2856 | 0,3594 | | 0,6561 | 0,0299 | 267,40 | 0,0001 | 5,77 |
| 16 | 0,2609 | 0,4090 | 0,1952 | | | 0,7484 | 0,0256 | 624,13 | 0,0001 | 4,93 |
| 17 | -0,308 | 0,5177 | | | | 0,7283 | 0,0514 | 1124,31 | 0,0001 | -7,78 |
| 18 | 0,0216 | -0,0642 | 0,5058 | | | 0,8132 | 0,0351 | 1444,22 | 0,0001 | -5,31 |
| 19 | 0,0649 | -0,0646 | 0,1575 | 0,3214 | | 0,8452 | 0,0319 | 1194,66 | 0,0001 | -4,83 |
| 20 | 0,0096 | 0,8280 | 0,7199 | 0,1182 | | 0,8225 | 0,0366 | 876,92 | 0,0001 | -5,53 |

Sendo: b₀, b₁, b₂, b₃, b₄ e b₅ = coeficientes; R²_{ajus} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; F = valor de F da análise da variância; Prob>F = probabilidade do valor de F tabelado ser maior que o F calculado; CV = coeficiente de variação, em percentagem.

semelhantes, porém optou-se pela equação 6 por apresentar um coeficiente a menos. A equação (6) selecionada ficou expressa por:

$$f = 0,2435 + 1,5736 * \left(\frac{d_{0,3}}{d^2} \right) + 0,0858 * \left(\frac{d_{0,3} * d_{0,5}}{d^2} \right) + 0,3783 * \left(\frac{d_{0,5}}{d} \right)^2$$

Onde: f = fator de forma artificial; d_{0,3} e d_{0,5} = diâmetros relativos de Hohenadl, em centímetros; d = diâmetro a altura do peito (DAP), em centímetros.

Os diâmetros relativos de Hohenadl d_{0,3} e d_{0,5} foram estimados indiretamente através das equações:

$$\ln(d_{0,3}) = -0,62082 + 0,26949 * \ln(d^2) + 0,22483 * \ln(d.h)$$

$$\ln(d_{0,5}) = -0,27211 + 0,97542 * \ln(d)$$

A equação de d_{0,3} apresentou um erro padrão de estimativa de 0,1672, um coeficiente de variação de 8,21% e um coeficiente de determinação de 0,99. E a equação de d_{0,5} apresentou um S_{yx} igual a 0,1021, CV de 4,23% e um R²_{ajus} de 0,91. A análise de resíduos, igualmente, não indicou nenhuma evidência de tendência nas estimativas das variáveis dependentes nessas equações.

De posse do modelo de fator de forma artificial e das equações de diâmetros relativos d_{0,3} e d_{0,5}, foi determinado o fator de forma artificial para *Pinus elliottii*, apresentados na tabela 3, cuja ten-

dência de variação pode ser observada na figura 1.

Observa-se na tabela 3 e figura 1 que em árvores com diâmetros inferiores a 5 cm os fatores de forma são maiores que 0,60. Esses fatores de forma diminuem com o aumento do diâmetro, até permanecerem, aproximadamente, constantes em 0,48 nos maiores diâmetros. Os valores de fator de forma comprovam as tendências das árvores que, com o tempo, começam a incrementar em diâmetro, adquirindo uma forma mais cilíndrica, neste estudo permanecendo constante em 0,48.

CONCLUSÕES

Através da análise dos resultados estatísticos deste trabalho, possibilitou-se concluir que para a região da Serra do Sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, a equação de fator de forma:

$$f = 0,2435 + 1,5736 * \left(\frac{d_{0,3}}{d^2} \right) + 0,0858 * \left(\frac{d_{0,3} * d_{0,5}}{d^2} \right) + 0,3783 * \left(\frac{d_{0,5}}{d} \right)^2$$

onde d é o diâmetro à altura do peito, d_{0,5} e d_{0,3} os diâmetros relativos de Hohenadl; foi a que apresentou melhores parâmetros estatísticos. Os diâmetros relativos de Hohenadl foram estimados através das equações: $\ln(d_{0,5}) = -0,27211 + 0,97542 * \ln(d)$ e

Tabela 3 – Fator de forma para *Pinus elliottii* Engelm. var *elliottii*

| DAP (cm) | Alturas (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|--|--|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | | | | |
| 5 | 0,6456 | 0,6539 | 0,6613 | 0,6678 | 0,6738 | 0,6792 | 0,6843 | 0,6890 | 0,6934 | 0,6975 | 0,7014 | 0,7052 | 0,7087 | 0,7121 | 0,7154 | 0,7185 | 0,7215 | 0,7244 | 0,7272 | 0,7299 | 0,7325 | | | | |
| 6 | 0,6087 | 0,6156 | 0,6216 | 0,6270 | 0,6319 | 0,6364 | 0,6406 | 0,6445 | 0,6481 | 0,6515 | 0,6547 | 0,6578 | 0,6607 | 0,6635 | 0,6662 | 0,6688 | 0,6713 | 0,6737 | 0,6760 | 0,6782 | 0,6803 | | | | |
| 7 | 0,5830 | 0,5888 | 0,5940 | 0,5986 | 0,6027 | 0,6066 | 0,6101 | 0,6134 | 0,6165 | 0,6194 | 0,6222 | 0,6248 | 0,6273 | 0,6297 | 0,6320 | 0,6342 | 0,6363 | 0,6383 | 0,6403 | 0,6422 | 0,6440 | | | | |
| 8 | 0,5640 | 0,5691 | 0,5736 | 0,5776 | 0,5812 | 0,5846 | 0,5877 | 0,5906 | 0,5933 | 0,5958 | 0,5982 | 0,6005 | 0,6027 | 0,6048 | 0,6067 | 0,6087 | 0,6105 | 0,6123 | 0,6140 | 0,6156 | 0,6173 | | | | |
| 9 | 0,5493 | 0,5539 | 0,5579 | 0,5615 | 0,5647 | 0,5677 | 0,5704 | 0,5730 | 0,5754 | 0,5777 | 0,5798 | 0,5818 | 0,5838 | 0,5856 | 0,5874 | 0,5891 | 0,5908 | 0,5923 | 0,5939 | 0,5953 | 0,5968 | | | | |
| 10 | 0,5377 | 0,5419 | 0,5455 | 0,5487 | 0,5516 | 0,5543 | 0,5568 | 0,5591 | 0,5613 | 0,5633 | 0,5653 | 0,5671 | 0,5688 | 0,5705 | 0,5721 | 0,5736 | 0,5751 | 0,5766 | 0,5779 | 0,5793 | 0,5805 | | | | |
| 11 | 0,5283 | 0,5321 | 0,5354 | 0,5383 | 0,5410 | 0,5434 | 0,5457 | 0,5478 | 0,5498 | 0,5517 | 0,5534 | 0,5551 | 0,5567 | 0,5582 | 0,5597 | 0,5611 | 0,5625 | 0,5638 | 0,5650 | 0,5662 | 0,5674 | | | | |
| 12 | 0,5205 | 0,5239 | 0,5270 | 0,5297 | 0,5322 | 0,5344 | 0,5365 | 0,5385 | 0,5403 | 0,5420 | 0,5436 | 0,5452 | 0,5467 | 0,5481 | 0,5494 | 0,5507 | 0,5520 | 0,5532 | 0,5543 | 0,5554 | 0,5565 | | | | |
| 13 | 0,5139 | 0,5171 | 0,5199 | 0,5224 | 0,5247 | 0,5268 | 0,5288 | 0,5306 | 0,5323 | 0,5339 | 0,5354 | 0,5368 | 0,5382 | 0,5395 | 0,5408 | 0,5420 | 0,5431 | 0,5442 | 0,5453 | 0,5464 | 0,5474 | | | | |
| 14 | 0,5082 | 0,5112 | 0,5139 | 0,5162 | 0,5184 | 0,5203 | 0,5221 | 0,5238 | 0,5254 | 0,5269 | 0,5283 | 0,5297 | 0,5310 | 0,5322 | 0,5334 | 0,5345 | 0,5356 | 0,5366 | 0,5376 | 0,5386 | 0,5395 | | | | |
| 15 | 0,5033 | 0,5061 | 0,5086 | 0,5108 | 0,5129 | 0,5147 | 0,5164 | 0,5180 | 0,5195 | 0,5209 | 0,5222 | 0,5235 | 0,5247 | 0,5259 | 0,5270 | 0,5280 | 0,5290 | 0,5300 | 0,5310 | 0,5319 | 0,5328 | | | | |
| 16 | 0,4990 | 0,5017 | 0,5040 | 0,5061 | 0,5080 | 0,5098 | 0,5114 | 0,5129 | 0,5143 | 0,5157 | 0,5169 | 0,5181 | 0,5192 | 0,5203 | 0,5214 | 0,5224 | 0,5233 | 0,5243 | 0,5252 | 0,5260 | 0,5269 | | | | |
| 17 | 0,4952 | 0,4977 | 0,5000 | 0,5020 | 0,5038 | 0,5054 | 0,5070 | 0,5084 | 0,5097 | 0,5110 | 0,5122 | 0,5133 | 0,5144 | 0,5155 | 0,5164 | 0,5174 | 0,5183 | 0,5192 | 0,5200 | 0,5209 | 0,5217 | | | | |
| 18 | 0,4918 | 0,4942 | 0,4964 | 0,4983 | 0,5000 | 0,5016 | 0,5030 | 0,5044 | 0,5057 | 0,5069 | 0,5080 | 0,5091 | 0,5101 | 0,5111 | 0,5121 | 0,5130 | 0,5138 | 0,5147 | 0,5155 | 0,5163 | 0,5170 | | | | |
| 19 | 0,4888 | 0,4911 | 0,4931 | 0,4949 | 0,4966 | 0,4981 | 0,4995 | 0,5008 | 0,5020 | 0,5032 | 0,5043 | 0,5053 | 0,5063 | 0,5072 | 0,5081 | 0,5090 | 0,5098 | 0,5106 | 0,5114 | 0,5122 | 0,5129 | | | | |
| 20 | 0,4860 | 0,4882 | 0,4902 | 0,4919 | 0,4935 | 0,4950 | 0,4963 | 0,4976 | 0,4987 | 0,4998 | 0,5009 | 0,5019 | 0,5028 | 0,5037 | 0,5046 | 0,5054 | 0,5062 | 0,5070 | 0,5077 | 0,5084 | 0,5091 | | | | |
| 21 | 0,4835 | 0,4857 | 0,4875 | 0,4892 | 0,4907 | 0,4921 | 0,4934 | 0,4946 | 0,4957 | 0,4968 | 0,4978 | 0,4988 | 0,4997 | 0,5005 | 0,5014 | 0,5022 | 0,5029 | 0,5037 | 0,5044 | 0,5051 | 0,5058 | | | | |
| 22 | 0,4812 | 0,4833 | 0,4851 | 0,4867 | 0,4882 | 0,4895 | 0,4908 | 0,4919 | 0,4930 | 0,4940 | 0,4950 | 0,4959 | 0,4968 | 0,4976 | 0,4984 | 0,4992 | 0,5000 | 0,5007 | 0,5014 | 0,5020 | 0,5027 | | | | |
| 23 | 0,4791 | 0,4811 | 0,4829 | 0,4844 | 0,4859 | 0,4872 | 0,4884 | 0,4895 | 0,4905 | 0,4915 | 0,4924 | 0,4933 | 0,4942 | 0,4950 | 0,4958 | 0,4965 | 0,4972 | 0,4979 | 0,4986 | 0,4992 | 0,4998 | | | | |
| 24 | 0,4772 | 0,4791 | 0,4808 | 0,4823 | 0,4837 | 0,4850 | 0,4861 | 0,4872 | 0,4882 | 0,4892 | 0,4901 | 0,4909 | 0,4918 | 0,4925 | 0,4933 | 0,4940 | 0,4947 | 0,4954 | 0,4960 | 0,4966 | 0,4972 | | | | |
| 25 | 0,4754 | 0,4773 | 0,4789 | 0,4804 | 0,4817 | 0,4829 | 0,4841 | 0,4851 | 0,4861 | 0,4870 | 0,4879 | 0,4887 | 0,4895 | 0,4903 | 0,4910 | 0,4917 | 0,4924 | 0,4930 | 0,4937 | 0,4943 | 0,4948 | | | | |
| 26 | 0,4738 | 0,4756 | 0,4772 | 0,4786 | 0,4799 | 0,4811 | 0,4822 | 0,4832 | 0,4841 | 0,4850 | 0,4859 | 0,4867 | 0,4875 | 0,4882 | 0,4889 | 0,4896 | 0,4902 | 0,4909 | 0,4915 | 0,4920 | 0,4926 | | | | |
| 27 | 0,4722 | 0,4740 | 0,4755 | 0,4769 | 0,4782 | 0,4793 | 0,4804 | 0,4814 | 0,4823 | 0,4832 | 0,4840 | 0,4848 | 0,4855 | 0,4863 | 0,4869 | 0,4876 | 0,4882 | 0,4888 | 0,4894 | 0,4900 | 0,4905 | | | | |
| 28 | 0,4708 | 0,4725 | 0,4740 | 0,4753 | 0,4766 | 0,4777 | 0,4787 | 0,4797 | 0,4806 | 0,4814 | 0,4822 | 0,4830 | 0,4837 | 0,4844 | 0,4851 | 0,4857 | 0,4864 | 0,4870 | 0,4875 | 0,4881 | 0,4886 | | | | |
| 29 | 0,4694 | 0,4711 | 0,4726 | 0,4739 | 0,4751 | 0,4762 | 0,4772 | 0,4781 | 0,4790 | 0,4798 | 0,4806 | 0,4814 | 0,4821 | 0,4827 | 0,4834 | 0,4840 | 0,4846 | 0,4852 | 0,4858 | 0,4863 | 0,4868 | | | | |
| 30 | 0,4682 | 0,4698 | 0,4712 | 0,4725 | 0,4737 | 0,4747 | 0,4757 | 0,4766 | 0,4775 | 0,4783 | 0,4791 | 0,4798 | 0,4805 | 0,4812 | 0,4818 | 0,4824 | 0,4830 | 0,4835 | 0,4841 | 0,4846 | 0,4851 | | | | |

Observação: As células sombreadas representam os dados amostrados e as não sombreadas os dados estimados.

$$\ln(d_{0,3}) = -0,62082 + 0,26949 \cdot \ln(d^2) + 0,22483 \cdot \ln(d \cdot h).$$

Esse modelo apresentou um coeficiente de determinação igual a 0,89, um erro padrão de estimativa de 0,019 e um coeficiente de variação de 3,6%, portanto um bom ajuste e pode ser utilizado na estimativa de volumes na região estudada.

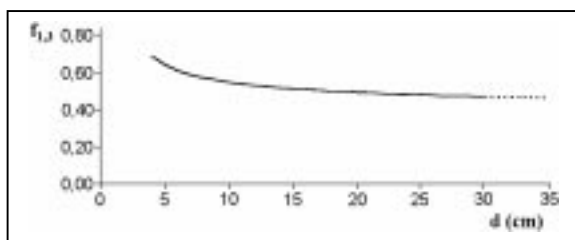


Figura 1 - Relação do fator de forma artificial com diâmetro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FINGER, C.A.G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria : UFSM / CEPEF – FATEC, 1992. 269p.
- LEMONS, R.C., AZOLIN, M.A.D., ABRAÃO, P.V.R., *et al.* **Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife : Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuárias - Divisão de Pesquisas Pedológicas, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.
- PELLICO NETTO, S. Estimativas volumétricas de árvores individuais – síntese teórica. **Revista Floresta**. Curitiba, v.11, n.2, p.63–73. 1980.
- PRODAN, M., PETERS, R., COX, F., *et al.* **Mensuração florestal**. San José, Costa Rica : IICA, 1997. 586p.

- SCHNEIDER, P. R. **CUBA** : programa de computador, ambiente MS-DOS. Santa Maria, 1984a. (Disquete)
- **Betriebswirtschaftliche und ertragskundliche grundlagen der forteinrichtung in Südbrasilien am Beispiel von *Pinus elliotii***. Freiburg, 1984. 192p. Tese (Doutorado em Manejo e Economia Florestal) - Albert-Ludwigs-Universität, 1984b.
- SCHNEIDER, P.R., FINGER, C.A.G., MENEZES, L.F., *et al.* **Fundamentos de planejamento da produção para o manejo florestal de *Eucalyptus grandis* (Hill.) Maiden e *Eucalyptus saligna* Smith**. Santa Maria : CEPEF/FATEC, 1988. 179 p.
- SILVA, J.A. **Seleção de parcelas amostrais aplicadas em povoamentos de *Pinus taeda* L. para fins biométricos em Santa Maria - RS**. Santa Maria, 1974. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 1974.
- **Biometria e estatística florestal**. Santa Maria : UFSM, 1977. 235p.
- SAS. **Statistical analysis system**: programa de computador, ambiente VM. Cary, 1993. Versão 6.08.